

Producción y calidad de fruto de **limón persa**

(*Citrus x latifolia* Tanaka ex Q. Jiménez)

en la época invernal con
mantenimiento de diferentes
tensiones de humedad del suelo

pág. 83

Año 13 • Volumen 13 • Número 2 • febrero, 2020

Caracterización de la oferta de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) en México 3

Caracterización físicoquímica de masas de maíz (*Zea mays* L.) nixtamalizado:
caso Córdoba, Veracruz, México 9

Evaluación de los agentes pro-oxidantes que influyen en la calidad de la carne de pollo 15

Diversidad de sistemas de cultivo y transición agroecológica: estudio de caso en la Sierra
Norte del estado de Puebla, México 23

Insectos fitófagos asociados a cultivos de heliconias (*Heliconia* spp.) en Tabasco, México 31

Calidad espermática en carneros de pelo durante el año a 19° latitud norte 37

y más artículos de interés...

CONTENIDO

3	Characterization of the supply of moringa (<i>Moringa oleifera</i> Lam.) in Mexico / Caracterización de la oferta de moringa (<i>Moringa oleifera</i> Lam.) en México
9	Physicochemical characterization of corn masses (<i>Zea mays</i> L.) nixtamalized: case Córdoba, Veracruz, Mexico / Caracterización fisicoquímica de masas de maíz (<i>Zea mays</i> L.) nixtamalizado: caso Córdoba, Veracruz, México
15	Evaluation of pro-oxidizing agents that influence the quality of chicken meat / Evaluación de los agentes pro-oxidantes que influyen en la calidad de la carne de pollo
23	Diversity of cropping systems and agroecological transition: case study in Northern Sierra of the State of Puebla, Mexico / Diversidad de sistemas de cultivo y transición agroecológica: estudio de caso en la Sierra Norte del estado de Puebla, México
31	Phytophagous insects associated with heliconia crops (<i>Heliconia</i> spp.) in Tabasco, Mexico / Insectos fitófagos asociados a cultivos de heliconias (<i>Heliconia</i> spp.) en Tabasco, México
37	Sperm quality in rams of hair through year at 19° north latitude / Calidad espermática en carneros de pelo durante el año a 19° latitud norte
45	Growth of amashito chili (<i>Capsicum annuum</i> var. <i>glabriusculum</i>) under different doses of vermicompost in controlled conditions / Desarrollo de chile amashito (<i>Capsicum annuum</i> var. <i>glabriusculum</i>) bajo diferentes dosis de vermicomposta en condiciones controladas
53	Pregerminative seed treatments and seedling initial development of amashito chilli (<i>Capsicum annuum</i> L. var. <i>glabriusculum</i>) / Tratamientos pregerminativos a semillas y desarrollo inicial de plántulas de chile amashito (<i>Capsicum annuum</i> L. var. <i>glabriusculum</i>)
61	Pesticide use practices in farmers of the Chontalpa Sub-Region, Tabasco, Mexico / Prácticas de uso de plaguicidas en agricultores de la Sub-Región Chontalpa, Tabasco, México
69	Chemical degradation on Acrisols under different land-use and slope in the savannah of Huimanguillo, Tabasco, Mexico / Degradación química en Acrisoles bajo diferentes usos y pendientes en la sabana de Huimanguillo, Tabasco, México
77	Isolation of cellulose from pineapple waste (<i>Ananas comosus</i> L. Merrill) / Obtención de celulosa a partir de residuos de piña (<i>Ananas comosus</i> L. Merrill)
83	Lime yield (<i>Citrus x latifolia</i> Tanaka ex Q. Jiménez) and fruit quality in winter season from orchards maintained with different soil moisture tension / Producción y calidad de fruto de limón persa (<i>Citrus x latifolia</i> Tanaka ex Q. Jiménez) en la época invernal con mantenimiento de diferentes tensiones de humedad del suelo
89	Use and appropriation of information and communication technologies (ICTs) in the commercialization of rural accommodation services / Uso y apropiación de tecnologías de información y comunicación (TICs) en la comercialización de servicios de alojamiento rural
95	Quality certification for rural tourism in indigenous communities of central Mexico / Certificación de calidad para el turismo rural en comunidades indígenas del centro de México
101	Multi-criteria decision model to select the best productive projects in rural Mexico / Modelo de decisión multicriterio para seleccionar los mejores proyectos productivos en el medio rural mexicano

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 — *Editor en Jefe*
Dr. Fernando Carlos Gómez Merino — *Editor de sección*
Dr. Ángel Bravo Vinaja — *Curador de metadatos*
M.A. Ana Luisa Mejía Sandoval — *Asistente*
M.C. María Isabel Iñiguez Luna — *Asistente*
M.C. Valeria Abigail Martínez Sias — *Diagramador*
Lic. Hannah Infante Lagarda — *Filólogo*
Biól. Valeria J. Gama Ríos — *Traductor*
Téc. Mario Alejandro Rojas Sánchez — *Diseñador*

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.

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.



Año 13, Volumen 13, Número 2, febrero 2020, 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, 29 de febrero de 2020.

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.
✉ agroproductividadeditor@gmail.com

Contacto de soporte

8 Soporte
☎ 01(595) 928 4703
✉ agroproductividadesoporte@gmail.com

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.

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.

Characterization of the supply of moringa (*Moringa oleifera* Lam.) in Mexico

Caracterización de la oferta de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) en México

Bocarando-Guzmán, María Dreidi¹; Ríos-Corripio, María Antonieta²; Hernández-Cázares, Aleida Selene^{1*}; Gómez-Merino, Fernando Carlos¹; Servín-Juárez, Roselía¹

¹Colegio de Postgraduados Campus Córdoba. Carretera Federal Córdoba-Veracruz km 348, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. C. P. 94946. ²CONACYT-Colegio de Postgraduados Campus Córdoba. Carretera Federal Córdoba-Veracruz km 348, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. C. P. 94946.

*Autor de correspondencia: aleyse@colpos.mx

ABSTRACT

Objective: To characterize the *Moringa oleifera* Lam. supply system in Mexico.

Design/methodology/approach: Compilation and analysis of primary information sources, through interviews with producers and key informants who participate in the process of commercialization of products derived from moringa. In total, there were eight companies. To collect the information, the snowball chain sampling technique was used.

Results: All moringa producing companies analyzed started activities less than 10 years ago. The owners of the companies are small and medium producers, with an average of 6.5 ha, characterized by an organic management and constant training. The main products offered in the Mexican market are: the crushed leaf, flour and capsules, whose main market is the national one. On the other hand, it was detected that the producers in the market do not interact among each other, which generates asymmetry of information. In addition, the real inventory of the total number of producers and moringa producing companies in Mexico is unknown, which limits the characterization of production and benefit.

Limitations/implications: The producers are not so accessible in certain information; for example, regarding the sale prices of their products.

Findings/conclusions: Moringa is a multipurpose tree with great potential, a database of producers is unknown. The products offered are organic and healthy products. However, more research is needed on the commercialization of moringa in Mexico.

Keywords: *Moringa oleifera* Lam., supply, companies, market, México.

RESUMEN

Objetivo: Caracterizar el sistema de la oferta de *Moringa oleifera* Lam. en México.

Diseño/metodología/aproximación: Recopilación y análisis de fuentes de información primarias, a través de entrevistas a productores e informantes clave que participan en el proceso de comercialización de los productos derivados de la moringa; en total fueron ocho empresas. Para recabar la información se utilizó la técnica de muestreo en cadena de bola de nieve.

Agroproductividad: Vol. 13, Núm. 2, febrero, 2020. pp: 3-8.

Recibido: septiembre, 2019. **Aceptado:** diciembre, 2019.

Resultados: El total de las empresas de producción de moringa iniciaron actividades hace menos de 10 años. Los dueños de las empresas son pequeños y medianos productores, con un promedio de 6.5 ha, caracterizados por un manejo orgánico y constante capacitación. Los principales productos ofertados en el mercado mexicano son: la hoja triturada, harina y cápsulas, cuyo principal mercado es el nacional. Por otro lado, se detectó que los productores en el mercado no interactúan, lo cual genera asimetría de información. Sumado a ello se desconoce el inventario real del número total de productores y de empresas productoras de moringa en México, que limita la caracterización de la producción y de su beneficiado.

Limitaciones/implicaciones: Los productores no son tan accesibles en cierta información, por ejemplo, la referente a los precios de venta de sus productos.

Hallazgos/conclusiones: La moringa es un árbol multipropósitos con gran potencial, y no se cuenta con una base de datos de productores. Los productos ofertados son productos orgánicos y saludables. Sin embargo, faltan más investigaciones sobre la comercialización de moringa en México.

Palabras clave: *Moringa oleifera* Lam., oferta, empresas, mercado, México.

principalmente en el trópico seco en la Depresión del Río Balsas y en la Costa del Pacífico (Sol, Valdés y Pérez, 2017). En este último, se encuentran plantaciones de moringa desde el sur de Sonora hasta Chiapas, incluyendo el sur de la península de Baja California (Guillén-Román et al., 2018); distribuidos en 67 comunidades de 15 estados de la República Mexicana. En México existen 222 municipios que tienen superficies idóneas para el cultivo de moringa; los cuales se ubican en Guerrero, Michoacán, Oaxaca, Jalisco y Yucatán, con una superficie óptima para el cultivo de moringa de 19,283 km², 16,928 km², 11,448 km², 3,861 km² y 3,726 km², respectivamente. En contraparte, los estados de Puebla y Veracruz presentan la menor superficie óptima de cultivo (Olson y Alvarado-Cárdenas, 2016). De acuerdo con datos del SIAP (2018), en el año 2017 en México se reportaron 428 ha de moringa sembradas en 11 municipios de cinco entidades del país, en los que se obtuvieron 206 t, con un valor comercial de 11.8 millones de pesos. El estado de Michoacán destacó como principal productor con 98.7% del volumen total; siendo Huetamo el municipio que más contribuyó, con más del 90% del total de la producción nacional.

A pesar de su potencial productivo, no existe información confiable publicada acerca de dónde se oferta la moringa en México; incluso se desconoce cuántas empresas productoras de moringa existen. Algunos productores solo la tienen como cultivo de traspatio. Sin embargo, es una especie con alto valor que está generando interés por sus propiedades, principalmente nutritivas y medicinales, y se está colocando en el mercado como un producto diferenciado, que en la mayoría de

INTRODUCCIÓN

La moringa (*Moringa oleifera* Lam.) es conocida también como el árbol de la vida o árbol de rábano. Es una especie nativa del sur de Asia. Crece al pie de los Himalayas, desde el noreste de Paquistán hasta el norte de Bengala en La India (Lim, 2012). La moringa es un árbol dicotiledóneo perenne tropical caducifolio de la familia de las Moringaceae, que puede llegar a medir hasta 12 m de altura (Olson, 2001). Forma parte de la alimentación y medicina tradicional en el sur de Asia por miles de años, pero su auge reciente en México y en el resto del mundo se debe principalmente a dos aspectos. El primero de ellos, en la década de 1990 se demostró un contenido proteico de 25.0 - 30.3% en las hojas (Nogueira-Brilhante et al., 2017), proteína directamente asimilable y contiene todos los aminoácidos esenciales; la administración de polvo de hoja seca de moringa a madres en lactancia en situación de inanición extrema aumentó la producción de leche, posibilitando así la supervivencia de los niños (Fuglie et al., 2001). El segundo aspecto se debió al descubrimiento y confirmación de que este árbol tiene propiedades quimioprotectoras anti-cáncer en animales (Bharali et al., 2003). El árbol de moringa llegó a territorio mexicano por marineros filipinos, durante los viajes de la Nao de China que cubría la ruta entre Manila y Acapulco, ya que era utilizada como alimento por los miembros de la tripulación (Olso y Faney, 2011).

La moringa se desarrolla mejor por debajo de los 600 msnm en regiones tropicales y subtropicales con una temperatura mínima absoluta de 15 °C, con lluvias estacionales de hasta 1,000 mm anuales (Olson y Fahey, 2011). Sin embargo, en algunas zonas se cultiva hasta aproximadamente 1,000 m de altitud. En México, esta combinación de características climáticas se encuentra

las veces no existe una regulación. En este contexto, el objetivo del presente trabajo fue caracterizar el sistema de la oferta de moringa en México, lo cual permitirá generar estrategias dentro de la cadena de comercialización.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización de este estudio se obtuvieron datos de fuentes primarias a través de entrevistas telefónicas a productores, generalmente dueños de empresas e informantes clave que participan en el proceso de comercialización del producto. La entrevista se enfocó a identificar los factores que pueden determinar la oferta, los cuales se agruparon en tres sectores: 1) ubicación y extensión; 2) sistema de manejo y capacitación, y 3) productos ofertados y mercados; además de información relevante que permitió caracterizar la oferta de moringa en México.

Para identificar las diferentes empresas productoras de moringa en México se realizó la técnica de muestreo no probabilístico, el muestreo en cadena de bola de nieve. Ésta es una técnica utilizada para identificar a los informantes claves difíciles de encontrar (Najdowski y Bernstein, 2018).

RESULTADOS Y ANÁLISIS

A nivel de investigación, el Centro de Investigación Regional Noroeste del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ubicado en Rio Bravo, Tamaulipas, es uno de los centros de investigación que ha trabajado con el sistema moringa en México. Esto es citado en una entrevista realizada al investigador Javier González Quintero, quien ha trabajado en el proyecto: "Identificación y difusión de cultivos de alternativa para el norte de Tamaulipas". El M. A. Quintero indica que existen productores en ese estado que tienen de uno a dos árboles de moringa como cultivo de traspatio, y que muy pocos productores están establecidos como empresas formales. Así también, menciona que las condiciones climáticas extremas limitan la producción de moringa en el estado. La producción tiene un manejo orgánico, y está enfocada al área nutricional y medicinal. Asimismo, el Dr. Arturo Pérez Vázquez del Colegio de Postgraduados Campus Veracruz, ha realizado investigaciones en torno a la innovación en el uso de la moringa: redescubriendo el potencial medicinal, alimenticio y ecológico. Estos estudios han sido enfocados desde requerimientos edafológicos, manejo agronómico de plantaciones y colecta de germoplasma con

apoyo de productores de la región de Veracruz, para un mejor aprovechamiento de la planta en los ámbitos de consumo animal y humano.

No obstante, aun cuando existe conocimiento científico del manejo de la moringa, la caracterización de la oferta de moringa a nivel nacional es deficiente. El Cuadro 1 muestra la información recopilada de ocho informantes clave de las empresas productoras de moringa, ubicada en los estados de Veracruz, Yucatán, Guanajuato, Michoacán, Sinaloa, Coahuila, Chiapas y Oaxaca.

En general, las empresas de moringa del presente estudio son de reciente creación, a excepción de Orgánicos Kamira, S.P.R. de L.R. que inició su operación desde 1998, pero el cultivo moringa lo inició en el año 2001. El 50% de las empresas son de tipo familiar, y el otro 50% están integradas por socios con actividades complementarias. El motivo de comercializar productos de moringa es por el valor nutrimental y medicinal que han observado en experiencias propias, de familiares, y clientes. De acuerdo con Saucedo-Pompa *et al.* (2018), la moringa tiene propiedades antiinflamatorias, anticáncer, antimicrobiales, antioxidantes, antihipertensivas y antidiabéticas, por ello es un producto que se coloca en el mercado como diferenciado, lo cual mejora el ingreso de los productores (Ojiako *et al.*, 2011).

La ubicación de las empresas productoras de moringa corresponde con las zonas de producción óptimas que menciona Olson y Alvarado-Cárdenas (2016), donde las temperaturas son superiores a los 20 °C, lo que ha permitido su establecimiento. Sin embargo, en el caso de las empresas ubicadas en Coahuila y Guanajuato, éstas han tenido algunos inconvenientes con el cultivo en invierno, lo cual han tratado de minimizar con el manejo agronómico, como lo es la programación de la poda antes de las épocas frías.

El 37.5% de los productores son considerados de pequeña escala, es decir, tienen de 0 a 2 ha, y el 62.5% son medianos, y no necesitan grandes extensiones de terreno. Generalmente la moringa es asociada con otros cultivos como maca peruana (*Lepidium meyenii*), espino blanco (*Crataegus monogyna*), guanábana (*Annona muricata*), neem (*Azadirachta indica*), cúrcuma (*Curcuma longa*), jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) y limón (*Citrus x limon*) o es sembrada como cerco vivo, como es el caso de algunas regiones de Indonesia (Roshetko *et al.*, 2017).



Cuadro 1. Características de empresas de *Moringa oleifera* Lam. ubicadas en México.

Empresa	Tipo de empresa y año de creación	Ubicación y Superficie	Sistema de manejo y Capacitación	Productos ofertados y mercado
JIMCAR Cultivando y Progresando S.P.R. de R.L de C.V.	Empresa familiar, 2014	Progreso, Soledad de Doblado, Veracruz, 2 ha.	Orgánico, capacitación por el Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz y Córdoba, Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL) e Instituto Superior de Xalapa.	Productos: Hoja triturada, harina y cápsulas. Mercado: Nacional (Veracruz, Puebla, y Estado de México) e Internacional (Alemania).
Moringa del Mayab	Empresa formada por cinco socios, 2014	Kanasín, Tepakán, Mérida, Ticul, Yucatán, los terrenos tienen una superficie de 1 a 6 ha.	Orgánico, capacitación por profesionistas (ingenieros agrónomos) Universidad Anáhuac Mayab.	Productos: Árbol, semilla, hoja deshidratada y triturada, harina, cápsulas y aceite. Mercado: Yucatán, Veracruz, Tabasco y Ciudad de México.
Tío Paco	Empresa familiar, 2013	San Miguel de Allende, Guanajuato 2 ha.	Orgánico, capacitación por SADER, INIFAP y familiares profesionistas.	Productos: Hoja triturada, harina, semillas. Mercado: Guanajuato, Veracruz, Zacatecas, Durango y Guadalajara.
Moringa Pura y Orgánicos Tierra Pura	Empresa familiar, 2013	Valle de Apatzingán, Nueva Italia, Michoacán. Plantación de 10 ha.	Orgánico, capacitación por SADER.	Productos: Harina, semilla, cápsulas, aceite y cremas. Mercado: Morelia, Michoacán.
Orgánicos Kamira, S.P.R. de L.R.	Empresa familiar, 1998	Mochis, Sinaloa, 4 ha, sin embargo, es usado como cerco vivo.	Orgánico, la capacitación es proporcionada por los integrantes profesionistas de la misma empresa y por SADER.	Productos: Planta, hoja de moringa a granel, harina, galletas, jabones y shampoo. Mercado: Sinaloa, Ciudad de México, Jalisco, Baja California, y Chiapas.
San Judas Tadeo	Empresa fundada por socios, 2016	Nava, Coahuila, 6 ha.	Orgánico, capacitada por SEDARPA y la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL).	Productos: Té, hoja triturada, harina y cápsulas. Mercado: Coahuila.
Francisco Javier García Ruíz	Empresa fundada por socios, 2014	Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. En un área de 2 ha.	Orgánico, capacitación por SENASICA y SADER.	Productos: Planta, semilla y cápsulas. Mercado: Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
HUMAR, S.C. de P.R. de S.L. de C.V.	Empresa fundada por siete socios, 2014	La Herradura y San Pedro, Oaxaca, en una superficie de 20 ha.	Orgánico, capacitación por SEMARNAT, SADER, Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz.	Productos: Harina, té, cápsulas, hoja pulverizada, y un snack a base de moringa con cacao. Mercado: Nacional (Ciudad de México, Oaxaca, Estado de México, y Quitana Roo) e Internacional (Estados Unidos).

Fuente: Elaboración propia, con datos recabados de la investigación, 2018.

El 100% de las empresas que participaron en la investigación tienen un manejo orgánico de la plantación de moringa. La fertilización es a base de compostas o biofertilizantes, inclusive ocupan los residuos de follaje, después de la poda, para incorporarlo al suelo tal como menciona Mota-Fernández *et al.* (2019). La industrialización de la moringa tiene como base principal el proceso de deshidratación de las hojas, el cual se realiza mediante sistemas artesanales de deshidratado al sol y eso les ha otorgado a seis de las ocho empresas la certificación orgánica.

Por otro lado, los dueños de las empresas están conscientes de que es indispensable respaldar sus productos de moringa con investigaciones científicas, para lo cual se han apoyado de instituciones de gobierno y Centros Públicos de Investigación, al igual que el caso de otros países como Filipinas (Ebert y Palada, 2017). En base a lo anterior, se demuestra que la educación es la clave para el establecimiento y desarrollo sustentable de las empresas. Alfredo Rene Jiménez Oropeza, dueño de la empresa JIMCAR, Cultivando y Progresando S.P.R. de R.L. de C.V. comentó: "El acercamiento a personas con

la información adecuada facilita las actividades y reduce tiempos”.

Los productos ofertados por las ocho empresas generalmente son: hoja triturada, harinas y cápsulas. Lo anterior corresponde a las cifras de Advanced Biofuel Center (2018) en donde se menciona que en el año 2017 los principales productos exportados de moringa a nivel mundial fueron hojas y semillas, lo cual generó un ingreso de 1.5 y 2.5 mil millones de dólares estadounidenses, respectivamente.

En Filipinas los principales productos ofertados son las hojas de moringa y el aceite de semilla. La hoja en polvo se utiliza para la fortificación de alimentos (pan, fideos, jugos, leche, té, etc.), o se encapsula como suplemento alimenticio. El aceite se utiliza principalmente en cosmética y productos para el cuidado de la salud, como champú, jabón, perfumes y cuidado de la piel (Ebert y Palada, 2017). Sin embargo, es necesario producirlos bajo estándares que garanticen la calidad (Dar, 2017).

El polvo de hoja de moringa en sus diferentes presentaciones se vende como un “súper alimento” en el mercado de suplementos nutricionales. Por lo tanto, la investigación sobre las propiedades de esta especie es un tema de interés para organizaciones internacionales y para las instituciones involucradas en la lucha mundial contra la desnutrición (Falowo et al., 2018).

El principal mercado de los productos de moringa es nacional, donde el principal reto de las empresas es que los consumidores mexicanos conozcan el producto y experimenten sus beneficios. Una de las técnicas posibles será mediante campañas informativas sobre la producción, los beneficios, el procesamiento y la utilización de la moringa (Irawan y Patricio, 2017). Actualmente se ha observado en el mercado un incremento en la oferta de productos derivados de la moringa debido al auge que ha tenido esta planta por sus múltiples propiedades (Olson y Faney, 2011). El principal medio de venta de productos de moringa es mediante redes sociales (Mota-Fernández et al., 2019). Sin embargo, muchos de los vendedores no son productores ni fabricantes de los productos; son intermediarios, por lo que los productos no cuentan con una regularización y no es claro si estos productos son confiables, lo que probablemente genera problemas de credibilidad sobre los verdaderos efectos de la moringa. Además, es indispensable que las empresas productoras se asesoren mediante investigaciones

científicas sobre las dosis recomendadas, de acuerdo con el fin y al estado de salud de la persona, con lo cual se pueda garantizar efectos favorables. Ante esto, falta más investigación científica sólida sobre el consumo de moringa y las implicaciones que esto conlleva en la salud humana (Olson, 2017).

CONCLUSIÓN

En México, el cultivo de moringa tiene gran importancia debido a su uso multipropósito y buena adaptabilidad a climas secos y cálidos. Actualmente se desconoce el número total de empresas productoras de moringa en el país; además de que no existe una organización que represente a las empresas y productores que integran la cadena de valor. Los propios productores no se conocen, lo cual genera asimetría de información entre ellos y limita el establecimiento del comercio justo. En este enfoque se deben considerar estrategias de oferta como la fijación de precios de mercado.

Por lo anterior, se recomienda realizar más investigaciones sobre las características de la oferta, su distribución, los agentes que participan desde la producción hasta el consumidor final, el valor agregado que se le da a los productos, las estrategias comerciales, nichos de mercado, entre otros. Esto permitirá generar información para la toma de decisiones.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), y al Colegio de Postgrados Campus Córdoba por el apoyo financiero y logístico para la realización de la presente investigación, así como los dueños y personal de las empresas participantes en la investigación.

LITERATURA CITADA

- ABC (Advanced Biofuel Center). (2018). Moringa Economics. Available in: <http://jatropha-world.org/moringa-economics.html>.
- Bharali, R., Tabassum, J., & Haque, A. M.R. (2003). Chemomodulatory effect of *Moringa oleifera* Lam., on hepatic carcinogen metabolizing enzymes, antioxidant parameters and skin papillomagenesis in mice. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention* 4: 131-139. Article ID 12875626.
- Dar, W. D. (2017). Challenges in the industrialization of moringa in the Philippines. *Acta Horticulturae* 1158: 15-18. doi: 10.17660/ActaHortic.2017.1158.3
- Ebert, A. W., y Palada, M. C. (2017). The moringa industry in the Philippines: Status, challenges and opportunities. *Acta Horticulturae* 1158: 309-316. doi: 10.17660/ActaHortic.2017.1158.35.
- Fahey, J.W. (2005). *Moringa oleifera*: A Review of the Medical Evidence for Its Nutritional, Therapeutic, and Prophylactic Properties.

- Part 1. Trees for Life Journal 1:21205-2185. Available in: <http://www.tfljournal.org/article.php/20051201124931586>.
- Falowo, A.B., Mukumbo, F. E., Idamokoroa, E. M., Lorenzo, J. M., Afolayan, A. J., & Muchenje, V. (2018). Multi-functional application of *Moringa oleifera* Lam. in nutrition and animal food products: A review. Food Research International 106: 317-334. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.12.079>.
- Fuglie, L.J., National Council of the Churches of Christ in the United States of America & Technical Centre for Agricultural and Rural Cooperation (2001). The miracle tree: the multiple attributes of Moringa. Dakar, Senegal, Church World Service.
- Guillén-Román, C.J., Guevara-González, R.G., Rocha-Guzmán, N. E., Mercado-Luna, A., & Pérez-Pérez, M.C. I. (2018). Effect of nitrogen privation on the phenolics contents, antioxidant and antibacterial activities in *Moringa oleifera* leaves. Industrial Crops and Products 114: 45-51. doi: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.01.048>.
- Irawan, H., & Patricio, R.C. (2017). Indonesian consumers' perceptions of daun kelor (*Moringa oleifera*). Acta Horticulturae 1158: 391-396. doi:10.17660/actahortic.2017.1158.44.
- Lim, T.K. (2012). Edible medicinal and non-medicinal plants. Dordrecht, The Netherlands. Springer. doi: <https://doi.org/10.1007/978-94-017-9511-1>.
- Mota-Fernández, I. F., Valdés-Rodríguez, O.A., & Quintas, G.S. (2019). Características socioeconómicas y prácticas agrícolas de los productores de *Moringa oleifera* Lam. en México. Agroproductividad 12: 3-8. doi: <https://doi.org/10.32854/agrop.v12i2.135>.
- Najdowski, C.J., & Bernstein, K.M. (2018). Race, social class, and child abuse: Content and strength of medical professionals' stereotypes. Child Abuse and Neglect 86: 217-222. doi: 10.1016/j.chiabu.2018.10.006.
- Nogueira-Brilhante, R. S., Alencar, S.J., Santos, P. V., Castelo-Branco, D.S. C.M., De Aguiar, C.R., De Souza, S.C.M., Neto, P.M.A., Feitosa, S. J. J.B., Costa, S.J.J., & Gadelha, R. M. F. (2017). Research advances on the multiple uses of *Moringa oleifera*: A sustainable alternative for socially neglected population. Asian Pacific Journal of Tropical Medicine 10: 621-630. doi:10.1016/j.apjtm.2017.07.002.
- Ojiako, F.O., Adikuru, N., & Emenyonu, C. (2011). Critical issues in Investment, Production and Marketing of *Moringa oleifera* as an Industrial Agricultural raw material in Nigeria. Journal of Agricultural Research and Development 10: 39-56.
- Olson, M.E. (2017). Moringa frequently asked questions. Acta Horticulturae 1158: 19-32. doi:10.17660/ActaHortic.2017.1158.4.
- Olson, M. E. & Alvarado-Cárdenas, L.O. (2016). ¿Dónde cultivar el árbol milagro, *Moringa oleifera*, en México? Un análisis de su distribución potencial. Revista Mexicana de Biodiversidad. 87: 1089-1102. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.07.007>.
- Olson, M.E. & Fahey, J.W. (2011). *Moringa oleifera*: Un árbol multiusos para las zonas tropicales secas. Revista Mexicana de Biodiversidad 82: 1071-1082. Recuperado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S187034532011000400001.
- Olson, M. E. (2001). Introduction to the Moringa Family. L. J. Fuglie & Technical Centre for Agricultural and Rural Cooperation. a(ed.). The miracle tree: The multiple attributes of Moringa. p. 11-28. Wageningen. Holanda. Church World Service.
- Roshetko, J. M., Purnomosidhi, P., Sabastian, G., Dahlia, L., Mahrizal, M., Mulyoutami E., Perdana, A., Megawati, M., Riyandoko R., Maulana, H.T., Anggrayani, S., & Martini, E. (2017). Ethnobotanical use and commercial potential of *Moringa oleifera* in Indonesia: an underused and under-recognized species. Acta Horticulturae 1158: 349-356. doi:10.17660/ActaHortic.2017.1158.39.
- Saucedo-Pompa, S., Torres-Castillo, J.A., Castro-López, C., Rojas, R., Sánchez-Alejo, E.J, Ngangyo-Heya, M., & Martínez-Ávila, G.C.G. (2018). Moringa plants: Bioactive compounds and promising applications in food products. Food Research International 111: 438-450. doi:10.1016/j.foodres.2018.05.062
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2018). El poder de la moringa en la salud. Recuperado de: <https://www.gob.mx/siap/articulos/el-poder-de-la-moringa-en-la-salud?idiom=es>.
- Sol, Q.G., Valdés R. O.A, & Pérez V. A. (2017). Efecto de la poda y fertilización orgánica en *Moringa oleifera* Lam. en la región Centro de Veracruz, México. Revista Ciencia Administrativa 1: 101-121.



Physicochemical characterization of corn masses (*Zea mays* L.) nixtamalized: case Córdoba, Veracruz, Mexico

Caracterización fisicoquímica de masas de maíz (*Zea mays* L.) nixtamalizado: caso Córdoba, Veracruz, México

López-Espíndola, Mirna¹; Herrera-Corredor, José Andrés¹; Balderas-López, Juan Manuel¹; Argumedo-Macías, Adrián²; Hernández-Cázares, Aleida Selene¹; Muñoz-Márquez Trujillo, Rafael Arturo^{1*}

¹Colegio de Postgraduados Campus Córdoba. Manuel León, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. C. P. 94946. ²Colegio de Postgraduados Campus Puebla. Cholula, Puebla, México. C. P. 72760.

*Autor para correspondencia: arturom@colpos.mx

ABSTRACT

Objective: To determine the physical and chemical characteristics of fresh corn masas (*Zea mays* L.) sampled in tortilla stores located in Córdoba, Veracruz, Mexico, using GIS technology to delimit the sampling area. The hypothesis was that fresh corn masas in a region have similar physicochemical characteristics.

Design/methodology/approach: The population density was used for sampling, taking as reference the centroids of the areas where the population density was 250 inhabitants ha⁻¹. One kg of fresh corn dough was collected in 12 selected tortilla stores.

Results: Three subsamples of 333.3 g of the sampled mass of each tortilla were obtained and its pH, humidity, ash, water activity, color, particle distribution and texture profile were analyzed. A mean comparison was performed with the subsamples. The following intervals were obtained: pH from 8.63 to 11.20, water activity from 0.93 to 0.99, humidity from 55.76 to 62.37%, ashes from 1.05 to 2.35%, hardness from 7.62 to 18.71 N and color from L * = 77.26 to 83.00, a * = 0.13 to 1.55 and b * = 19.56 to 27.00. Pearson's correlation between the yellow color of the masses with the pH and the percentage of ashes was statistically positive.

Limitations on study/implications: This it is information represents a specific region, so in order to have more representativeness of results, it should have a greater sampling coverage.

Findings/conclusions: The variability of the samples was high among tortilla stores, with different physicochemical characteristics.

Keywords: Corn masas, tortilla store, GIS, sampling.

RESUMEN

Objetivo: Determinar las características físicas y químicas de las masas de maíz fresco (*Zea mays* L.) en tortillerías de Córdoba, Veracruz, México, utilizando tecnología SIG para delimitar el área de muestreo. La hipótesis es que las masas de maíz fresco en una región tienen características fisicoquímicas similares.

Agroproductividad: Vol. 13, Núm. 2, febrero, 2020. pp: 9-14.

Recibido: septiembre, 2019. **Aceptado:** enero, 2020.

Diseño/metodología/enfoque: La densidad de población se utilizó para el muestreo, tomando como referencia los centroides de las áreas donde la densidad de población era de 250 habitantes ha⁻¹. Se recolectó 1 kg de masa de maíz fresco en 12 tortillerías seleccionadas.

Resultados: Se obtuvieron tres submuestras de 333.3 g de la masa muestreada de cada tortilla y se analizaron su pH, humedad, cenizas, actividad del agua, color, distribución de partículas y perfil de textura. Se realizó una comparación de medias con las submuestras recolectadas. Se obtuvieron los siguientes intervalos: pH de 8.63 a 11.20, actividad de agua de 0.93 a 0.99, humedad de 55.76 a 62.37%, cenizas de 1.05 a 2.35%, dureza de 7.62 a 18.71 N y color de L \ast =77.26 a 83.00, a \ast =0.13 a 1.55 y b \ast =19.56 a 27.00. La correlación de Pearson entre el color amarillo de las masas con el pH y el porcentaje de cenizas fue estadísticamente positiva.

Limitaciones en el estudio/implicaciones: La información presentada corresponde una región específica de Veracruz, por lo que, para tener una mayor representatividad de los resultados, debe tener una mayor cobertura de muestreo.

Hallazgos/conclusiones: La variabilidad de las muestras fue alta entre las tortillerías e indica que la preparación de masas no sigue un proceso estandarizado y esto puede impactar en el producto final.

Palabras clave: Masa de maíz, tortillerías, SIG, muestreo.

INTRODUCCIÓN

En México, la tortilla es la fuente principal de carbohidratos en la alimentación de la población; el consumo es de 7.4 millones de toneladas anuales (CEDRSSA, 2014). La tortilla proporciona 70 % de las calorías consumidas y 50 % del calcio recomendado para consumo diario (Trejo-González *et al.*, 1982; Sánchez-Tovar *et al.*, 2004). En 2014 el consumo anual per cápita fue 56.7 kg en las zonas rurales y 79.5 en las zonas urbanas (CEDRSSA, 2014). La tortilla se fabrica en tortillerías con masa fresca o preparada con harina de maíz (*Zea mays* L.) nixtamalizado. Mediante herramientas geográficas como las técnicas disponibles para la exploración geográfica, con las herramientas SIG, es posible ubicar las zonas con mayor densidad poblacional y de esta manera seleccionar las tortillerías que distribuyen su producto en donde existen mayor número de consumidores, de esta manera las tortillerías que se muestren sean representativas y válidas para el estudio de las características de la masa que se utiliza para fabricar tortillas.

Para poder mejorar las características de la tortilla, es indispensable conocer los factores que afectan la calidad y propiedades fisicoquímicas de las masas para comparar el efecto de la modificación de una variable en la nixtamalización, o bien, la inclusión de otro ingrediente. Gasca-Mancera y Casas-Alencáster (2007) usaron masa fresca de maíz nixtamalizado (MFMN) y evaluaron el efecto en las propiedades texturales de la masa adicionando harina de maíz nixtamalizado (HMN); la masa de harina de maíz nixtamalizado (MHMN) fue más dura y resiliente y presentó mayor recuperación elástica instantánea comparada con la MFMN. Vázquez Carrillo *et al.* (2011)

evaluaron atributos sensoriales en tortillas muestreadas en una tortillería tradicional en Texcoco, Estado de México, tortillas recién elaboradas con una combinación de masa de nixtamal y harina nixtamalizada (TM-HN) o recién elaboradas con harina nixtamalizada (THN), y tortillas empacadas Milpa Real®. Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) permiten ubicar, en el marco de esta investigación, zonas de muestreo con mayor densidad poblacional a partir de información puntual georeferenciada sobre todo en países en vías de desarrollo (Kassié *et al.*, 2017; Wang *et al.*, 2012). Con ello es posible planificar el muestreo de tortillerías que se localizan en esas zonas con mayor densidad de población, para poder realizar la caracterización fisicoquímica de masas que utilizan dichos expendios. El objetivo de la investigación consistió en caracterizar fisicoquímicamente masas frescas de tortillerías seleccionadas de Córdoba, Veracruz, empleando la tecnología SIG para delimitar zona de muestreo. La hipótesis a probar fue que las características fisicoquímicas de las masas en la región son similares.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras de masa (1 kg) se colectaron de 12 tortillerías seleccionadas de acuerdo con la densidad de población de la cabecera municipal de Córdoba, Veracruz, México (Figura 1). El criterio de muestreo de la tortillería fue que exhibiera una leyenda "100 % maíz", además de estar en la cabecera de Córdoba, Veracruz y dentro de las manchas con alta densidad poblacional, con base en la metodología de la herramienta SIG. Las masas se preservaron en una hielera hasta llegar al laboratorio de cereales del Colegio de

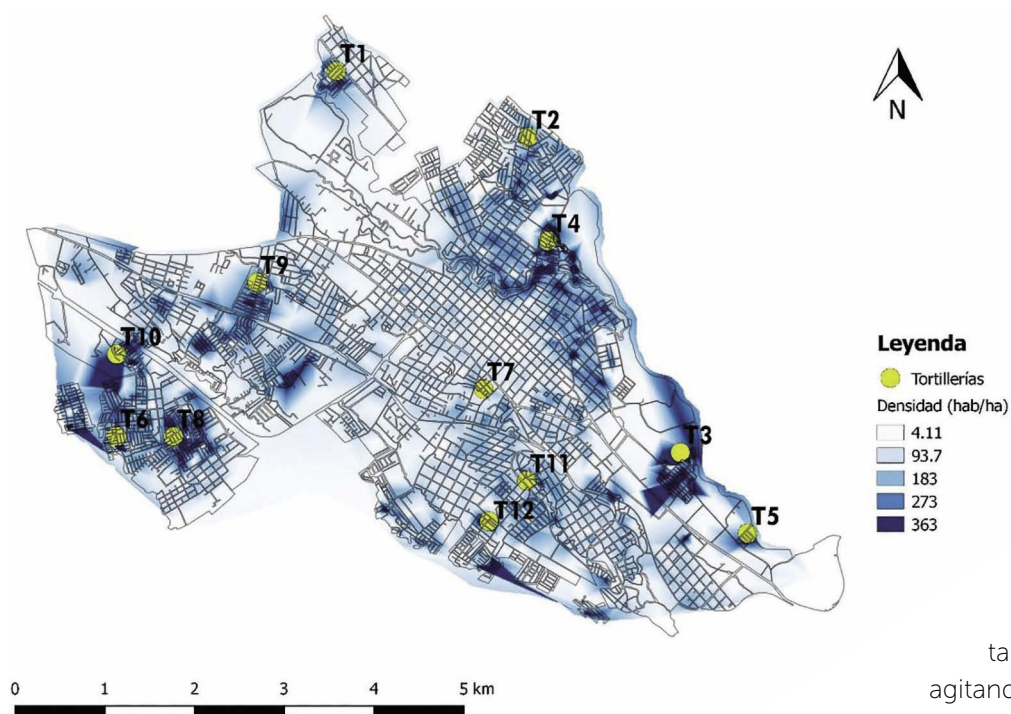


Figura 1. Mapa de densidad de Córdoba, Veracruz, derivado con datos de AGEBS y archivos vectoriales desarrollados por el INEGI. Se muestran las tortillerías seleccionadas para el estudio en las zonas de mayor densidad poblacional.

Postgraduados Campus Córdoba (1 h) y se codificaron como T1 hasta T12.

Para el método de muestreo de tortillerías se construyó una superficie a partir de datos puntuales de la información de áreas geoestadísticas básicas (AGEB) del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y con ello se desarrolló un mapa de densidad de población. Utilizando metodologías SIG y QGIS 2.18 (QGIS Development Team, 2016), y con base en cartografía geoestadística urbana (INEGI, 2014), se determinó la densidad poblacional. Con ello se interpolaron los datos de densidad de población obtenidos, generando la Figura 1, en donde se aprecian las zonas donde se concentra la población en la ciudad y también las tortillerías muestreadas.

Propiedades fisicoquímicas

Por otro lado, el contenido de humedad y cenizas se determinó por el método 44-15 y 08-10 de la AACC (2000), respectivamente. La medición de la actividad de agua (a_w) se realizó con un medidor portátil Pawkit (Decagon Devices, Inc 2365 NE Hopkins Ct. Pullman, WA 99163 USA).

La determinación de color se realizó con un colorímetro R-400 (Konica Minolta, Williams Drive, Ramsey, NJ, 07446, EE.UU.) en la escala CIELAB midiendo los parámetros L^* , a^* y b^* con un observador de 2° y un iluminante D65.

Para la distribución de tamaño de partícula de la masa se utilizó 1 g de muestra realizando una dilución con 90 mL agua destilada, con agitación constante por 20 min. La dilución se pasó por tamices de malla 40, 60, 100, 140 y 200 US. El tamizado se realizó manualmente agitando los tamices en forma rotatoria circular constante por 5 min. Las partículas retenidas en cada malla se deshidrataron a 100°C por 24 h. El resultado se presenta como porcentaje de partículas que pasaron por cada malla.

Para la determinación de textura de las masas se realizó un análisis de perfil de textura (TPA) con un texturómetro Shimadzu® modelo Ez-5 (Kyoto, Japón). La masa se dejó reposar hasta alcanzar $25 \pm 1^\circ\text{C}$. Se moldeó 50 g de la masa en un cilindro de plástico de 36 mm de diámetro y 30 mm de altura. El molde se lubricó internamente con aceite vegetal, se introdujo la masa y se compactó colocando una placa de metal con un peso de 5 kg durante 5 min. El exceso de masa se retiró del molde con una espátula de acero inoxidable, se retiró del molde y se dejó reposar 15 min. Las muestras se sometieron a dos ciclos de compresión con una deformación relativa aparente (DRA) del 30 % con un aditamento de platos a una velocidad de 1 mm s^{-1} .

Para determinar el pH, se diluyó 1 g de muestra en 90 mL de agua destilada. Se utilizó un potenciómetro Orion 3 - Star (Thermo Scientific, Waltham, Massachusetts, EE.UU.).

Análisis estadístico

Se siguió un diseño experimental completamente al azar donde la unidad experimental fue un lote de masa de cada tortillería. La masa se subdividió en tres proporciones iguales para obtener submuestras. Las medias se compararon con una prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Se

realizó un análisis de correlación de Pearson entre las variables medidas. El software estadístico utilizado fue R versión 3.4.1 (R Core Team, 2017) junto con el ambiente integrado de desarrollo (IDE: Integrated Development Environment) RStudio 1-0-143 (RStudio Team, 2017).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las 12 tortillerías donde se realizó el muestreo, mostraron mucha variabilidad en las características físico-químicas entre tortillerías y zonas de muestreo. Las características de las masas además de estar relacionadas con el procesamiento, se relacionan con la aceptabilidad del color de las tortillas por parte de los consumidores, ya que como se presenta en este trabajo, no existe una sola orientación a un color específico de masas en la región donde se realizó el muestreo.

El pH de las muestras se encontró en un rango de 8.63 a 11.20, las masas tuvieron un pH alcalino derivado del hidróxido de calcio utilizado en la nixtamalización (Cuadro 1).

Cuadro 1. Características proximales de las masas de maíz frescas.

Muestra	pH	Actividad de agua	Humedad (%)	Ceniza (%)
T1	10.64±0.04b	0.99±0.01a	57.79±0.20f	2.30±0.09a
T2	11.20±0.05a	0.99±0.01a	61.33±0.05c	2.35±0.01a
T3	8.63±0.03f	0.99±0.01a	55.76±0.06h	1.63±0.05bc
T4	9.21±0.14de	0.97±0.01bc	62.37±0.16b	1.54±0.16c
T5	9.61±0.08d	0.98±0.00ab	59.30±0.23d	1.73±0.05b
T6	9.14±0.11e	0.98±0.00ab	57.00±0.29g	1.62±0.00bc
T7	10.09±0.18c	0.96±0.01bc	59.75±0.11d	1.77±0.01b
T8	10.65±0.40b	0.95±0.01cd	58.45±0.15e	2.31±0.04a
T9	8.71±0.05f	0.96±0.01bc	60.88±0.34c	1.77±0.05b
T10	9.41±0.03de	0.93±0.02d	56.62±0.22g	1.34±0.02d
T11	9.44±0.08de	0.95±0.01cd	63.21±0.36a	1.05±0.02e
T12	9.52±0.08de	0.96±0.00bc	55.95±0.07h	1.32±0.05d

Valores promedio ± desviación estándar. Las medias con diferente letra en la misma columna son estadísticamente diferentes (Tukey; p≤0.05).

Las muestras de masa mostraron diferencia significativa en todos los atributos evaluados (Cuadro 1 y 2). Bello-Pérez *et al.* (2002) mencionan que las condiciones del proceso de nixtamalización que utiliza cada tortillería varían en función de la variedad de maíz, temperatura de cocción, concentración de hidróxido de calcio empleado, tiempo de reposo, entre otras. La alcalinidad de la masa varía dependiendo el número de lavados del maíz nixtamalizado; los lavados intensivos repercuten en pobres cantidades de calcio (Zazueta *et al.*, 2002) y bajas cantidades de hidróxido de calcio en la masa. A mayor número de lavados el pH es menor ya que se retiran más partículas de hidróxido de calcio y es importante mantener un pH alcalino para que la masa y las tortillas no sean propensa al deterioro por el desarrollo de microorganismos (Martínez-Flores *et al.*, 2004).

La actividad de agua (aw) de las muestras osciló de 0.93 a 0.99, el porcentaje de humedad se encontró en un rango de 55.76 a 62.37 y el porcentaje de cenizas se halló de 1.05 a 2.35. El porcentaje alto de humedad y actividad de agua de las masas se debe a que durante el proceso de nixtamalización el maíz

Cuadro 2. Características de color y dureza de las masas de maíz frescas.

Muestra	Color [†]			Dureza (N)
	L*	a*	b*	
T1	77.26±1.33d	0.45±0.04cde	23.97±0.44bc	18.71±1.26a
T2	77.84±0.61cd	0.34±0.10de	27.00±0.24a	11.13±1.58ef
T3	80.24±0.43abcd	0.66±0.11bcde	19.56±0.88g	11.16±0.64def
T4	80.58±0.27abcd	0.52±0.08cde	21.75±0.32def	8.40±0.05g
T5	77.26±0.50d	1.55±0.39a	23.25±0.81bcd	11.42±1.38def
T6	83.00±0.86a	0.61±0.03bcde	21.21±0.50efg	14.08±0.99bc
T7	80.99±0.35abc	1.23±0.16ab	25.16±0.33ab	10.06±0.26efg
T8	82.23±1.75ab	0.13±0.11e	24.80±1.06b	12.62±0.27cde
T9	82.79±1.08a	0.28±0.19de	19.99±0.22fg	9.65±0.36fg
T10	78.82±2.74bcd	1.06±0.27abc	20.90±0.61efg	15.24±1.12b
T11	81.60±0.23ab	0.49±0.05cde	21.79±0.50def	7.62±0.22g
T12	81.11±1.74abc	0.89±0.48bcd	22.06±1.18cde	13.71±0.45bcd

Valores promedio ± desviación estándar. Las medias con diferente letra en la misma columna son estadísticamente diferentes (Tukey; p≤0.05). [†]Parámetros de color: L*=Luminosidad, a*=escala de (-) verde a (+) rojo, b*=escala de azul (-) a amarillo (+).

absorbe una gran cantidad de agua, además de la adición de agua durante la molienda húmeda, esto conlleva a tener mayor cantidad de rendimiento, pero impacta al proporcionar un ambiente óptimo para el desarrollo de microorganismos.

La luminosidad de las masas se encontró en un rango de 77.26 a 83.00, el índice a^* de 0.13 a 1.55 y el índice b^* entre 19.56 y 27.00 (Cuadro 2). El valor de b^* mostró que las masas muestreadas tuvieron tonalidades diversas, desde masas ligeramente blancas hasta masas muy amarillentas. Estas últimas mostraron mayor alcalinidad, por lo que se consideró que existe una relación entre el color de las masas y las partículas de cal que se conservan del proceso de nixtamalización cuando se lava el maíz pocas veces o bien que la masa haya sido adicionada voluntariamente con cal, ya que, el color amarillento aumentó en las masas con una correlación positiva respecto con los altos contenidos de cenizas y pH (Cuadro 3).

Las tortillerías ocasionalmente adicionan pequeñas cantidades de cal a la masa para extender su vida útil incrementando la alcalinidad de la masa. Esto resulta en masas amarillentas que se procesa en el transcurso del día sin presentar fermentación, ya que los microorganismos como mohos y levaduras deterioran las masas mediante cambios bioquímicos que repercuten en la acidificación, provocando la pronta descomposición de la masa o el producto que se elabore a partir de esta materia prima. Martínez-Flores *et al.* (2004) realizó estudios para extender la vida útil de las tortillas de masa extruida adicionando diferentes conservadores, uno de ellos fue el hidróxido de calcio, lo que provocó la reducción de la descomposición de las tortillas y disminuyó el crecimiento de microorganismos en comparación con tortillas control.

La dureza de las masas osciló de 7.62 a 18.71 N, propiedad importante de la masa para el procesamiento y elaboración de tortillas, pudiendo ocasionar problemas en la máquina tortilladora. Aun cuando la diferencia de dureza entre las masas es muy grande, se puede asumir que las máquinas tortilladoras tienen la capacidad de procesar la masa a pesar de las condiciones de textura que presenten. La masa es una mezcla de polímeros de almidón (amilosa y amilopectina) gelatinizados por el proceso de nixtamalización; si el maíz no tiene una cocción adecuada (insuficiente o excesiva) repercutirá en las características reológicas y de textura de la masa (Robles *et al.*, 1988), imposibilitando la producción de tortillas en máquina o artesanal (manualmente). Es importante que la masa contenga partículas inferiores a la malla 60 US ya que las partículas finas contribuyen a desarrollar mayor flexibilidad y cohesividad en una masa destinada a la producción de tortillas (Bedolla y Rooney, 1984).

Las principales características de las masas que presentaron correlación fueron pH con b^* (0.92), b^* con % cenizas (0.65), % cenizas con pH (0.71) y humedad con dureza (-0.69). Se observó que a mayor pH y mayor contenido de cenizas el color de las masas fue más amarillo (b^*), así mismo, a mayor contenido de cenizas corresponde a un pH más alcalino. Las correlaciones entre pH, % cenizas y b^* se pueden justificar con el contenido de cal que se agrega durante la nixtamalización y que puede permanecer después del lavado del nixtamal. La correlación negativa entre humedad y dureza indica que, a mayor contenido de humedad, la masa es más suave y viceversa.

La granulometría (Figura 2) muestra que las masas pasaron en mayor porcentaje a través de la malla 200 US, lo que indica que hay mayor contenido de partículas

menores a 0.074 mm. Las masas no presentaron diferencia significativa en la distribución del tamaño de partículas, las variaciones del tamaño de partícula se deben al molino que utilizaron para procesar las masas. Las partículas que se retuvieron en la malla 60 US fueron las fracciones del pericarpio del maíz que quedaron después de la nixtamalización, pues la

Cuadro 3. Correlación entre las características fisicoquímicas de las masas[¶].

Parámetros	Color [†]			a_w	pH	Humedad (%)	Cenizas (%)	Dureza (N)
	L*	a^*	b^*					
Color	L*	1						
	a^*	-0.41	1					
	b^*	-0.36	0.03	1				
a_w	-0.35	-0.05	0.2	1				
Ph	-0.39	-0.15	0.92	0.15	1			
Humedad (%)	0.05	-0.23	0.26	-0.06	0.15	1		
Cenizas (%)	-0.28	-0.33	0.65	0.47	0.71	-0.02	1	
Dureza (N)	-0.32	0.04	0.08	0.08	0.3	-0.09	0.34	1

[†]L*=Luminosidad, a^* =escala de (-) verde a (+) rojo, b^* =escala de azul (-) a amarillo (+). [¶]Con base en el coeficiente de correlación de Pearson.

masa está constituida principalmente por gránulos de almidón parcialmente gelatinizados, endospermo, lípidos y fracciones remanentes de pericarpio (Bello-Pérez *et al.*, 2002).

CONCLUSIONES

Dada la ausencia de información oficial y sistematizada respecto al número y ubicación de tortillerías a nivel nacional y regional, el muestreo espacial es una alternativa viable dado que permitió identificar las zonas de muestreo en Córdoba, Veracruz, México, con base en los centros de consumo. Las masas presentaron una alta variabilidad en las características fisicoquímicas de luminosidad (L^*), alcalinidad, pH y cenizas haciendo evidente la falta de estándares en la producción de masa en las tortillerías de la zona. Las correlaciones entre las variables b^* , pH y cenizas encontradas comprueban el impacto del uso de cal en la apariencia amarillenta de las masas para tortilla.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), al Colegio de Postgraduados Campus Córdoba.

LITERATURA CITADA

AACC. American Association of Cereal Chemists. (2000). Approved Methods of the AACC. St. Paul: MN, USA.

Bedolla, S and Rooney, L. W. (1984). Characteristics of U.S. and Mexican instant maize flours for tortilla and snack preparation. *Cereal Foods World* 29: 732-735.

Bello-Pérez, L. A., Osorio-Díaz, P., Agama-Acevedo, E., Núñez-Santiago, C. y Paredes-López, O. (2002). Propiedades químicas, fisicoquímicas y reológicas de masas y harinas de maíz nixtamalizado. *Agrociencia* 36: 319-328.

CEDRSSA. Centro de estudios para el desarrollo rural sustentable y la soberanía alimentaria. (2014). Distribución y producción de alimentos: el caso del complejo maíz-tortilla. México DF, México. 15 p.

Gasca-Mancera, J.C. y Casas-Alencáster, N.B. (2007). Adición de harina de maíz nixtamalizado a masa fresca de maíz nixtamalizado. Efecto en las propiedades texturales de masa y tortilla. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. 6: 317-328.

INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. (2014). Cartografía geoestadística urbana, Cierre de los Censos Económicos. 11 de enero de 2017, de INEGI Sitio web: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/biblioteca/ficha.aspx?upc=702825004441>

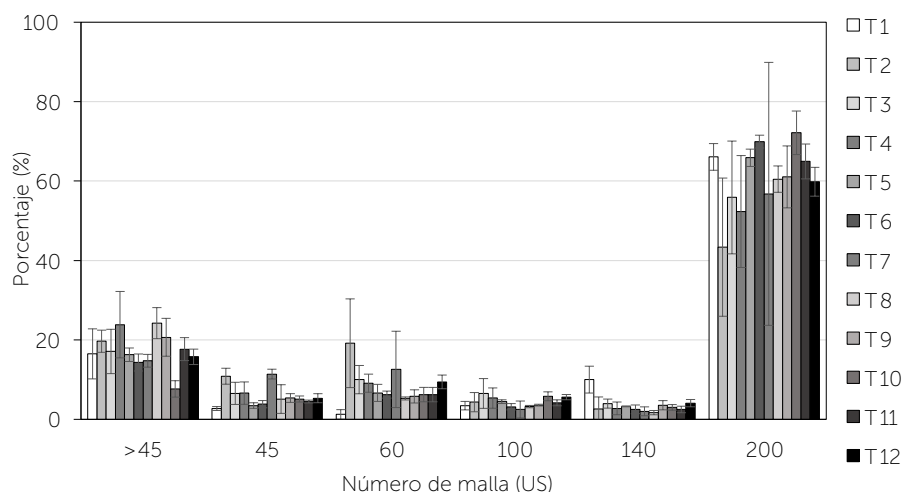


Figura 2. Distribución de partículas de masa de maíz para tortilla que pasaron en las diferentes mallas.

Kassié, D., Roudot, A., Dessay, N., Piermay, J.L., Salem, G. and Fournet, F. (2017). Development of a spatial sampling protocol using GIS to measure health disparities in Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, a medium-sized African city. *International Journal of Health Geographics* 16:14. doi: 10.1186/s12942-017-0087-7.

Martínez-Flores, H. E., Gaytán-Martínez, M., Figueroa-Cárdenas, J.D., Martínez-Bustos, F., Reyes-Vega, M.L. y Rodríguez-Vidal, A. (2004). Effect of some preservatives on shelf-life of corn tortillas obtained from extruded masa. *Agrociencia* 38: 285-292.

Robles, R. R., Murray, E.D. and Paredes-López, O. (1988). Physicochemical changes of maize starch during the lime-heat treatment for tortilla making. *International Journal of Food Science and Technology* 23: 91-98.

R Core Team (2017). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

QGIS Development Team. GIS Geographic Information System. (2016). Open Source Geospatial Foundation Project. <http://www.qgis.org/>.

RStudio Team. RStudio: Integrated Development for R. RStudio, Inc. (2017). Boston, MA.

Sánchez-Tovar, S. A., Salazar-Zazueta, A., Mena-Iniesta, B., and Durán de Bazúa, C. (2004). Viscoamylographic studies on *Zea mays* [Mexican white Tuxpeño maize] partial gelatinization with calcium hydroxide. *Starch-Stärke* 56: 526-534.

Trejo-González, A., Feria-Morales, A., and Wild-Altamirano, C. (1982). The role of lime in the alkaline treatment of corn for tortilla preparation. *Advances in Chemistry* 198: 245-263.

Vázquez-Carrillo, M.A., Ávila-Uribe, G., Hernández-Montes, A, Castillo-Merino, J. y Angulo-Guerrero, O. (2011). Evaluación sensorial de tortillas de maíz recién elaboradas y empacadas. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 2:161-167

Wang, J. F., Stein, A., Gao, B.B., and Ge, Y. (2012). A review of spatial sampling. *Spatial Statistics* 2: 1-14.

Zazueta, C., G. Ramos, Fernández-Muñoz, J. L., Rodríguez, M.E., Acevedo-Hernández, G. and Pless, R.C. (2002). A radioisotopic study of the entry of calcium ion into the maize kernel during nixtamalization. *Cereal Chemistry* 79: 500-503.

Evaluation of pro-oxidizing agents that influence the quality of chicken meat

Evaluación de los agentes pro-oxidantes que influyen en la calidad de la carne de pollo

Damián-Hernández, Xochitl¹, Hernández-Cázares, Aleida S.^{1*}, Hidalgo-Contreras, Juan V.¹, Recillas-Mota, Maricarmen T.², Gómez-Merino, Fernando C.¹, Ríos-Corripio, M. A.³

¹Colegio de Postgraduados. Campus Córdoba. Amatlán de los Reyes, Veracruz, México, C. P. 94946. ²Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo. Unidad Hermosillo. Hermosillo, Sonora, México, C. P. 83304. ³CONACYT-Colegio de Postgraduados. Campus Córdoba. Amatlán de los Reyes, Veracruz, México, C. P. 94946.

*Autor para correspondencia: aleyse@colpos.mx

ABSTRACT

Objective: To analyze the main exogenous pro-oxidizing agents in chicken breast meat and its effect on the oxidative phenomenon.

Design/methodology/approach: Chicken breast (*Pectoralis major*) in the form of patties (25 g) was used to establish the different treatments: T1 - ground chicken breast, T2 - freeze and thaw cycle, T3 - vacuum packed, T4 - dehydrated, T5 - cooking in a water bath, T6 - addition of NaCl, T7 - cooking on the grill and T8 - exposure to LED light. After treatment, they were stored at 4 °C for 15 d and analyzed at 0, 3, 6, 9, 12 and 15 d. The variables analyzed were weight loss, color, pH, titratable acidity and 2-ThioBarbituric Acid Reactive Substances (TBARS), using a completely randomized design (DCA), with an analysis of variance (ANOVA) and means comparison test (Tukey; $P \leq 0.05$).

Results: It was confirmed that ground chicken meat, subjected to heat treatment (grilled-T7 and water bath-T5) and stored in refrigeration at 4 °C, exhibited greater pro-oxidant action reflected in the greater weight losses, luminosity and TBARS.

Limitations/implications: Not having different levels of oxidative application in each treatment.

Findings/conclusions: It is possible to understand the lipid oxidation of chicken meat under the study of the application of different pro-oxidizing agents.

Keywords: Heat treatments, lipid oxidation, meat products.

RESUMEN

Objetivo: Analizar los principales agentes pro-oxidantes exógenos en carne de pechuga de pollo y su efecto en el fenómeno oxidativo.

Diseño/metodología/aproximación: Pechuga de pollo (*Pectoralis major*) en forma de patties (25 g) se utilizó para establecer los diferentes tratamientos: T1 - pechuga de pollo molida, T2 - ciclo de congelación y descongelación, T3 - envasadas al vacío, T4 - deshidratado, T5 - cocción en baño María, T6 - adición de NaCl, T7 - cocción a la parrilla y T8 - exposición a luz LED. Posterior al tratamiento se almacenaron a 4 °C 15 d y se analizaron a 0, 3, 6, 9, 12 y 15 d. Las variables analizadas fueron pérdida de peso, color, pH, acidez titulable y sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS), mediante un diseño completamente al azar (DCA), con un análisis de varianza (ANOVA) y prueba de comparación de medias (Tukey; $P \leq 0.05$).

Agroproductividad: Vol. 13, Núm. 2, febrero, 2020. pp: 15-21.

Recibido: octubre, 2019. **Aceptado:** enero, 2020.

Resultados: Se confirmó que la carne de pollo molida, sometida a tratamiento térmico (cocción a la parrilla-T7 y baño María-T5) y almacenada en refrigeración a 4 °C, presentó mayor acción pro-oxidante reflejado en las mayores pérdidas de peso, luminosidad y TBARS.

Limitaciones/implicaciones: No contar con diferentes niveles de aplicación oxidativo para cada tratamiento.

Hallazgos/conclusiones: Es posible entender la oxidación lipídica de la carne de pollo bajo el estudio de la aplicación de diferentes agentes pro-oxidantes.

Palabras clave: Tratamientos térmicos, oxidación lipídica, productos cárnicos.

En este contexto, la presente investigación se enfocó a evaluar los principales pro-oxidantes que afectan la calidad de la carne de pollo, como el oxígeno, tratamientos térmicos, adición de NaCl, exposición a la luz, ciclos de congelado y descongelado, así como la humedad de la carne, con el fin de identificar que agente o interacción de ellos con el tiempo de almacenamiento en refrigeración generan efectos marcados sobre la oxidación lipídica de la carne de pollo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia prima

La evaluación de los agentes pro-oxidantes se realizó en carne de pechuga de pollo (*Pectoralis major*), obtenidas del mismo lote con 6 h *post-mortem*, tratada térmicamente (4 °C) para su proceso de conversión de músculo a carne. Para ello se retiró la piel, el hueso y grasa visible de la pechuga, se trituró en molino marca Torrey® Modelo M-22RW con cedazo TORREY CI-22 3/8 F y se moldeó en forma de patties (carne tipo hamburguesa) de 25 g con un diámetro de 40 mm.

Preparación de las muestras

Para el estudio se sometió a la carne de pechuga de pollo a diferentes agentes pro-oxidantes, se elaboraron patties con las siguientes características: T1 - pechuga de pollo molida, T2: sometidas a congelación (-20 °C) y descongelación (hasta 6 °C durante 8 h), T3: envasadas al vacío (98 %), T4: sometidas a deshidratación a 70 °C durante 18 h en estufa de aire, T5: sometidas a cocción por inmersión en baño María (BM) hasta alcanzar una temperatura interna de 75 °C, T6: adicionadas con 2 g 100 g⁻¹ de NaCl, T7: cocinadas a la parrilla a 280 °C, 3 min por cada lado, T8: expuestas a la luz LED (900

INTRODUCCIÓN

Las características físicas y químicas de la carne, la hacen un sistema complejo y muy susceptible a la oxidación (Wood *et al.*, 2008). Tanto la oxidación lipídica como proteica, resultan en una gran cantidad de reacciones químicas, que generan cambios de color, textura y producen compuestos volátiles responsables del sabor y aroma, condiciones determinantes en la aceptación de la carne por el consumidor. Así, el nivel de oxidación en la carne depende de varios factores intrínsecos y extrínsecos, entre los que destacan la especie, el tipo de músculo, la edad y la dieta del animal, mismos que determinan la cantidad y calidad de los ácidos grasos (Estévez, 2017).

Los factores pro-oxidantes endógenos como el hierro (Fe), la mioglobina (Mb), el peróxido de hidrógeno (H₂O₂) y pro-oxidantes exógenos como el oxígeno tienen también un efecto en la oxidación generando radicales libres (Estévez, 2011). Los fenómenos de fotooxidación (Lázaro *et al.*, 2014) generados por irradiación gamma o la luz a la que se expone la carne durante el proceso y la comercialización; los métodos de conservación de congelación y descongelación (Ali *et al.*, 2015). Los empaques permeables a la luz y al oxígeno (Tang *et al.*, 2001) y los métodos de preparación de los alimentos por cocción, pueden propiciar cambios de estado de la Mb ya sea a nivel industrial, comercial o casero contribuyen en conjunto con los factores intrínsecos a deteriorar la calidad sensorial y nutritiva de la carne y de los productos cárnicos (Estévez, 2015). Además, la presencia de sales de sodio provocan oxidación de la carne, las cuales podrían liberar el ion de hierro de la Mb, proveyendo de hierro libre para catálisis de oxidación lipídica (Tang *et al.*, 2001).

La carne de pollo contiene 1.30 mg g⁻¹ de ácidos grasos monoinsaturados y 0.70 mg g⁻¹ de poliinsaturados (Tang *et al.*, 2001), característica que la hace susceptible a la oxidación. Por lo que su estabilidad oxidativa depende no solo de la presencia de varios agentes pro-oxidantes durante su manejo, sino también de compuestos antioxidantes naturales presentes en la carne (péptidos bioactivos, glutatión, vitamina E, polifenoles y coenzimas como la Q10) (Mattila y Kumpulainen, 2001) enzimas (superóxido dismutasa, catalasa y glutatión peroxidasa) (Shahidi, 2016).

lúmenes). Una vez se aplicó el tratamiento, todas las patties se envasaron en bolsas de cierre hermético, se almacenaron en refrigeración a 4 °C y se analizaron fisicoquímicamente a los 0, 3, 6, 9, 12, 15 d, por triplicado.

Análisis fisicoquímicos

Pérdidas de peso. El cálculo del porcentaje de pérdidas de peso se obtuvo según la metodología establecida por Rahman *et al.* (2015). Para ello se pesó la muestra antes y después del proceso de cocción o almacenamiento y después de atemperar al ambiente, según lo describe Lee y Bae (2017), con las modificaciones de cocción de cada tratamiento.

Color. La determinación del color se realizó con un colorímetro marca Konica Minolta®, Modelo CR 400, en la escala CIELAB (L* a* b*), L* (luminosidad de negro a blanco), a* (-verde a +rojo) b* (-Azul a +amarillo), en cada tiempo de almacenamiento.

pH. La determinación del pH se realizó con base en la metodología propuesta por Guerrero-Legarreta *et al.* (2002) con un potenciómetro marca Thermo Scientific®, modelo Orion 3 Star.

Acidez titulable. La determinación de la acidez titulable se realizó con base en el método 947.05 de la AOAC (1990). Se tomó como blanco agua bidestilada, se reportó como % de ácido láctico mediante el uso de la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de ácido láctico} = \frac{(V - Vb) \times (N \text{ NaOH}) \times (\text{meq}) \times (fd)}{\text{peso de la muestra}} \times 100$$

donde *V*, corresponde al volumen de NaOH gastado; *Vb*, volumen de NaOH gastado en el blanco; *N*, *NaOH*, normalidad del hidróxido de sodio; *meq*, miliequivalentes del ácido láctico y *fd*, factor de dilución.

Sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS). La determinación de sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS) se realizó por el método de destilación descrito por Tarladgis *et al.* (1960) con algunas modificaciones. Los TBARS se reportó como mg MDH kg⁻¹.

Análisis estadístico

Se diseñaron ocho tratamientos bajo un diseño estadístico completamente al azar (DCA) con tres repeticiones. El modelo estadístico fue el siguiente:

$$y_{ijk} = \mu + \tau_i + \text{tiempo}_j + (\tau * \text{tiempo})_{ij} + e_{ijk}$$

$$\text{con } i=1,2,3,4,5,6,7,8 \quad j=1,2,3,4,5,6 \quad \text{y } k=1,2,3$$

donde: *y_{ijk}* es la variable respuesta del *i*-ésimo tratamiento en el *j*-ésimo tiempo y la *k*-ésima repetición; μ es la media global; τ_i es el efecto fijo del *i*-ésimo tratamiento; *tiempo_j* es el efecto fijo del *j*-ésimo tiempo; $(\tau * \text{tiempo})_{ij}$ es el efecto combinado de la interacción del *i*-ésimo tratamiento con el *j*-ésimo tiempo; *e_{ijk}* es el error experimental aleatorio el cual se asume independiente e idénticamente distribuido normal con media cero y varianza.

El análisis se realizó con el procedimiento GLIMMIX del paquete estadístico SAS® versión 9.4. Las comparaciones de las medias fue a través de la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Asimismo, se realizó la prueba de correlación de Pearson, para identificar el grado de correlación entre las variables.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis fisicoquímicos

Pérdidas de peso. Las patties deshidratadas (T4), perdieron por efecto del tratamiento inicial el 70.18 % de peso; sin embargo, al ser almacenadas en refrigeración, éstas mantuvieron una pérdida constante del 1.12 % (Figura 1). Para el T7 y el T5 se observó una pérdida del 2.58 % y 1.97 % tras aplicar el tratamiento de cocción, y de 10.44 % y 6.92 % respectivamente (Cuadro 1). Esto es debido a que durante el calentamiento de la carne se producen cambios físicos tales como la contracción del tejido, la liberación de líquidos, decoloración de la carne y reducción de sustratos (Guerrero-Legarreta, 2010). Además, la capacidad de retención de agua (CRA) de la carne depende de las estructuras miofibrilares, particularmente la miosina (Ali *et al.*, 2015); y éstas a su vez de fuerzas iónicas, el pH y la oxidación, datos que a su vez coinciden con los valores más altos de oxidación obtenidos en TBARS (Cuadro 1).

O'Neill *et al.* (1999) y Tang *et al.* (2001) reportaron un incremento en la oxidación atribuido a la adición de NaCl y al proceso de cocción; sin embargo, el nivel de adición de NaCl en este estudio (2 g 100 g⁻¹) no aceleró la oxidación lipídica (0.34 ± 0.17 mg MDH kg⁻¹), reflejándose en la escasa pérdida de peso, sin diferencias significativas ($P \leq 0.05$) con las patties de T1 y T8. Beltran *et al.* (2003) corroboran lo sucedido en el T1, al indicar que el procesamiento mecánico (molienda) no afecta la oxidación de

la carne de pollo, solo es una característica de calidad que promueve la pérdida de agua, por el cambio en la estructura de la carne y aspecto que se reflejara en el color de la misma.

Color. La medición de color mostró en su análisis estadístico que la interacción del tiempo de almacenamiento en refrigeración en cada tratamiento no fue significativa, pero si entre tratamientos (Cuadro 1). En luminosidad, los tratamientos con procesos de cocción en baño María y a la parrilla (T5 y T7), fueron los que mayor valor presentaron, con diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) al resto de los tratamientos (Cuadro 1). Ali *et al.* (2015) consideraron que un aumento en los valores de luminosidad es debido a desnaturalización proteica por efecto del tratamiento térmico. Además, Guerrero-Lagarreta, (2010) indica que el proceso de cocción a altas temperaturas provoca cambios de color en la carne debido principalmente a la reacción de Maillard, como se observa en el T4, con valores de luminosidad bajos y altos valores de a^* , debido a un cambio visible a color marrón.

Para la carne empacada al vacío (T3), los valores de L^* se mantuvieron similares a los T1, T2 y T8; presentaron valores de b^* ligeramente por arriba de los tratamientos en crudo en presencia de oxígeno, siendo diferente estadísticamente solo con T6. Asimismo, un valor bajo de pH promueve la oxidación de la Mb, y con una alta dispersión de luz la Mb incrementa la absorción selectiva

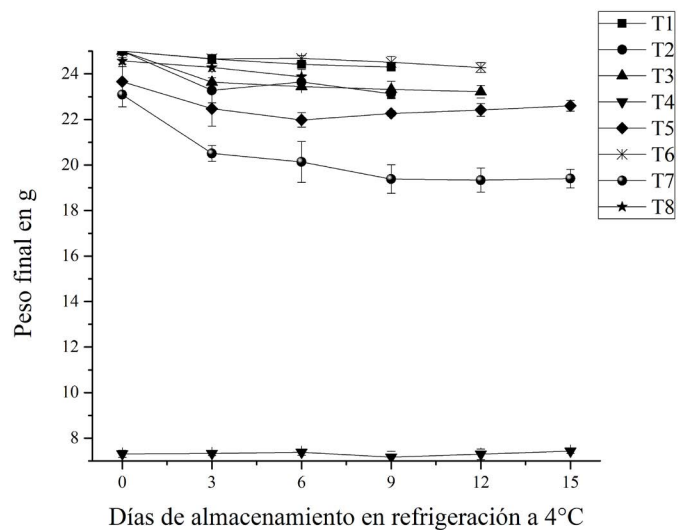


Figura 1. Análisis de la pérdida de peso final de la patties de pechuga de pollo sometida a diferentes agentes pro-oxidantes y almacenada en refrigeración a 4 °C.

T1: patties de pechuga de pollo molida, T2: patties sometidas a congelación (-20 °C) y descongelación (hasta 6 °C durante 8 h), T3: patties envasada al vacío, T4: patties sometidas a deshidratación a 70 °C durante 18 h en estufa de aire, T5: patties sometidas a cocción por inmersión en baño María hasta alcanzar una temperatura interna de 75 °C; T6: patties adicionadas con 2 g 100 g⁻¹ de NaCl; T7: patties cocinadas a la parrilla a 280 °C, 3 min por cada lado, T8: patties expuestas a la luz LED (900 lúmenes) durante 15 d.

de luz verde, lo que resulta en una carne que parece menos roja y más amarilla (Castellini *et al.*, 2002); como se observó al comparar el T3 (pH más bajo) con el resto de los tratamientos en crudo en presencia de oxígeno.

Cuadro 1. Medias del efecto de diferentes agentes pro-oxidantes sobre carne de pechuga de pollo en forma de patties almacenada en refrigeración a 4 °C ± SD.

Tratamientos analizados ± SD*	Variables respuesta						
	Pérdidas de peso (%)	pH	Acidez (% de ácido láctico)	TBARS (mg MDH kg ⁻¹)	Color		
					L*	a*	b*
1	1.55±1.18 ^{ba}	6.24±0.39 ^{ba}	0.03±0.26 ^{cd}	0.17±0.05 ^c	52.33±3.03 ^{cb}	-0.15±1.05 ^c	23.50±5.92 ^{ba}
2	4.59±3.17 ^{bc}	6.14±0.31 ^{ba}	0.03±0.14 ^b	0.25±0.05 ^c	51.99±4.59 ^{cb}	-0.32±1.2 ^c	22.84±7.59 ^{ba}
3	5.46±2.88 ^c	5.98±0.15 ^b	0.03±0.18 ^a	0.18±0.04 ^c	52.67±5.71 ^b	1.24±1.67 ^{cb}	26.15±4.7 ^a
4	1.12±26.65 ^f	6.17±0.1 ^{ba}	0.02±0.36 ^e	0.68±1.11 ^c	37.45±6.46 ^d	15.88±4.15 ^a	26.85±7.82 ^a
5	6.92±4.07 ^d	6.25±0.23 ^a	0.02±0.33 ^d	3.13±1.74 ^b	78.56±6.62 ^a	2.81±0.96 ^b	21.75±5.78 ^{ba}
6	1.47±1.19 ^a	6.23±0.30 ^a	0.03±0.3 ^{cd}	0.34±0.17 ^c	45.66±8.14 ^c	0.03±1.02 ^c	19.63±5.5 ^b
7	10.44±3.05 ^e	6.15±0.19 ^{ba}	0.03±0.28 ^{cd}	4.84±3.06 ^a	76.88±3.18 ^a	1.70±0.82 ^{cb}	27.03±3.77 ^a
8	2.26±1.76 ^{bac}	6.37±0.4 ^a	0.03±0.21 ^{cb}	0.21±0.08 ^c	52.94±4.23 ^b	-0.48±0.95 ^c	24.27±4.02 ^{ba}
LSD	2.77	0.26	0.16	1.27	6.88	2.24	6.74

^{ab} Las medias entre columnas que no comparten letras iguales son significativamente diferentes según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). LSD: diferencia mínima significativa. T1: patties de pechuga de pollo molida, T2: patties sometidas a congelación (-20 °C) y descongelación (hasta 6 °C durante 8 h), T3: patties envasada al vacío, T4: patties sometidas a deshidratación a 70 °C durante 18 h en estufa de aire, T5: patties sometidas a cocción por inmersión en baño maría hasta alcanzar una temperatura interna de 75 °C; T6: patties adicionadas con 2 g 100 g⁻¹ de NaCl; T7: patties cocinadas a la parrilla a 280 °C, 3 min por cada lado, T8: patties expuestas a la luz LED (900 lúmenes) durante 15 d.

pH. En el análisis de pH, las patties de pechuga de pollo bajo T1, T5, T6 y T8 mostraron diferencias significativas con las T3. Éste último presentó los menores valores de pH con un promedio de 5.98 (Cuadro 1) y se mantuvo constante durante 9 d, indicando buena estabilidad durante su almacenamiento en refrigeración. Guerrero-Legarreta (2010) indica que una atmósfera ausente de oxígeno evita el crecimiento de bacterias mesófilas y psicótrofas que podrían ser responsables, junto con otros factores, del aumento de pH.

La carne con un valor de pH alto muestra mayor solubilidad de proteínas, condición similar se observa en procesos de congelación, sin importar el pH inicial de la carne, atribuyendo dicha desnaturalización a reacciones enzimáticas. Sin embargo, en este estudio la carne con un ciclo de congelación y descongelación (T2) no se vio afectada por la oxidación, pero presentó un claro aumento de pH durante su almacenamiento (Cuadro 1). Mientras, Ali et al. (2015), reportaron oxidación lipídica a partir del cuarto ciclo de congelación y descongelación, sustentando que un ciclo de congelación no afectó las características de calidad de la carne, como fue en este caso. Así, aun cuando T4, T5 y T7 mostraron un valor inicial alto de pH, por efecto del mismo tratamiento, éste se mantuvo constante durante el almacenamiento, pero con mayores valores de oxidación lipídica.

Castellini et al. (2002), indicaron que el pH afecta la estructura de las miofibrillas y en consecuencia en la CRA y cambios en el color, que en conjunto caracterizan el fenómeno oxidativo. El T8 y T1 en promedio alcanzaron los valores de pH más altos, con diferencias estadísticas, indicando que, en muestras crudas, el tratamiento empleado para su almacenamiento, puede influir en el deterioro de la calidad de la carne de pollo.

Acidez titulable. En el análisis de acidez titulable, el T3 presentó el valor promedio más alto (Cuadro 1), encontrando diferencias significativas ($P \leq 0.05$) con el T4 con los valores más bajos y el resto de los tratamientos, manteniendo su vida útil hasta el día 15. Esto puede atribuirse a la baja a_w de este tratamiento por efecto de la deshidratación y a su oposición al crecimiento microbiano. Chouliara et al. (2007) contemplan que la vida útil de la carne fresca de pollo es de 5 d almacenada en refrigeración a 4 °C. En este estudio el T3 y T6 se mantuvieron por un periodo de 12 d; siendo el T3 el que mantuvo un valor constante de pH y acidez durante todo el periodo de almacenamiento (Cuadro 1). Este periodo de resisten-

cia es atribuido a la ausencia de oxígeno en el T3 y a la reducción de a_w en el T6, por las sales añadidas.

Sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico. En relación a TBARS, los T5 y T7 fueron diferentes estadísticamente entre ellos y con el resto de los tratamientos (Cuadro 1), indicando que las patties sometidas a procesos térmicos, generan en la carne de pechuga de pollo el mayor grado de oxidación (Figura 2). En estos tratamientos el tiempo y temperatura, así como la exposición directa de la muestra al tratamiento térmico jugaron un papel clave en la oxidación de la carne.

Pathera et al. (2016) observaron una menor oxidación lipídica en carne cocinada al vapor que aquella cocinada en horno y en microondas, indicando que el método de procesamiento térmico genera en el producto, cambios en su calidad sensorial y nutritiva. En tanto, Min et al. (2010) observaron un aumento en los valores de mg de malondialdehído (MDH) kg^{-1} en patties de pechuga de pollo cocida en baño de agua a 95 °C y almacenadas a 4 °C, cuando además se les adicionaba 1.5 % de NaCl, indicando que la adición de sodio tiene mayor efecto al suministrarla en productos con procesamiento térmico.

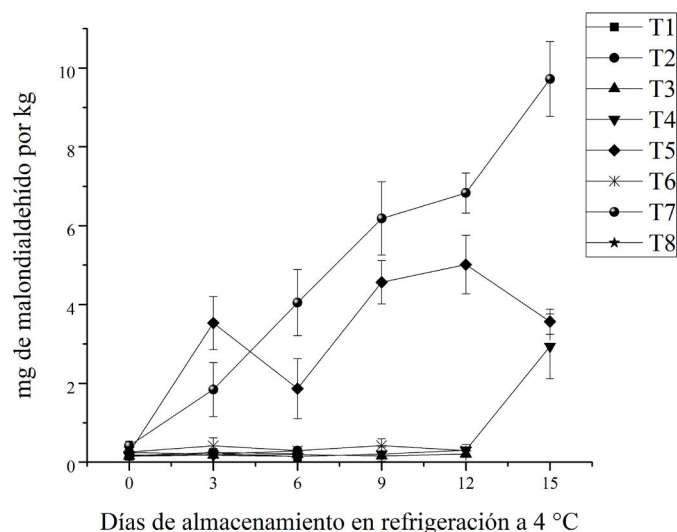


Figura 2. Comportamiento de las sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico, expresada en mg kg^{-1} de MDH de pechuga de pollo sometida a diferentes agentes pro-oxidantes y almacenada en refrigeración a 4 °C.

T1: patties de pechuga de pollo molida, T2: patties sometidas a congelación (-20 °C) y descongelación (hasta 6 °C durante 8 h), T3: patties envasada al vacío, T4: patties sometidas a deshidratación a 70 °C durante 18 h en estufa de aire, T5: patties sometidas a cocción por inmersión en baño maría hasta alcanzar una temperatura interna de 75 °C; T6: patties adicionadas con 2 g 100 g^{-1} de NaCl; T7: patties cocinadas a la parrilla a 280 °C, 3 min por cada lado, T8: patties expuestas a la luz LED (900 lúmenes) durante 15 d.



En este estudio para los tratamientos con procesamiento térmico (T5 y T7) se obtuvieron los valores más altos de TBARS (Cuadro 1). Mirzaei *et al.* (2017) reportaron en carne de pechuga de pollo cocinada en microondas y almacenada 24 h a 4 °C, un valor 4.23 mg kg⁻¹ de TBARS. La oxidación lipídica se relaciona con un daño en la membrana celular cuando se utilizan tratamientos térmicos (Beltran *et al.*, 2003), así como con la cantidad de grasa, ácidos grasos poliinsaturados y contenido de hierro (Tang *et al.*, 2001), siendo más resistente la carne de pollo que las carnes rojas (Min *et al.*, 2010).

Min *et al.* (2010) observaron que la adición de NaCl (1.5 g 100 g⁻¹) y la mioglobina presente (5 mg g⁻¹ del producto final), no afectaron la oxidación de carne de pollo cruda, corroborando lo obtenido en este estudio para el T6. La pechuga de pollo cruda tiene alta capacidad antioxidante, debido al bajo contenido de hierro iónico libre (Min *et al.*, 2010). Lázaro *et al.* (2012) mostraron valores iniciales de MDH en carne de pollo cruda en un rango de 0.10-0.25 mg kg⁻¹, datos similares a los reportados en este estudio para los tratamientos en crudo (Cuadro 1). Chouliara *et al.* (2007) reportan valores de MDH hasta 0.9 g kg⁻¹ en pechuga entera de pollo almacenada a 4 °C, en este caso se observó este mismo comportamiento durante 12 d en los T1, T2, T3, T6 y T8, donde, pueden considerarse dentro de los valores aceptados como normales. El T4 mostró un aumento marcado de TBAR hasta el día 15 de almacenamiento (Figura 2). Este tratamiento también fue sometido a un proceso térmico para lograr la deshidratación; sin embargo, no

alcanzó las temperaturas del T5 y T7, donde la oxidación lipídica fue más evidente.

Al analizar el coeficiente de correlación de Pearson se pudo observar el grado de relación de la variable TBARS de manera positiva con la luminosidad de 0.517 ($P \leq 0.0001$) y las pérdidas de peso de 0.674 ($P \leq 0.0001$) y una correlación negativa con la acidez titulable de -0.282 ($P = 0.003$); es decir, estas variables aumentan al aumentar la oxidación lipídica. Asimismo, la acidez titulable del producto disminuye debido al aumento de pH registrando un coeficiente de correlación entre estas dos variables de -0.497 ($P < 0.0001$). Lo anterior caracteriza el comportamiento de los tratamientos en este estudio.

CONCLUSIONES

Los agentes pro-oxidantes probados en este estudio, indicaron que la carne de pechuga de pollo molida, moldeada en forma de patties y almacenada en refrigeración a 4 °C, sometida a tratamiento térmico a altas temperaturas, a la parrilla o por inmersión en agua, afectaron el producto cárnico, siendo el principal factor pro-oxidante externo en la carne, reflejado por su alto contenido de MDH. El nivel de oxidación mostró una correlación directa positiva con las variables pérdida de peso y luminosidad, para la carne que se sometió a tratamiento térmico. No obstante, dichos tratamientos conservaron el producto cárnico durante 15 d, periodo superior en relación con la carne cruda almacenada en refrigeración.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Maestría en Ciencias en Innovación Agroalimentaria Sustentable y al LGAC 2 del Colegio de Postgraduados Campus Córdoba, así como al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por su apoyo para realizar esta investigación.

LITERATURA CITADA

- AOAC 1990. Acidez titulable. 947.05. In Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist (AOAC). 15th ed. Washington DC.
- Ali, S., Zhang, W., Rajput, N., Khan, M. A., Li, C., & Zhou, G. (2015). Effect of multiple freeze-thaw cycles on the quality of chicken breast meat. *Food Chemistry*, 173, 808–814. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.09.095>
- Beltran, E., Pla, R., Yuste, J., & Mor-Mur, M. (2003). Lipid oxidation of pressurized and cooked chicken: role of sodium chloride and mechanical processing on TBARS and hexanal values. *Meat Science*, 64(1), 19–25. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(02\)00132-8](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(02)00132-8)
- Castellini, C., Mugnai, C., & Dal Bosco, A. (2002). Effect of organic production system on broiler carcass and meat quality. *Meat Science*, 60(3), 219–225. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(01\)00124-3](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(01)00124-3)
- Chouliara, E., Karatapanis, A., Savva, I. N., & Kontominas, M. G. (2007). Combined effect of oregano essential oil and modified atmosphere packaging on shelf-life extension of fresh chicken breast meat, stored at 4°C. *Food Microbiology*, 24(6), 607–617. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2006.12.005>
- Estévez, M. (2011). Protein carbonyls in meat systems: A review. *Meat Science*, 89(3), 259–279. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.04.025>
- Estévez, M. (2015). Oxidative damage to poultry: from farm to fork. *Poultry Science*, 94(6), 1368–1378. <https://doi.org/10.3382/ps/pev094>
- Estévez, M. (2017). What's new in meat oxidation? En *New Aspects of Meat Quality* (pp. 91–109). <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100593-4.00006-0>
- Guerrero-Legarreta, I., Pérez-Chabela, M. de L., & Ponce-Alquicira, E. (2002). Curso práctico de tecnología de carnes y de pescado. Unidad Autónoma Metropolitana, Unidad Ixtapalapa, 171.

- Guerrero-Legarreta, Isabel (Ed.). (2010). Handbook of poultry science and technology. Recuperado de https://ubblab.weebly.com/uploads/4/7/4/6/47469791/handbook_of_poultry_science_and_technology.pdf
- Lázaro, C. A., Conte-Júnior, C. A., Monteiro, M. L. G., Canto, A. C. V. S., Costa-Lima, B. R. C., Mano, S. B., & Franco, R. M. (2014). Effects of ultraviolet light on biogenic amines and other quality indicators of chicken meat during refrigerated storage. *Poultry Science*, 93(9), 2304–2313. <https://doi.org/10.3382/ps.2013-03642>
- Lázaro, C. A., Conte-Júnior, C. A., Canto, A. C. V. da C. S., Lucia, M., Monteiro, G., Lima, B. R. C. da C., & Franco, R. M. (2012). Biochemical changes in alternative poultry meat during refrigerated storage. *Revista Brasileira de Ciência Veterinária*, 19(3), 195–200. <https://doi.org/10.4322/rbcv.2014.108>
- Lee, H.-S., & Bae, D.-H. (2017). Changes in the shelf life of frozen pork patties containing 10 and 15 percent fat according to different storage temperatures. *British Food Journal*, 120(1), 224–239. <https://doi.org/10.1108/BFJ-02-2017-0109>
- Mattila, P., & Kumpulainen, J. (2001). Coenzymes Q9 and Q10: Contents in Foods and Dietary Intake. 9. <https://doi.org/10.006/jfca.2000.0983>
- Min, Byungrok, Cordray, J. C., & Ahn, D. U. (2010). Effect of NaCl, myoglobin, Fe(II), and Fe(III) on lipid oxidation of raw and cooked chicken breast and beef loin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(1), 600–605. <https://doi.org/10.1021/jf9029404>
- Mirzaei, A., Afshoon, A., & Barmak, M. J. (2017). Antioxidant activity of meat from chicken and goat cooked in microwave cooking system. *International journal of advanced biotechnology and research*, 8(2), 1090–1094.
- O'Neill, L. M., Galvin, K., Morrissey, P. A., & Buckley, D. J. (1999). Effect of carnosine, salt and dietary vitamin E on the oxidative stability of chicken meat. *Meat Science*, 52(1), 89–94. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(98\)00152-1](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(98)00152-1)
- Pathera, A. K., Riar, C. S., Yadav, S., & Singh, P. K. (2016). Effect of cooking methods on lipid oxidation, microbiological and sensory quality of chicken nuggets under refrigerated storage. *Cogent Food & Agriculture*, 2(1). <https://doi.org/10.1080/23311932.2016.1232472>
- Rahman, M. H., Hossain, M. M., Rahman, S. M. E., Amin, M. R., & Oh, D.-H. (2015). Evaluation of physicochemical deterioration and lipid oxidation of beef muscle affected by freeze-thaw cycles. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 35(6), 772–782. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2015.35.6.772>
- Shahidi, F. (2016). Oxidative stability and shelf life of meat and meat products. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1016/B978-1-63067-056-6.00010-0>
- Tang, S., Kerry, J. P., Sheehan, D., Buckley, D. J., & Morrissey, P. A. (2001). Antioxidative effect of added tea catechins on susceptibility of cooked red meat, poultry and fish patties to lipid oxidation. *Food Research International*, 34(8), 651–657. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(00\)00190-3](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(00)00190-3)
- Tarladgis, B. G., Watts, B. M., Younathan, M. T., & Dugan, L. (1960). A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 37(1), 44–48. <https://doi.org/10.1007/BF02630824>
- Wood, J. D., Enser, M., Fisher, A. V., Nute, G. R., Sheard, P. R., Richardson, R. I., Whittington, F. M. (2008). Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Science*, 78(4), 343–358. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.07.019>



Diversity of cropping systems and agroecological transition: case study in Northern Sierra of the State of Puebla, Mexico

Diversidad de sistemas de cultivo y transición agroecológica: estudio de caso en la Sierra Norte del estado de Puebla, México

Espidio-Balbuena, Juan¹; Navarro-Garza, Hermilio^{1*}; Flores-Sánchez, Diego¹; Báez-Pérez, Aurelio²

¹Colegio de Postgraduados. Texcoco, Estado de México, México. C. P. 56230. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Celaya, Guanajuato, México. C. P. 38110.

*Autor para correspondencia: hermnava@colpos.mx

ABSTRACT

Objective: To contribute to characterize the diversity and functioning of cropping systems of four communities in the Northern Sierra of the state of Puebla, Mexico, to propose actions through sociotechnical practices in order to contribute towards an agroecological transition and territorial sustainability.

Design and methodology: Surveys were applied to key informants in four communities, afterwards a stratified random sampling (SRS) was used to apply a questioner to 76 family systems and their main plot. R program ver. 3.5.2. was used to test normality, basic statistics, ANOVA and HSD Tukey.

Results: Family systems have 2.21 ha for farming, main plot is 0.74 ha on average. Six cropping systems were identified, and they are practiced by families in different proportions: 1) maize, collecting weeds and fruits (Mmr), 47.37% of families; 2) coffee monoculture (Uc), 15.79%; 3) split plot (Pd), 11.84%; 4) maize-bean intercrop with collecting (Amfr), 10.53%; 5) fruits and annual crops intercrops (Afa), 9.21%; 6) Other cropping systems (Osc), 5.26%. There were identified eight crops and 16 collecting species. Pd system had statistical advantage related to production value.

Limitation: Management strategies are explained at family farming system scale.

Conclusions: Cropping systems show a diversity of farming management, and due to their knowledge, local resources and socio technical practices evidence a favourable state for the agroecological transition of the territorial agriculture.

Key words: Regional agriculture, cropping systems, diversity, agroecological practices.

RESUMEN

Objetivo: Contribuir a caracterizar la diversidad y funcionamiento de los sistemas de cultivo de cuatro localidades de Sierra Norte del estado de Puebla, México, para proponer acciones mediante prácticas sociotécnicas que contribuyan hacia una transición agroecológica y la sustentabilidad territorial.

Diseño y metodología: Entrevistas a personas clave en cuatro comunidades, posteriormente muestreo aleatorio estratificado (MAE) y selección de 76 sistemas de familiares y su parcela principal, aplicación cuestionario. Utilización del programa R versión 3.5.2 para pruebas de normalidad, determinación estadísticos básicos, análisis de correlación, ANOVA y HSD Tukey.

Agroproductividad: Vol. 13, Núm. 2, febrero. 2020. pp: 23-29.

Recibido: octubre, 2019. **Aceptado:** enero, 2020.

Resultados: El sistema productivo familiar dispone de 2.21 ha de uso agrícola, la parcela principal en promedio 0.74 ha. Seis modalidades de sistemas de cultivo: 1) maíz con recolección de arvenses y frutas (Mmr) manejado por 47.37% de familias; 2) unicultivo cafeto (Uc) el 15.79%; 3) parcela dividida (Pd) el 11.84%; 4) asociación maíz-frijol con recolección de otros satisfactores (Amfr) el 10.53%; 5) asociación frutales con cultivos anuales (Afa) el 9.21%; 6) otros sistemas de cultivo (Osc) 5.26% de familias. Se registraron hasta: ocho especies agrícolas cultivadas y 16 especies de recolección. El sistema Pd muestra ventaja estadística significativa referente al valor de la producción.

Limitante: Las lógicas de manejo se explican en escala sistema producción familiar.

Conclusiones: Los sistemas de cultivo ilustran una diversidad de manejos culturales agrícolas, los cuales por sus saberes, recursos locales y prácticas sociotécnicas evidencian su estado favorable en el proceso de transición agroecológica de una agricultura territorial.

Palabras clave: Agricultura regional, sistemas de cultivo, diversidad, prácticas agroecológicas.

INTRODUCCIÓN

Los últimos 60 años el Sistema de Conocimiento, Ciencia y Tecnología (SCCTA) ha sido sustantivo para generar conocimientos e innovaciones tecnológicas considerando que su adopción ha contribuido en el incremento de la productividad y la competitividad del sistema convencional orientado al mercado y a la exportación (Armbrecht *et al.*, 2008). Además, el SCCTA no ha resaltado temas vinculados con el medio ambiente, la inclusión social, la reducción del hambre y la pobreza, y afirmación cultural, y por el contrario, los sistemas indígenas/tradicionales y agroecológicos han permanecido al margen de su agenda. Las agriculturas de las grandes regiones productoras de granos en México han experimentado diversos procesos para su modernización durante las últimas décadas, facilitados por el SCCTA. Sin embargo, según Tellez-Kuenzler (1994), desde finales del siglo XX se registraron impactos negativos por el deterioro ecológico manifiesto por reducción de mantos freá-

ticos, contaminación de las aguas, erosión de las tierras agrícolas y pérdida de superficies boscosas, siendo lo más grave la pobreza rural. A pesar que se ha favorecido la intensificación del uso del suelo mediante dos ciclos agrícolas durante el año, por ejemplo en El Bajío, se reporta que las prácticas intensivas de producción han ocasionado un severo deterioro en la calidad del suelo y de su fertilidad, debido a la poca o nula incorporación de abonos orgánicos y por la eliminación o quema de los residuos o esquilmos agrícolas (Grajeda *et al.*, 2011). También para esta región se registra que los productores que emplean excesivas cantidades de fertilizantes químicos y de plaguicidas para aumentar la producción agrícola, han generado problemas de contaminación, de incremento en los costos de producción y de su rentabilidad para la producción de granos (Báez *et al.*, 2017). Se considera que las consecuencias socioambientales han sido notables y comprometen la sustentabilidad regional, en lo general.

En un contexto de incertidumbre económica y social y de escasos beneficios para el desarrollo local y regional en numerosas regiones campesinas del agro mexicano, se reconoce la existencia “siempre presente” y trascendencia de sociedades rurales locales, apoyadas en valores, costumbres y prácticas sociotécnicas tradicionales y recientes, que en conjunto han favorecido y permitido su sobrevivencia. Estas sociedades recrean la organización colectiva y solidaria de los sistemas familiares, así como de sus sistemas locales en que se encuentran insertos. Conviviendo en comunalidad, entendida como un conjunto socio-funcional útil para gestionar sus recursos agroecosistémicos territoriales y sus estrategias de vida, de acuerdo con Rendón (2011). Las familias campesinas tienen un mejor control de los recursos naturales, sobre todo del suelo y la biodiversidad en comparación con aquellas de enfoque comercial (Léonard *et al.*, 2007). Se caracterizan por emplear prácticas sociotécnicas con rasgos de una agricultura milpera (Ávila & Castañeda, 2014), con el uso de semillas nativas propias, fuerza de trabajo familiar (Salinas-Ruíz, 2012), saberes ancestrales entre otros componentes, lo cual ha favorecido su continuidad (McMahon y Valdés, 2011). A través de la implementación de diferentes estrategias de manejo de los recursos (Carmagnani, 2008) se han configurado histórica y espacialmente diversos sistemas de cultivo, los cuales tienden a ser cambiantes. El conocimiento de realidades agrarias complejas social, económica y agrícola se visibiliza de máxima importancia consi-

derando su relevancia social por los numerosos territorios involucrados y sus recursos tangibles e intangibles diversos, necesarios en la actualidad para afianzar el desarrollo sustentable. El objetivo es contribuir a caracterizar la diversidad y funcionamiento de los sistemas de cultivo en localidades de la Sierra Norte de Puebla, para identificar y proponer prácticas sociotécnicas, que contribuyan hacia una transición agroecológica y la sustentabilidad territorial.

MATERIALES Y MÉTODOS

La estrategia metodológica se realizó bajo un enfoque participativo, el cual integró talleres, transectos territoriales, aplicación de cuestionarios y muestreo de parcelas. El territorio de la investigación se delimitó en las localidades de Carreragco, Zitlalcuautla, Hueytenantan y Tlapacholoya, pertenecientes a los municipios de Tetela de Ocampo y Cuautempan que forman parte de la región Sierra Norte del estado de Puebla, México.

En primer término, se determinó el número de familias (N) de cada localidad de manera conjunta con las autoridades locales. El número de familias (N), fue 349 (45, 78, 90 y 141 para cada localidad, respectivamente). Posteriormente se estimó el tamaño de muestra ($n=76$) bajo un diseño de Muestreo Aleatorio Estratificado (MAE), en base a los cuatro estratos (localidades) de la población objetivo, con una confiabilidad del 95% y un error máximo absoluto (d) de 0.1. Las familias o unidades de producción proporcionalmente fueron repartidas de la siguiente manera: 10 (n_1), 17 (n_2), 19 (n_3) y 30 (n_4) para las localidades respectivas. Se realizaron dos visitas a los hogares y en particular a las parcelas principales de las unidades de producción familiares, las cuales se estudiaron como sistemas de cultivo. Se realizó la aplicación de un cuestionario, para posteriormente realizar la captura y análisis de la información.

Por la naturaleza de la información se definieron las variables cualitativas y cuantitativas. Las variables cualitativas se analizaron con el programa R versión 3.5.2 para otras; se realizaron pruebas de normalidad, se obtuvieron estadísticos básicos, análisis de correlación, ANOVA y pruebas HSD Tukey realizada con un alfa de 0.05. Las variables de estudio en su mayoría no se ajustan a una curva de distribución normal, por lo cual en variables con factibilidad de realizar, se llevó a cabo la transformación de datos a logaritmo de base 10, de esta manera variables como valor de la producción anual (vpanpp), superficie de la parcela principal (suppp)

y costos anuales (cospp) fueron factibles de analizar estadísticamente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Diversidad de sistemas de cultivo. Se identificaron seis sistemas de cultivo de acuerdo con la diversidad de modalidades del manejo de especies de las parcelas principales. Los sistemas que incluyen a una sola especie cultivada o de interés principal, son los que engloban al mayor porcentaje de familias de la muestra, los cuales son: monocultivo de maíz con recolección de arvenses y frutas (Mmr 47.37%) y Unicultivo de cafeto (Uc 15.79%). Las otras modalidades fueron consideradas como sistemas de policultivo: Parcelas divididas (Pd 11.84%), Asociación maíz-frijol con recolección de hierbas (Amfr 10.53%), Asociación frutales-cultivos anuales (Afa 9.21%) y Otros sistemas de cultivo (Osc 5.26%).

Características de los sistemas de cultivo

1. Monocultivo maíz con recolección de arvenses y frutas (Mmr). Este sistema es caracterizado por un énfasis en el manejo de la población de maíz, además de la recolección de frutas como durazno (*Prunus persica*), aguacate (*Persea americana*), chirimoya (*Annona cherimola*) entre otras; y diversos productos de especies arvenses como: quintonil (*Amaranthus* spp.), endivia (*Chondrilla juncea*), tomate criollo (*Physallis* spp.), chilacayota (*Cucurbita ficifolia*), calabaza (*Cucurbita* spp.), y chayote (*Sechium edule*). En el sistema no se identifica un patrón para la siembra de árboles frutales y otros cultivos, la calabaza o la chilacayota nacen de semillas de frutos abandonados en el campo durante el ciclo anterior, los frutales se encuentran comúnmente en la periferia de la parcela y ocasionalmente dispersos en su interior; chayotes sobre los árboles frutales, arbustos o setos que la bordean. En fin, un orden relativo según diferentes lógicas campesinas.

2. Unicultivo cafeto (Uc). El sistema se caracteriza por tener como especie prioritaria al cafeto (*Coffea arabica*), las parcelas, ocasionalmente integran algún árbol de naranja, de granada roja o plátano, aunque lo común es solamente tener al cafeto como principal satisfactor y árboles de chalahuite (*Inga* spp.) como la especie que provee de sombra y leña, la cual se obtiene durante la renovación del cafetal.

3. Parcela dividida (Pd). Se caracteriza por una división clara de áreas productivas en la parcela, es decir, se destinan áreas para producir de manera separada diferentes

especies, siendo el principal objetivo facilitar el manejo. Se identificaron familias que en sus parcelas principales producen café, maíz y chile; otras que producen: aguacate y maíz; jitomate y maíz o ajo y maíz, siendo la constante la separación de áreas. Una lógica campesina que quizá moldeó la matriz espacial tradicional hacia una forma de producción intensiva.

4. Asociación maíz-frijol con recolección de hierbas y frutas (Amfr). Sistema de cultivo principal con especial manejo de asociación maíz y frijol, con objetivo de generar alimentos, además se recolectan especies de plantas manejadas durante el control de hierbas como "permitidas" con fines de su consumo.

5. Asociación frutales-cultivos anuales (Afa). En este sistema una especie frutícola es la principal generadora de ingresos económicos (las especies frutícolas más recurrentes en esta investigación fueron, duraznero, aguacatero, manzanero, higuera y cafeto), siendo el objetivo de los cultivos anuales intercalados la producción de granos básicos, principalmente para consumo familiar. La forma de arreglo más común es con los frutales en curvas a nivel, con una separación de entre 6 y 9 m, entre los espacios se siembran especies anuales como maíz, frijol, arvejo, ebo y avena.

6. Otros sistemas de cultivo, (Osc). Se incluyen: a) *Cultivos intercalados (maíz-frijol) con recolección de durazno.* En este sistema se observa claramente una variante de la asociación de cultivos, al ser asociados en forma alternada un surco de maíz seguido de un surco de frijol y así repetidamente por toda la parcela. Además, se observan árboles de durazno dispersos, de los cuales la fruta recolectada es para el consumo familiar. b) *Monocultivo jitomate en invernadero.* Es un sistema productivo más intensivo, que conlleva un riesgo de comercialización mayor debido al jitomate (*Solanum lycopersicum*) producido bajo condiciones de invernadero. c) *Monocultivo frijol con rotación de cultivo invernal.* La base de este sistema es siembra exclusiva de frijol (*Phaseolus vulgaris*) durante el ciclo primavera-verano y arvejo (*Pisum sativum*) durante el ciclo otoño invierno. d) *Unicultivo aguacatero.* Con un enfoque estrictamente comercial, este sistema de cultivo se centra en el aguacatero como especie de interés.

En cuanto a la presencia de sistemas de cultivo por localidad, se registra el sistema Mmr como manejado por el mayor número de familias y presente en las cua-

tro localidades; los sistemas de Pd y Amfr también se practican en las cuatro localidades. Por su parte, los sistemas Afa y Osc son practicados en el 50% de las localidades. El sistema de cultivo Uc es practicado en una sola localidad, lo cual es atribuible a condiciones medioambientales más que a cuestiones socioeconómicas.

Sistemas de cultivo y patrimonio genético

El 100% de los sistemas productivos familiares manejan en sus parcelas principales semilla de alguno de los catorce tipos de poblaciones nativas de maíz identificadas, a excepción de dos familias que siembran maíces híbridos. Cabe acotar que el 78.9% de los sistemas familiares siembran maíz en la parcela principal.

El 97.4% de los sistemas familiares manejan semilla de alguno de los ocho tipos de frijol regional; el 84.2% maneja semilla de calabaza o chilacayota y el 51.3% uno o más de los tres tipos de arvejo. Además, disponen de semillas de ebo, chile serrano, avena, haba, trigo, ajo y triticale, un total de 32, 21, 20, 12, 7, 7 y 5 de los sistemas familiares, respectivamente. En cuanto a especies perennes valoradas como criollas, se tienen: aguacate, café, nuez de castilla, durazno, maguey pulquero, manzana y plátano. El promedio de especies-variedades en la parcela principal por familia es de nueve. El menor valor corresponde a 2 y el valor más alto a 17. De acuerdo con Pomboza et al. (2017) la organización comunitaria y sus costumbres han permitido la construcción, conservación y reproducción de la diversidad de cultivos y hábitos alimenticios asociados.

El análisis de covarianza indica que a un aumento en el número de especies cultivadas corresponde un incremento en el valor de la producción anual.

Sistemas de cultivo: superficie de parcela principal y jornales anuales por hectárea

El 100% de las parcelas cuentan con una superficie de 3 ha o menos, el promedio muestral fue de 0.71 ha, que invita a reflexionar acerca del fenómeno de pulverización de la superficie agrícola. La parcela con mayor superficie (3 ha) se identificó en el sistema de cultivo Uc, mientras que la parcela más pequeña (0.08 ha) se ubicó en el sistema de cultivo Mmr. La covarianza entre las variables valor de la producción anual en la parcela principal y superficie de la misma es de 6856.49, lo cual indica que a un aumento en la superficie parcelaria, corresponde un incremento en el valor de la producción anual y

viceversa. El sistema de producción familiar cuenta con 2.21 ha de superficie agrícola.

El promedio general de jornadas de trabajo (jornales) hectárea/año de todos los sistemas es 99.2. El sistema Osc tiene la mayor demanda 1,030, específicamente la producción de jitomate en invernadero. El sistema con menor demanda es Uc con 32, en parte debido al abandono de la actividad ocasionada por bajo precio de venta del café y coyotaje (intermediarios). La covarianza entre el valor de la producción anual en la parcela principal y los jornales anuales por hectárea es 9439357 e indica que a un aumento en el número de jornales corresponde un incremento en el valor de la producción anual (Figura 1). Del total de jornales estimados en la muestra, el 46.4% son de tipo familiar con la participación de niños, mujeres y varones; el restante 53.6% es mano de obra contratada en las mismas comunidades. Tal lógica territorial reactiva el flujo económico local en particular por realizar el pago en efectivo. Cabe señalar que la generalización del uso del dinero prácticamente ha ocasionado la desaparición de la práctica social solidaria denominada "mano vuelta", la cual consistía en ayudar a algún vecino a realizar sus actividades sin recibir pago en dinero, se practicaba recibiendo apoyo de trabajo en reciprocidad a cambio. Se estima que la totalidad de sistemas de cultivo considerando la superficie agrícola promedio familiar, genera en los dos municipios de estudio alrededor de 60,000 jornales al año.

Los sistemas de cultivo y utilización de agroquímicos.

En las parcelas principales el 94.7% de los productores aplican fertilizante químico, los más utilizados son: urea, mezclas 18-12-6 y 16-16-16 y sulfato de amonio; el 14% aplica algún fertilizante foliar y/o adherente. Solamente el 23.7% utiliza herbicidas, los de mayor uso son: glifosato, 2-4-D amina y atrazina. El 13% utiliza algún insecticida, siendo la cipermetrina el ingrediente activo dominante. Cabe subrayar que los 3 herbicidas y el plaguicida han sido considerados de riesgo para la salud. Solamen-

te en el 5.3% de las parcelas principales se utiliza algún fungicida, sea con sulfato de cobre o metalaxyl. En promedio se manejan dos productos por parcela principal, Se observó que cultivos como chile, aguacate y jitomate se asocian con un mayor uso de estos insumos. Desde la perspectiva de una agricultura sustentable y posible es significativa la importancia de la reducida utilización de herbicidas y plaguicidas, en comparación con su uso generalizado y masivo en la agricultura convencional en numerosas regiones agrícolas, durante los últimos años.

Sistemas de cultivo costo y valor de la producción por hectárea

El costo de producción promedio muestral fue de \$20,527.00 ha⁻¹. El costo más alto de \$363,000.00 se observó en el sistema de cultivo Osc para jitomate bajo invernadero, el cual visualiza la importancia del riesgo económico de la transición a este tipo de sistemas de cultivo. El costo más bajo de \$6,140.00 se registró en el sistema de cultivo Uc, asociado al ya mencionado semi-abandono del cultivo de café en la zona.

El promedio del valor de la producción por hectárea de todos los sistemas de cultivo fue de \$28,707.00, con un mínimo de \$3,000.00 que corresponden a una unidad del sistema Uc que apenas

está iniciando su etapa de producción y un máximo de \$767,750.00 para una producción de jitomate bajo condiciones de invernadero. El análisis de acuerdo al tamaño de la parcela principal el promedio del valor de la producción fue \$16,974.00, con un mínimo de \$1,180.00 que corresponde a una pequeña parcela del sistema Mmr y un máximo de \$83,800.00 para la producción de jitomate bajo condiciones de invernadero. Las pruebas de comparación de medias (Tukey) indican que el sistema de cultivo Pd es más ventajoso en cuanto a valor anual de la producción, atribuible en parte a la práctica de tener en la parcela cultivos para autoconsumo y uno o varios cultivos de mayor rentabilidad económica. Los valores promedio para las parcelas principales de los sistemas de cultivo se muestran en el Cuadro 1.

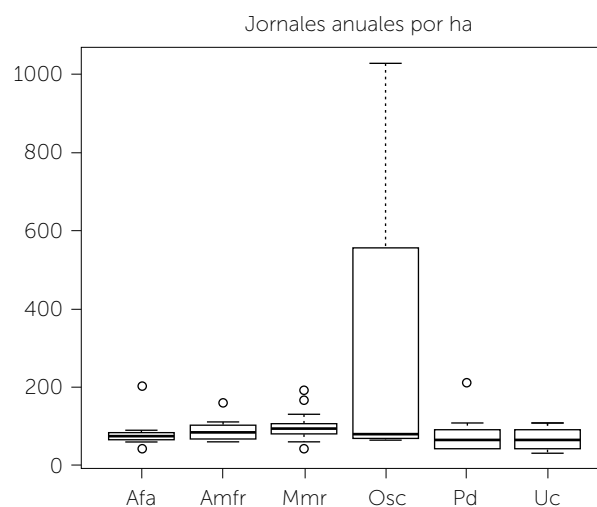


Figura 1. Sistemas de cultivo en parcelas principales y jornales anuales por hectárea.

Cuadro 1. Promedio de jornales, costos, valor de producción por parcela principal y por hectárea, relación valor de producción/costos, especies agrícolas y recolectadas.

SC	JAP en la PP (cantidad)	CPA de la PP (\$)	VPPA de la PP (\$)	JAP por ha (cantidad)	CPA por ha (\$)	VPPA por ha (\$)	RVP/C	EC (cantidad)	ER (cantidad)
Mmr	69.1	11,735	11,525	95.2	16,714	15,739	0.94	1	15
Uc	62.8	12,148	16,888	67.4	12,698	16,134	1.27	1	6
Pd	89.2	18,848	36,048	82.7	17,668	35,032	1.98	6	16
Amfr	78.8	13,048	13,754	89.0	14,140	15,571	1.10	2	12
Afa	59.0	12,549	18,407	85.9	18,199	22,250	1.22	8	12
Osc	54.3	14,806	27,298	312.0	101,611	206,478	2.03	5	11

Abreviaturas: SC, Sistema de cultivo; JAP en la PP, Jornales anuales promedio en la parcela principal; CPA de la PP, Costo promedio anual de la parcela principal; VPPA de la PP, Valor promedio anual de la parcela principal; JAP por ha, Jornales anuales promedio por hectárea; CPA por ha, Costo promedio anual por hectárea; VPPA por ha, Valor promedio de la producción anual por hectárea; RVP/C, Relación Valor de la producción/ Costos; EC: Especies cultivadas; ER: Especies recolectadas.

Utilización de biodiversidad de arvenses y estrategia alimentaria

El sistema de cultivo de parcela dividida es en el que se identificó un mayor número de especies vegetales alimenticias de recolección, con i.e. 16, en el sistema de cultivo Mmr se identificaron 15 especies (Cuadro 1). Esta práctica se encuentra asociada a la cercanía de las parcelas al hogar y la cantidad de localidades con presencia del sistema de cultivo, sea, a mayor número de localidades, mayor diversidad del número de especies de recolección. El elevado número de especies en la dieta alimenticia familiar forma parte de una estrategia campesina que favorece la conservación de la biodiversidad.

Se considera que con la mejora y la utilización de procesos ecológicos para producción de alimentos y otros bienes, se configura la propuesta de intensificación ecológica local-regional, a partir del conocimiento de las limitaciones y oportunidades (Flores-Sánchez *et al.*, 2001); como base para la estrategia de transición agroecológica.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los sistemas de cultivo en la Sierra Norte de Puebla, México, son tan diversos como los saberes, recursos, estrategias y las condiciones en que se realiza la producción. Se identificaron seis sistemas de cultivo. La diversidad territorial de cultivos y el manejo de arvenses en las parcelas principales son una constante dominante. Existe un sistema territorial de conservación, mejoramiento, intercambio y utilización año tras año de sus propias semillas y materiales vegetales, para el cual cada familia campesina resguarda en promedio nueve varie-

dades locales considerando solamente la parcela principal. Los sistemas de cultivo que incluyen dos o más especies cultivadas, tienden a mostrar una mejor relación beneficio/costo. Entre los indicadores relevantes de los sistemas de cultivo: superficie promedio 0.71 ha, mano de obra familiar 46.4%, para el total agricultores de los dos municipios se estima un total de 60 mil jornales generados para la producción agrícola; el 76.3% no utilizan herbicidas y el 87% no utiliza insecticidas.

La estrategia agroecológica recomendable para fortalecer los sistemas de cultivo, debe incluir: el priorizar programas de mejoramiento local de semillas y su conservación mediante un fondo regional de semillas, como base para programas posteriores de mejoramiento campesino; el desarrollo de habilidades para fertilización órgano-mineral ajustada a etapas prioritarias de crecimiento de las poblaciones; dinamizar el manejo de rotaciones y de hierbas de mayor impacto económico; diagnosticar incidencia de principales plagas y sus formas de manejo mecánico y biológico y procurar la valoración de los productos agropecuarios por su calidad agroecológica, en cadenas cortas de comercialización-consumo que mejoren los ingresos y el buen vivir familiar.

LITERATURA CITADA

Ambrecht, I., Cetrangolo, H., Gonzalez, T. & Perfecto I. (2008). Evaluación internacional del conocimiento, ciencia y tecnología en el desarrollo agrícola. (IAASTD). América Latina. 25 p.

Ávila, F., & Castañeda, Y. (2014). Los productores de maíz en Puebla ante la liberación de maíz genéticamente modificado Puebla Corn Producers and the Liberation of Genetically Modified Corn, 45–81.

- Báez, P. A., Limón, O.A., González, M. L., Ramírez, B.C.E., & Bautista, C.A. (2017). Efecto de las prácticas de agricultura de conservación en algunas propiedades químicas de los vertisoles. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8 (4), 759-772
- Carmagnani, M. (2008). La agricultura familiar en América Latina. *Problemas del Desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía*, 39(153), 46.
- Flores-Sánchez, D., Koerakmp-Rabelista J. K., Navarro-Garza H., Lantinga E. A., Groot J. C.J., Kropff M. J. & Rossing. W. A. H. (2011) Nutrient Cycling in Agroecosystems 91:185-205 DOI 10.1007/s10705-011-9455-z
- Grajeda C. O.A., Vera N.J.A., Aguilar A. J.L., Macías R. L., Aguado. S. G.A & Peña C. J.J. (2011). Fertilizer dynamics in different tillage and crop rotation systems in a Vertisol in Central Mexico. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 89:125–134.
- Léonard, É., Losch, B., & Rello, F. (2007). *Recomposiciones de la economía rural y mutaciones de la acción pública en el México del TLCAN*. Trace, 52.
- McMahon, M., & Valdés, A. (2011). Análisis del extensionismo Agrícola en México. 50 Mejores Políticas Para Una Vida Mejor: Análisis del Extensionismo Agrícola en México, 1–73. Recuperado de <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/EXTENSIONISMO/ESTUDIO OCDE EXTENSIONISMO.pdf>
- Pomboza-Tamaquiza P., Navarro-Garza H., Pérez-Olvera M.A, & Flores-Sánchez D. (2017). Prácticas organizativas mixtecas asociadas con la seguridad alimentaria y su patrimonio. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, <http://dx.doi.org/10.29312/remexca.v8i18.215>.
- Rendón M. J. J. (2011). La flor comunal. Explicaciones para interpretar su contenido y comprender la importancia de la vida comunal de los pueblos indios. México: CNEII-CMPIO-CEEESCI-CSEIIIO.
- Salinas-Ruiz, E. (2012). Fondos comunitarios de ahorro de la Sierra Norte de Puebla, México. Análisis de viabilidad y permanencia. 132 p.
- Téllez-Kuenzler, L. 1994. La modernización del sector agropecuario y forestal. Serie: Una visión de la modernización de México. FCE, México.



Phytophagous insects associated with heliconia crops (*Heliconia* spp.) in Tabasco, Mexico

Insectos fitófagos asociados a cultivos de heliconias (*Heliconia* spp.) en Tabasco, México

Lugo-Cruz, Eglá¹; del Rivero-Bautista, Nydia^{1*}; Sánchez-Soto, Saúl¹; Osorio-Osorio, Rodolfo²; Romero-Nápoles, Jesús³

¹Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, México. ²Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ciencias Agropecuarias, México. ³Colegio de Posgraduados, Campus Montecillo, México.

*Autor de correspondencia: rnidya@colpos.mx



ABSTRACT

Objective: To identify the species of insects that feed and damage plants of the genus *Heliconia* (Heliconiaceae) in commercial plantations in the state of Tabasco, Mexico.

Design/methodology/approach: From January to October 2013, three plantations located in the municipalities of Cardenas, Comalcalco and Teapa were visited biweekly to detect phytophagous insects.

Results: Four species of insects belonging to three orders and three families were identified: *Cephaloleia sallei* (Coleoptera: Chrysomelidae) associated with *H. psittacorum*, *Cephaloleia vicina* (Coleoptera: Chrysomelidae) associated with *H. latisphata*, *Pentalonia* sp. (Hemiptera: Aphididae) associated with *H. latisphata*, and *Telchin atymnius futilis* (Lepidoptera: Castniidae) associated with *H. psittacorum*, *H. bihai* and *H. stricta*.

Limitations/implications: *Pentalonia* sp. could not be registered at the species level. For this, a study is suggested that takes into account aphids of this genus also collected in banana plants (*Musa* spp.) and other hosts.

Findings/conclusions: Few species of insects were found feeding or damaging cultivated heliconias; however, these insects are considered to have the potential to affect the crop or the product intended for cut flowers.

Keywords: Insecta, cut flowers, Zingiberales, Tabasco.

RESUMEN

Objetivo: Identificar las especies de insectos que se alimentan y dañan plantas del género *Heliconia* (Heliconiaceae) en plantaciones comerciales del estado de Tabasco, México.

Diseño/metodología/aproximación: De enero a octubre de 2013 se visitaron quincenalmente tres plantaciones en los municipios de Cárdenas, Comalcalco y Teapa, para detectar insectos fitófagos.

Resultados: Se identificaron cuatro especies de insectos pertenecientes a tres órdenes y tres familias: *Cephaloleia sallei* (Coleoptera: Chrysomelidae) asociada a *H. psittacorum*, *Cephaloleia vicina* (Coleoptera: Chrysomelidae) asociada a *H. latisphata*, *Pentalonia* sp. (Hemiptera: Aphididae) asociada a *H. latisphata*, y *Telchin atymnius futilis* (Lepidoptera: Castniidae) asociada a *H. psittacorum*, *H. bihai* y *H. stricta*.

Limitaciones/implicaciones: *Pentalonia* sp. no se pudo registrar a nivel de especie. Para ello se sugiere un estudio que tome en cuenta áfidos de este género recolectados también en plantas de plátano (*Musa* spp.) y otras hospederas.

Hallazgos/conclusiones: Fueron pocas las especies de insectos que se encontraron alimentándose o dañando heliconias cultivadas; sin embargo, se considera que estos insectos tienen potencial para afectar el cultivo o el producto destinado como flor de corte.

Palabras clave: Insecta, flores de corte, Zingiberales, Tabasco.

Agroproductividad: Vol. 13, Núm. 2, febrero. 2020. pp: 31-36.

Recibido: octubre, 2019. **Aceptado:** enero, 2020.



INTRODUCCIÓN

Las plantas ornamentales tropicales incluyen diversas especies clasificadas dentro de ocho familias del orden Zingiberales (Musaceae, Strelitziaceae, Lowiaceae, Heliconiaceae, Costaceae, Zingiberaceae, Cannaceae y Marantaceae). El género *Heliconia* es nativo de América tropical e Islas del Pacífico, comprende de 225 a 250 especies, y debido a sus hojas e inflorescencias llamativas son utilizadas como plantas de ornato en parques y jardines, y como flores de corte (Jerez, 2007).

México cuenta con diversidad de climas aptos para el cultivo de plantas ornamentales tropicales y subtropicales de mayor demanda y de más altos precios en el mundo, como los anturios (*Anthurium*), las orquídeas (Orchidaceae), las heliconias (*Heliconia*) y las alpinias (*Alpinia*), entre otras. En Tabasco, México, la comercialización de la floricultura es relativamente reciente, y actualmente se cultivan y comercializan flores tropicales de corte, entre ellas varias especies de *Heliconia* (Chamec-Cruz, 2000). Sin embargo, existen pocos trabajos sobre los insectos o plagas que afectan la producción comercial de flores tropicales en dicho estado (Sánchez-Soto, 2016, 2019). El objetivo del presente trabajo fue identificar insectos fitófagos que se asocian al cultivo de heliconias en plantaciones comerciales del estado de Tabasco, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se efectuó en tres plantaciones comerciales de plantas ornamentales en los municipios de Cárdenas, Comalcalco y Teapa, Tabasco. En Cárdenas, el trabajo se realizó en una plantación de 2.0 ha en la Ranchería Melchor Ocampo

(18° 02' 10.0" N y 093° 21' 48.2" O), la cual no tuvo sistema de riego y presentó especies arbóreas que sirvieron de sombra al cultivo de flores; las labores culturales realizadas fueron control de maleza de forma manual, deshoje y aplicación de compostaje con los residuos. En Comalcalco, la plantación se localizó en la Ranchería Norte 1ª Sección (18° 17' 40.62" N, 93° 12' 25.18" O), tenía 6.0 ha, sistema de riego por goteo para la época de estiaje y árboles forestales asociados al cultivo de flores; las labores culturales fueron control manual y químico de malezas. En Teapa, la plantación se ubicó en la Ranchería Galeana 2ª Sección (17° 40' 25.36" N, 92° 58' 43.15" O), tenía 2.0 ha, careció de sistema de riego y presentó árboles forestales que sirvieron de sombra al cultivo de flores; las labores culturales fueron control manual de malezas, deshoje y compostaje. En las tres plantaciones las especies de heliconias cultivadas fueron *H. psittacorum*, *H. latisphata*, *H. bihai* y *H. stricta*.

De enero a octubre de 2013 se registró quincenalmente cada plantación, por la mañana, y durante tres horas se revisaron plantas al azar para detectar insectos que estuvieran alimentándose de ellas u ocasionando algún daño. Después de hacer las observaciones y anotaciones respectivas, se procedió a la recolecta manual de los insectos colocándolos en frascos con alcohol al 70%, excepto las larvas de Lepidoptera que se colocaron vivas, junto con pedazos de pseudotallo de su planta hospedera, dentro de cajas de plástico con la tapa perforada y cubierta de tela de malla para permitir el paso de aire. El material biológico recolectado se transportó al laboratorio de Entomología del

Campus Tabasco, Colegio de Postgraduados, donde las larvas fueron criadas dentro de las mismas cajas, alimentándolas con su hospedera hasta que alcanzaron la etapa adulta. Posteriormente los adultos de las especies recolectadas se montaron en laboratorio y fueron identificados por el tercer autor del presente trabajo consultando Martin (1983), González *et al.* (2010), González y Hernández-Baz (2012), y Staines y García-Robledo (2014).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se identificaron cuatro especies de insectos asociados al cultivo de heliconias, pertenecientes a tres órdenes y tres familias.

***Cephaloleia sallei* Baly, 1858 (Coleoptera: Chrysomelidae)**

Se encontraron adultos (Figura 1A) asociados a *Heliconia psittacorum* en la plantación de Cárdenas y Comalcalco. Ocasionalmente ocasionan daños en forma de raspaduras sobre las brácteas de las inflorescencias (Figura 1B), con lo cual destruyen la epidermis; posteriormente el área dañada se torna de color café. Esta especie se distribuye en México (Chiapas y Tabasco), Guatemala, Costa Rica y Panamá (Staines y García-Robledo, 2014). Los Adultos se han recolectado sobre plantas de los géneros *Costus* (Costaceae), *Heliconia* (Heliconiaceae), *Calathea*, *Ischnosiphon*, *Pleiostachya* (Marantaceae) y *Renealmia* (Zingiberaceae) (McKenna y Farrell, 2005; Descampe *et al.*, 2008; Meskens *et al.*, 2008; Staines, 2011; Staines y García-Robledo, 2014). En Teapa, Tabasco, este insecto se localizó todo el año en una plantación comercial, asociada a hojas nuevas y brácteas de inflorescencias del híbrido de *Heliconia psittacorum* × *Heliconia spathocircinata*; las raspaduras que



Figura 1. A) Adulto de *Cephaloleia sallei*. B) Daños ocasionados por *C. sallei* en brácteas de *Heliconia psittacorum*. C) Adulto de *Cephaloleia vicina*. D) Daños ocasionados por *C. vicina* en hojas jóvenes (hoja bandera) de *Heliconia latisphata*.

producen durante su alimentación demeritan la calidad del producto destinado a la comercialización (Sánchez-Soto, 2016).

***Cephaloleia vicina* Baly, 1858 (Coleoptera: Chrysomelidae)**

Adultos de esta especie (Figura 1C) se encontraron asociados a *H. latisphata* en la plantación de Teapa. Los daños se observaron en las hojas jóvenes (hoja bandera), donde raspan la superficie destruyendo la epidermis y en ocasiones haciendo perforaciones en la lámina foliar (Figura 1D); el área recién dañada es de color blanco transparente y posteriormente se torna de color marrón. Se distribuye en México (Jalisco, Guerrero, Veracruz, Tabasco), Guatemala, Nicaragua, Costa Rica y Panamá (Staines y García-Robledo, 2014). Los adultos se alimentan de plantas de los géneros *Heliconia* (Heliconiaceae), *Calathea* e *Ischnosiphon* (Marantaceae) (Strong, 1977a, 1977b, 1981; Staines y García-Robledo, 2014).

***Pentalonia* sp. (Hemiptera: Aphididae)**

Este áfido se encontró asociado a *H. latisphata* en la plantación de Teapa. Ninfas y adultos habitan en hojas nuevas enrolladas, donde se alimentan succionando la savia (Figura 2). Con la clave de Martin

(1983) se identificó como *Pentalonia nigronervosa* (Coquerel, 1859), la única de este género en dicha clave. Conocida comúnmente como áfido o pulgón del plátano, es una especie invasora descrita por primera vez de especímenes recolectados en la Isla de Borbón, hoy Isla de Reunión, al este de Madagascar (Coquerel, 1859). Actualmente se distribuye alrededor del mundo, en Oceanía, Asia, África, Norte, Centro y Sudamérica, El Caribe y Europa (CABI, 2019). Sin embargo, es probable que la

especie sea *Pentalonia caladii* van der Goot (1917), descrita a partir de especímenes recolectados en plantas de *Caladium* en Java (van der Goot, 1917), la cual después de su descripción se consideró una forma de *P. nigronervosa* (Eastop, 1966).

Recientemente se restableció al estado de especie con base en estudios moleculares y morfométricos de individuos de *Pentalonia* recolectados en diferentes hospederas en Micronesia, Hawaii, Florida (E.U.) y Australia (Footitt et al., 2010). Estos autores concluyeron que *P. nigronervosa* se restringe al género *Musa*, y ocasionalmente se encuentra en *Heliconia*, mientras que *P. caladii* se alimenta típicamente de Zingiberaceae y Araceae, y ocasionalmente de *Heliconia* y *Musa*. Asimismo, argumentaron que sus resultados son generalmente

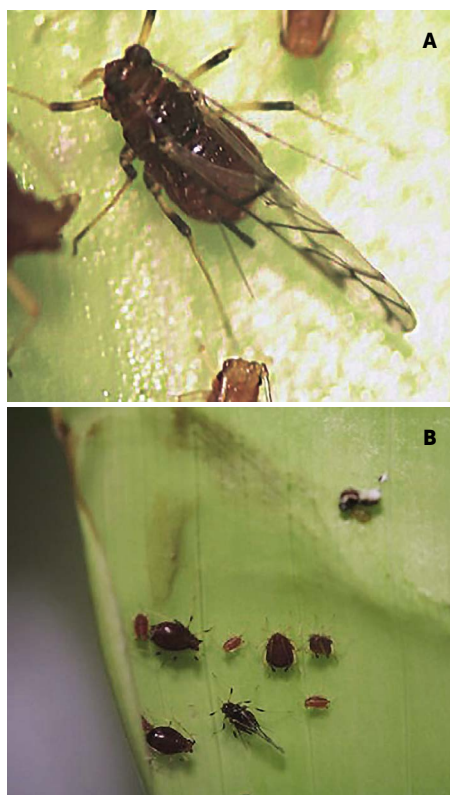


Figura 2. A) Adulto alado de *Pentalonia* sp. B) Ninfas y adultos de *Pentalonia* sp. en una hoja joven (hoja bandera) de *Heliconia latisphata*.

aplicables en todo el mundo debido, en parte, a la confirmación de especímenes procedentes de Florida y Australia (Footitt *et al.*, 2010). Para determinar cuál es la especie que se asocia con heliconias en Tabasco, se sugiere realizar un estudio que tome en cuenta áfidos de este género recolectados en plantas de plátano (*Musa spp.*) y otras hospederas.

***Telchin atymnius futilis* (Walker, 1856) (Lepidoptera: Castniidae)**

Esta especie se encontró asociada a *H. psittacorum*, *H. bihai* y *H. stricta* en la plantación de Cárdenas (Figuras 3 y 4). Las larvas hacen galerías en los pseudotallos y cormos ocasionando el debilitamiento, la entrada de patógenos por las heridas y finalmente la muerte de las plantas. Con frecuencia las plantas atacadas presentan un síntoma de marchitez descendente, en el cual la planta se torna gradualmente de color café oscuro del ápice hacia la base. *T. atymnius futilis* se distribuye en México, Guatemala, Honduras y Nicaragua (González *et al.*, 2010; González y Hernández-Baz, 2012). Se ha encontrado asociada a cultivos de bananas (*Musa spp.*) y caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), siendo en algunos casos una plaga importante (Miller, 2000).

Aunque la cantidad de especies de insectos que se asocian al cultivo de heliconias puede ser numerosa (Henao y Ospina, 2008; Aristizábal *et al.*, 2013; Landero-Torres *et al.*, 2015; Souza de Oliveira *et al.*, 2018), por lo general son pocas las especies fitófagas más comu-



Figura 4. Adulto de *Telchin atymnius futilis*.

nes o nocivas en diferentes regiones de América Latina donde se cultivan estas plantas (Canacuán-Nasamuez *et al.*, 2009; Lemos *et al.*, 2010; Ribeiro *et al.*, 2012; Aristizábal *et al.*, 2013; Sosa-Rodríguez, 2013). Asimismo, la diversidad de insectos asociados puede variar en función de la frecuencia con la que se cultivan las diferentes especies de heliconias, su abundancia relacionada con la extensión del área sembrada, grado de exposición a la radiación solar, asociación con otras especies vegetales y manejo del cultivo, entre otros (Henao y Ospina, 2008).

Los insectos registrados en el presente trabajo, seguramente no son los únicos fitófagos que se asocian a cultivos de heliconias en Tabasco; sin embargo, probablemente son los más comunes, y algunos de ellos podrían llegar a ser un problema fitosanitario para la

producción y comercialización de algunas especies o variantes comerciales de heliconias; por ejemplo, los daños ocasionados por *C. sallei* afectan la comercialización del híbrido *Heliconia psittacorum* x *Heliconia spathocircinata* debido a que esta especie de insecto daña directamente el producto que se comercializa, a pesar de que no se encontró de manera abundante (Sánchez-Soto, 2016). *T. atymnius futilis* también es una de las especies con potencial de importancia económica. Entre los problemas fitosanitarios del cultivo de heliconias en Colombia se encuentran los barrenadores del pseudotallo, incluida *Telchin atymnius humboldti* (Boisduval) (Canacuán-Nasamuez *et al.*, 2009; González *et al.*, 2010).

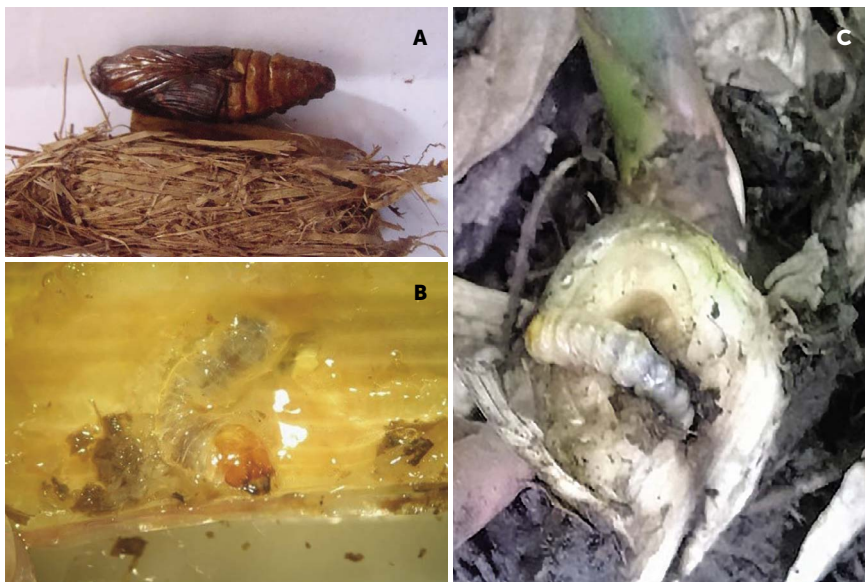


Figura 3. *Telchin atymnius futilis*. A) Pupa y pupario. B) larva dentro de un pseudotallo de *H. psittacorum*. C) Larva y daño en cormo de *Heliconia bihai*.

CONCLUSIONES

Fueron pocas las especies de insectos que se encontraron alimentándose o dañando heliconias cultivadas; sin embargo, se considera que estos insectos tienen potencial para afectar el cultivo o el producto destinado como flor de corte. Se sugiere realizar colectas sistemáticas durante las etapas fenológicas del cultivo para determinar la fluctuación poblacional de las especies como una base para implementar medidas sustentables de control.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología - México, por el apoyo financiero para la realización del estudio de Maestría en Ciencias en Producción Agroalimentaria en el Trópico, de la primera autora, y a los propietarios de los predios y productores de flores del Estado de Tabasco.

LITERATURA CITADA

- Aristizábal, L.F., Ospina, K.A., Vallejo, U.A., Henao, E.R., Salgado, M. & Arthurs, S.P. (2013). Entomofauna associated with *Heliconia* spp. (Zingiberales: Heliconiaceae) grown in the Central Area of Colombia. *Florida Entomologist* 96(1): 112-119.
- CABI (2019). Invasive species compendium. Detailed coverage of invasive species threatening livelihoods and the environment worldwide. *Pentalonia nigronervosa* (banana aphid). <https://www.cabi.org/isc/datasheet/39598>. Consultado 15 diciembre de 2019.
- Canacuán-Nasamuez, D.E., Bernal, A.M. & Chacón de Ulloa, P. (2009). Presencia del género *Zale* sp. (Lepidoptera: Noctuidae) en cultivos de heliconias del Valle del Cauca. *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle* 10(2): 19-24.
- Chamec-Cruz, R. (2000). Las Heliconia de Tabasco: sus afinidades ambientales y establecimiento de un banco de germoplasma. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. San José Puyacatengo, Teapa, Tabasco. 82 p.
- Coquerel, C. (1859). Note sur quelques insectes de Madagascar et de Bourbon. *Annales de la Société Entomologique de France* 28: 239-260.
- Descampe, A., Meskens, C., Pasteels, J., Windsor, D. & Hance, T. (2008). Potential and realized feeding niches of Neotropical Hispinae beetles (Chrysomelidae, Cassidinae, Cephaloleiini). *Environmental Entomology* 37(1): 224-229.
- Eastop, V.F. (1966). A taxonomic study of Australian Aphidoidea (Homoptera). *Australian Journal of Zoology* 14(3): 399-592. <https://doi.org/10.1071/ZO9660399>
- Footitt, R.G., Maw, H.E.L., Pike, K.S. & Miller, R.H. 2010. The identity of *Pentalonia nigronervosa* Coquerel and *P. caladii* van der Goot (Hemiptera: Aphididae) based on molecular and morphometric analysis. *Zootaxa* 2358: 25-38.
- González, J.M., Boone, J.H., Brilmyer, G.M. & Le, D. (2010). The giant butterfly-moths of the Field Museum of Natural History, Chicago, with notes on the Herman Strecker collection (Lepidoptera: Castniidae). *SHILAP Revista de Lepidopterología* 38(152): 385-409.
- González, J.M. & Hernández-Baz, F. (2012). Polillas y taladradores gigantes de la familia Castniidae (Lepidoptera) de Guatemala. In: Cano, E.B. & Schuster, J.C. (eds.). Biodiversidad de Guatemala. Volumen 2. Universidad del Valle de Guatemala. Guatemala, Guatemala. pp. 145-153.
- Henao, E.R. & Ospina, K.A. (2008). Insectos benéficos asociados a cultivos de heliconias en el Eje Cafetero Colombiano. *Boletín Científico del Museo de Historia Natural* 12: 157-166.
- Jerez, E. (2007). El cultivo de las heliconias. *Cultivos Tropicales* 28(1): 29-35.
- Landero-Torres, I., Galindo-Tovar, M.E., Leyva-Ovalle, O.R., Murguía-González, J., Lee-Espinosa, H.E. & García-Martínez, M.A. (2015). Hormigas asociadas a dos cultivos de heliconias ornamentales en Ixtaczoquitlán, Veracruz, México. *Entomología Mexicana* 2: 106-111.
- Lemos, W.P., Ribeiro, R.C., Lhano, M.G., Santos da Silva, J.P. & Zanuncio, J.C. (2010). *Cornops frenatum frenatum* (Marschall) (Orthoptera: Acrididae, Leptysminae) in crops of tropical flowers of *Heliconia* spp. In the State of Pará, Brazil. *Entomotrópica* 25(1): 43-47.
- Martin, J.H. (1983). The identification of common aphid pests of tropical agriculture. *Tropical Pest Management* 29(4): 395-411.
- McKenna, D.D. & Farrell, B.D. (2005). Molecular phylogenetics and evolution of host plant use in the Neotropical rolled leaf 'hispine' beetle genus *Cephaloleia* (Chevrolat) (Chrysomelidae: Cassidinae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 37: 117-131. <https://doi:10.1016/j.ympev.2005.06.011>
- Meskens, C., Windsor, D. & Hance, T. (2008). A comparison of hispine beetles (Coleoptera: Chrysomelidae) associated with three orders of monocot host plants in lowland Panama. *International Journal of Tropical Insect Science* 27(3/4): 159-171. <https://doi.org/10.1017/S1742758407864071>
- Miller, J.Y. (2000). Castniidae (Lepidoptera). In: Llorente, J.E., González, E. & Papavero, N. (eds.). Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento. CONABIO, México. 2: 537-531.
- Ribeiro, R.C., Carvalho, I.O., Souza, G.K., Fouad, H.A. & Lemos, W.P. (2012). *Thracides phidon* (Cramer) (Lepidoptera: Hesperidae: Hesperinae): novo registro em plantios comerciais de *Heliconia* spp. na região Amazônica do Brasil. *EntomoBrasilis* 5(1): 82-83.
- Sánchez-Soto, S. (2016). Incidencia de adultos y daños de *Cephaloleia sallei* Baly (Coleoptera: Chrysomelidae) en cultivo de heliconia en Tabasco, México. *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle* 17(1): 8-12.
- Sánchez-Soto, S. (2019). Artrópodos asociados a la inflorescencia de ginger rojo (*Alpinia purpurata* (Vieill.) K. Schum) en plantaciones de Tabasco, México. *Agroproductividad* 12(7): 19-24. <https://doi.org/10.32854/agrop.v0i0.1436>
- Sosa-Rodríguez, F.M. (2013). Cultivo del género *Heliconia*. *Cultivos Tropicales* 34(1): 24-32.
- Souza de Oliveira, T.R., Rodrigues de Moura, S., Dias da Cruz, D., Loges, V. & Martins, C.F. (2018). Interaction and distribution of beetles (Insecta: Coleoptera) associated with *Heliconia bihai* (Heliconiaceae) inflorescences. *Florida Entomologist* 101(2): 160-165.
- Staines, C.L. (2011). Hispines (Chrysomelidae, Cassidinae) of La Selva Biological Station, Costa Rica. *ZooKeys* 157: 45-65. <https://doi:10.3897/zookeys.157.1338>

- Staines, C.L. & García-Robledo, C. (2014). The genus *Cephaloleia* Chevrolat, 1836 (Coleoptera, Chrysomelidae, Cassidinae). Zookeys 436: 1-355. <https://doi:10.3897/zookeys.436.5766>
- Strong, D.R. (1977a). Rolled-leaf hispine beetles (Chrysomelidae) and their Zingiberales host plants in Middle America. Biotropica 9: 156-169. <https://doi:10.2307/2387878>
- Strong, D.R. (1977b). Insect species richness: Hispine beetles of *Heliconia latispatha*. Ecology 58: 573-582. <https://doi:10.2307/1939006>
- Strong, D.R. (1981). The possibility of insect communities without competition: hispine beetles on *Heliconia*. In: Denno, R.F. & Dingle, H. (eds.). Insect life history patterns habitat and geographic variation. Springer-Verlag, New York. Pp. 183-194. https://doi:10.1007/978-1-4612-5941-1_11
- van der Goot. (1917). Zur Kenntnis der Blattläuse Javas. Contributions à la faune des Indes Néerlandaises 1(3):1-301.



Sperm quality in rams of hair through year at 19° north latitude

Calidad espermática en carneros de pelo durante el año a 19° latitud norte

Cadena-Villegas, Said¹; Pérez-Hernández, Ponciano²; Cortez-Romero, César³; Vaquera-Huerta, Humberto⁴; Gallegos-Sánchez, Jaime^{4*}

¹Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. Periférico Carlos A. Molina km 3, Cárdenas, Tabasco, México. C. P. 86500. ²Colegio de Postgraduados Campus Veracruz. Carretera Xalapa-Veracruz km 88.5, Tepetates, Manlio Fabio Altamirano, Veracruz, México. C. P. 91690. ³Colegio de Postgraduados Campus San Luis Potosí. Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México. C. P. 78622. ⁴Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. C. P. 56230.

*Autor para correspondencia: gallegos@colpos.mx

ABSTRACT

Objective: To evaluate changes in the characteristics of the ejaculate of rams of hair during the year at 19° LN.

Design/methodology/approach: Eight rams of hair with an age of 11.5±0.5 months and live weight of 62±6 kg were used, to which semen was collected every 15 d during the months of March 2013 to February 2014, a period that was divided into two stages: 1) reproductive season (R) and 2) seasonal anestrus. In each ejaculate, the volume (V), sperm concentration (CE), mass motility (MM) and the percentage of live and abnormal sperm were evaluated. The results were analyzed by season using the ANDEVA by means of the GLM procedure and comparison of means by the Tukey test; the environmental variables were correlated with the seminal characteristics by the CORR procedure of SAS.

Results: The seminal characteristics were different between seasons ($P \leq 0.05$). The highest V, CE, MM and percentage of live was observed during the R (1.4 mL and 2.4×10^9 , 4.5 and 90% respectively). We found a negative correlation ($P \leq 0.05$) between mobility and photoperiod (-0.73).

Limitations on study/implications: The seminal quality of rams of hair, outside the reproductive period, is reduced.

Findings/conclusions: At 19° LN the rams have a seasonal pattern of reproduction, and during R and TRA the best characteristics of the ejaculate are found.

Keywords: Hair ram, Semen, Reproductive season, Photoperiod.

RESUMEN

Objetivo: Evaluar los cambios en las características del eyaculado de carneros machos de pelo durante el año a 19° LN.

Diseño/metodología/aproximación: Se utilizaron ocho carneros de pelo con edad de 11.5±0.5 meses y peso vivo de 62±6 kg, a los cuales se les recolectó semen cada 15 d de marzo del 2013 a febrero del 2014, el periodo de evaluación se dividió en dos épocas: 1) época reproductiva (R) y 2) época no reproductiva (A). En cada eyaculado se evaluó, el volumen (V), concentración espermática (CE), movilidad masal (MM) y el porcentaje de espermatozoides vivos y anormales. Los resultados se analizaron por época utilizando el ANDEVA por medio del procedimiento GLM y comparación de medias por la prueba de Tukey; las variables ambientales se correlacionaron con las características seminales por el procedimiento CORR de SAS.

Agroproductividad: Vol. 13, Núm. 2, febrero. 2020. pp: 37-43.

Recibido: septiembre, 2019. **Aceptado:** enero, 2020.

Resultados: Las características seminales fueron diferentes entre épocas ($P \leq 0.05$). El mayor V, CE, MM y porcentaje de vivos se observó durante la R (1.4 mL y 2.4×10^9 , 4.5 y 90%, respectivamente). Se encontró correlación negativa ($P \leq 0.05$) entre la movilidad y el fotoperiodo (-0.73).

Limitaciones del estudio/implicaciones: La calidad seminal de los carneros de pelo, fuera de la época reproductiva se reduce.

Hallazgos/conclusiones: A 19° LN los carneros de pelo presentan un patrón de reproducción estacional, y durante la R se encuentran las mejores características del eyaculado.

Palabras clave: Carnero de pelo, Semen, Estación reproductiva, Fotoperiodo.

INTRODUCCIÓN

En México, la actividad reproductiva de los ovinos disminuye durante la primavera (días largos), lo cual ha sido reportado para las razas Pelibuey, Rambouillet, Dorset, Romney Marsh, Corriedale y Criollos, a pesar de que las variaciones en el fotoperiodo solo son de 2:10 h aproximadamente (Porrás *et al.*, 2003). En los ovinos de pelo, se presenta una época en la que la actividad reproductiva disminuye, pero no se considera un periodo de anestro estacional (Macedo y Alvarado, 2005). En el carnero, la capacidad de producir semen y realizar montas, se mantiene durante todo el año, pero la calidad del semen es mejor durante el otoño e invierno (Bustos y Torrez-Díaz, 2012).

Los cambios en la calidad de semen están relacionados con las variaciones en las características ambientales como el fotoperiodo y la temperatura, los cuales son de diferente magnitud y dependientes de la adaptación que tengan las razas al ambiente (Webb *et al.*, 2004). Se considera importante conocer los cambios en la producción de semen para establecer épocas específicas de colecta y conservación de semen a utilizarse en empadres fuera de la estación reproductiva (Santiago-Moreno *et al.*, 2013).

La disminución de las horas luz (fotoperiodo) estimula la producción de melatonina, hormona altamente relacionada con la secreción pulsátil de GnRH/LH, responsables del aumento en la producción de semen (Malpaux *et al.*, 1999) debido al incremento en el diámetro testicular y la libido, incrementando el volumen, la concentración espermática y la movilidad en el eyaculado (Kafi *et al.*, 2004). También, se han observado variaciones estacionales en la secreción de testosterona y FSH, en diferentes razas de carneros, los cuales responden de manera diferente en la secreción de estas hormonas a medida que cambia la época del año (Mandiki *et al.*, 1998). En México, los carneros presentan un incremento en los niveles de testosterona al inicio de la época reproductiva y disminuye al iniciar la época de anestro estacional (Fuentes *et al.*, 1997), lo que sugiere cambios en la producción de semen.

Los ovinos de pelo por su gran capacidad reproductiva, rusticidad y adaptación, su reducido manejo y bajo costos de producción, son una alternativa para producir carne y mejorar la eficiencia productiva. Sin embargo, se des-

conoce si los machos de pelo presentan estacionalidad reproductiva a una latitud norte de 19°. Con base a lo anterior, el objetivo del estudio fue evaluar los cambios en la calidad espermática de los carneros de pelo durante todo el año.

MATERIAL Y MÉTODOS

Ubicación

El estudio se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Reproducción de Ovinos y Caprinos (La-ROCa) del Colegio de Postgraduados, ubicado en Texcoco, México a 19° 29' N y 98° 53' O, a una altura de 2240 m. El clima es templado sub-húmedo, con lluvias en verano y una precipitación promedio anual de 645 mm, y un porcentaje de lluvia invernal menor al 5 %. La temperatura media anual es de 15 °C y la temperatura media del mes más frío oscila entre -3 y 18 °C, y la temperatura del mes más caliente es mayor a 10 °C; con poca oscilación térmica, que corresponde a una fórmula climática $Cb(w0)(w)(i)$ (García, 2004) y con una diferencia de 2 h y 17 min entre el día más largo en el año (21 de junio) y el más corto (21 de diciembre).

Animales utilizados y su manejo

Se utilizaron ocho carneros de pelo de 11.5 ± 0.5 meses de edad y un peso promedio de 62 ± 6 kg, los cuales se alimentaron con una mezcla de paja de cebada molida, heno de alfalfa y avena molida, sales minerales. Todos los ingredientes se mezclaron y se proporcionaron en una ración de $2.0 \text{ kg animal}^{-1} \text{ día}^{-1}$. Previo al inicio del experimento, se desparasitaron con Ivermectina en dosis de 0.2 mg kg^{-1} de peso.

Los machos se entrenaron previamente para extracción de semen con vagina artificial. Se colectaron

eyaculados cada 15 días entre marzo del 2013 y febrero del 2014, en tubos graduados para colección y el semen colectado se conservó en frascos térmicos debidamente identificados hasta el momento de su evaluación en el laboratorio.

Variables estudiadas

Se evaluaron las siguientes características del eyaculado: 1) volumen del eyaculado (mL), 2) concentración espermática en miles de millones de espermatozoides contenidos en un mililitro de eyaculado ($\times 10^9$) determinado por el método de espectrofotometría; 3) porcentaje de espermatozoides normales en el eyaculado (normalidad), 4) porcentaje de espermatozoides vivos, realizado por la tinción de eosina-nigrosina (Bamba, 1988), y 5) movilidad masal medida en una escala de 1 a 5 (Hafez y Hafez, 1993), en donde 1 corresponde a movimiento individual, 2 movimiento lento, 3 movimiento lento con amplitud en las ondas, 4 movimiento rápido en las ondas y 5 ondas con movimiento rápido.

Se obtuvieron los datos climatológicos: fotoperiodo (h) y las temperaturas promedio, máxima y mínima ($^{\circ}\text{C}$), en la estación meteorológica del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Estos datos se emplearon posteriormente para correlacionarlos con los cambios en las características seminales de los sementales. Las horas luz que se tuvieron durante el periodo de evaluación se muestran en la Figura 1.

Los datos se analizaron agrupando los meses en dos periodos: época reproductiva (3 de septiembre al 14 de febrero) y época no reproductiva (15 de febrero al 20 de junio) según lo reportado por Robinson y Karsch (1984), quienes establecieron que el inicio de la estación reproductiva, que comprende las estaciones de otoño e invierno,

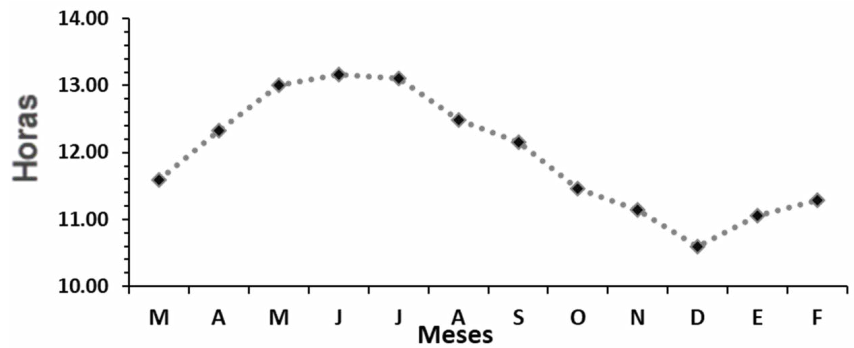


Figura 1. Promedio mensual de las horas luz de marzo del 2013 a febrero del 2014 en Montecillo, Texcoco, Estado de México.

no, es el 3 de septiembre, y termina el 15 de febrero, cuando inicia la época primavera-verano, hemisferio norte.

Análisis de datos

Los cambios en la calidad del semen durante las diferentes épocas se analizaron utilizando el análisis de varianza por medio del procedimiento GLM de SAS (versión 9.3) y la prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$). Las correlaciones entre las variables ambientales y las características seminales se hicieron con el procedimiento CORR de SAS (versión 9.3).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción y calidad de semen

Las características seminales presentaron variaciones importantes en función de la época del año (Cuadro 1). Se observaron diferencias ($P \leq 0.05$) en el volumen del eyaculado, en la época reproductiva y la transición al anestro hubo incrementos de hasta 0.6 mL de semen con respecto a la época no reproductiva y transición a la época reproductiva. De igual manera, la concentración espermática fue diferente ($P \leq 0.05$) entre estaciones. La mayor concentración espermática (2.4×10^9) se encontró en la época de transición al anestro y la menor durante el anestro estacional (1.9×10^9), observándose una reducción del 21.9% en la concentración

espermática del eyaculado en la época no reproductiva. El porcentaje de espermatozoides vivos en el eyaculado también fue diferente ($P \leq 0.05$), encontrándose la mayor proporción de espermatozoides durante la época no reproductiva. La movilidad espermática también fue diferente ($P \leq 0.05$), observándose mayor movilidad en la época de transición al anestro (4.7), y menores en la época no reproductiva (4.0) y la transición a la época reproductiva (4.3).

Cuadro 1. Variaciones en la calidad de semen de carneros F1 Damara \times Pelibuey dentro y fuera de la época reproductiva en Montecillo, Texcoco, México.

	Época reproductiva	Época no reproductiva
Volumen (mL)	1.4 ± 0.03^a	0.9 ± 0.05^b
Concentración ($\times 10^9$ /mL)	2.4 ± 0.03^a	1.9 ± 0.04^b
Vivos (%)	92.0 ± 0.7^a	88.0 ± 0.9^b
Normalidad (%)	90.0 ± 0.5^a	91.0 ± 0.6^a
Movilidad	4.5 ± 0.08^a	4.0 ± 0.05^b

Hileras con diferente literal son diferentes de acuerdo a la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).



La estacionalidad reproductiva es una característica de las razas de ovejas y cabras originarias de latitudes templadas y subtropicales (Delgadillo *et al.*, 2008), la cual está caracterizada por cambios en la actividad reproductiva de las ovejas y carneros, al modificar la actividad del eje hipotálamo-hipofisario-gonadal (Thiéry *et al.*, 2002). En carneros, los cambios en las características del eyaculado durante el año se han reportado en varias latitudes por diversos autores. En Tabriz, Iran a 38° 02' LN al evaluarse machos de las cruza F1 Baluchi×Moghani y F1 Arkharmerino×Moghani, se encontró menor concentración espermática durante la primavera (3.443×10^9), atribuido al incremento en el fotoperiodo (Pourseif y Moghaddam, 2012). La variación (14.7%) en la concentración espermática fue menos marcada que la obtenida en el presente estudio (36.8%). En otro estudio realizado en esta misma región, al evaluarse carneros F1 Ghezel×Baluchi y F1 Arkharmerino×Ghezel, se encontró mayor volumen del eyaculado en verano y otoño (Moghaddam *et al.*, 2012), lo cual es similar a lo observado en el presente estudio. A su vez, Karagiannidis *et al.* (2000) al evaluar las características seminales de carneros Chios y Friesiant en Thessaloniki, Grecia a 40° 37' N, encontraron menor movilidad en primavera y verano, principalmente en la transición de las estaciones, atribuido a las altas temperaturas, lo cual coincide con los valores encontrados en la época del anestro y su transición a la época reproductiva, en el presente estudio.

Correlaciones entre producción y calidad de semen y variables ambientales

Solo se encontró correlación entre el fotoperiodo y la movilidad ($P \leq 0.01$; Cuadro 2), indicando que cuando los días son más largos, la movilidad espermática es menor.

Los cambios observados en el comportamiento reproductivo de los machos en el presente estudio, se explican en parte, porque el incremento del fotoperiodo

(horas luz) afecta la respuesta neuroendócrina y disminuye la actividad reproductiva (Korf *et al.*, 1998) y los días largos inhiben la actividad reproductiva en los carneros (Wood y Loudon, 2014) mientras que durante los días cortos, hay una mayor duración de la secreción de melatonina, la cual actúa para establecer el inicio o el fin de la época reproductiva (Malpoux *et al.*, 1997).

Con base en lo anterior, se sugiere que los cambios en las características seminales observadas al final del año, cuando los días son más cortos, están relacionados con la mayor duración en la secreción de melatonina, hormona importante en la reproducción de los pequeños rumiantes y es un factor clave en la relación del fotoperiodo con la reproducción (Orihuela, 2014).

En las hembras ovinas, la melatonina promueve los cambios en la actividad reproductiva y potencializa el efecto del estradiol para inhibir la secreción de gonadotropinas, lo cual determina la capacidad de reproducción estacional (Bittman *et al.*, 1983), de tal manera que, durante el año, los cambios en la actividad reproductiva de las ovejas regulados por el fotoperiodo son dependientes de la actividad de la glándula pineal que interviene en la inhibición de la secreción de la GnRH/LH (Bittman *et al.*, 1985). A su vez, los carneros que se mantienen por periodos prolongados en días cortos (8 h luz) mantienen mayores diámetros escrotales y características óptimas del eyaculado (Langford *et al.*, 1989).

En los pequeños rumiantes, la melatonina afecta la reproducción debido a la activación de receptores a nivel del SNC, y ejerce su efecto en diversos núcleos hipotálamicos y, en consecuencia, en la secreción de gonadotropinas (Carvalho *et al.*, 2008).

La liberación de GnRH a la circulación portal hipofisaria estimula la secreción de FSH y LH. Luego de su secreción, éstas viajan por la circulación sistémica hasta los testículos, donde FSH ejerce su acción en las células de Sertoli, mientras que LH lo hace en las células de Leydig. La función de las células de Sertoli es a nivel del desarrollo de los espermatozoides, además, secretan inhibina y activina que regulan la secreción de FSH y proteínas de unión a testosterona (ABP; Androgen Binding Protein); las células de Leydig sintetizan y secretan testosterona, la cual es necesaria para el

Cuadro 2. Matriz de correlaciones observadas entre las características seminales de machos F1 DamaraxPelibuey y las variables ambientales en Texcoco, Estado de México.

Variable	Fotoperiodo (h)	Temperatura (°C)	Precipitación (mm)
Movilidad	-0.79	-0.47	-0.44
	**	NS	NS
Concentración	-0.04	.001	0.42
	NS	NS	NS
Volumen	-0.48	-0.25	0.13
	NS	NS	NS

** Significancia con $P \leq 0.01$.

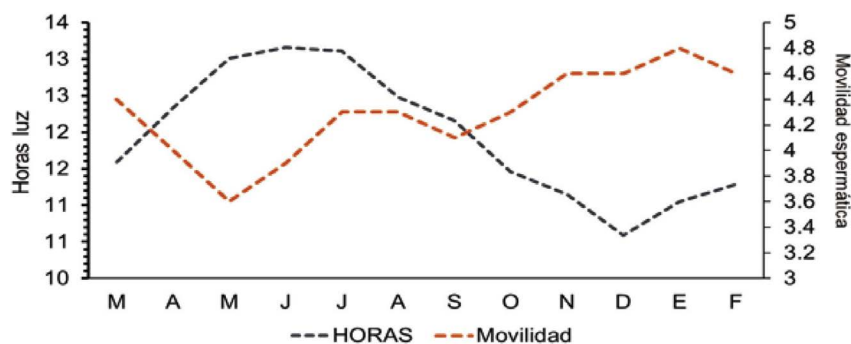


Figura 2. Comportamiento de la movilidad del semen de machos F1 DamaraxPelibuey con respecto al fotoperiodo durante el año en Texcoco, Estado de México.

comportamiento sexual normal, función testicular y desarrollo muscular (Bustos y Torres, 2012).

La influencia de la melatonina en el eyaculado se demostró al mantener de manera exógena los niveles elevados de melatonina por un periodo entre 30 y 60 días, y se observó incremento en la circunferencia escrotal y las características del eyaculado fuera de la época reproductiva (Egerszegi *et al.*, 2014) y que la secreción pulsátil de GnRH se correlaciona negativamente con la duración del día en las especies cuya actividad reproductiva está ligada a los días cortos, como en los ovinos (Gerlach y Aurich, 2000). Sin embargo, la actividad reproductiva en los carneros, se inhibe en menor grado que en las ovejas, ya que la espermatogénesis continúa, aunque el eyaculado tiene limitantes de oligospermia.

Los cambios estacionales en la movilidad del semen han sido reportados por diversos autores (Langfod *et al.*, 1989; Ibrahim, 1997; Zamiri *et al.*, 2010) los cuales mencionaron que la mayor movilidad la observaron durante la época reproductiva. Estos cambios en la movilidad del semen pueden estar relacionados con la capacidad de mantener en el testículo un ambiente estable, a pesar del estrés oxidativo (Cocuzza *et al.*, 2007) provocado por la actividad de los espermatozoides, ya que en condiciones de baja producción de peróxido de hidrogeno en el semen, la movilidad de éste no es afectada (Aitken *et al.*, 1989) y existe una correlación negativa entre la lipoperoxidación causada por el estrés oxidativo y la movilidad del semen de carneros (Kasimanickam *et al.*, 2006). Sin embargo, los mecanismos por los cuales el estrés oxidativo reduce la movilidad espermática aún no son muy claros (Agarwal *et al.*, 2008). La peroxidación lipídica moderada es necesaria para maximizar el potencial fertilizante de los espermatozoides ya que estimula la hiperactivación, motilidad y capacitación espermática (Membrillo *et al.*,

2003) y se ha demostrado que, el plasma seminal contiene sustancias antioxidantes que se adquieren por el epitelio del epidídimo y que las características de la plasma seminal varía durante el año (Cardozo *et al.*, 2006). El espermatozoide cuenta con un complejo sistema enzimático que lo protege de los daños causados por el estrés oxidativo, el cual involucra las enzimas Glutación reducido (GR), Gutation peroxidasa (GPx), Catalasa (CAT) y Superóxido dismutasa (SOD), cuya actividad

es diferente entre la época reproductiva y la época no reproductiva. En la época reproductiva se incrementa la actividad de GR, GPx y SOD, mientras que, por el contrario, en la época no reproductiva se incrementa la actividad de CAT, posiblemente como un factor que protege los espermatozoides de la acción del estrés oxidativo y confiere mejores condiciones para la fertilización (Membrillo *et al.*, 2003).

CONCLUSIÓN

En nuestras condiciones experimentales, a 19° LN en México, los carneros de pelo presentaron diferencias en la cantidad y calidad de semen entre la época reproductiva (R) y la época de anestro estacional (A), especialmente en el volumen del eyaculado, la concentración espermática, el número de espermatozoides vivos y la movilidad de estos. Las características de producción y calidad de semen se incrementaron durante la época reproductiva y disminuyeron durante el anestro estacional, lo cual sugiere un patrón estacional en la actividad reproductiva de los carneros de pelo.

AGRADECIMIENTOS

El proyecto fue financiado por el Colegio de Postgraduados Campus Montecillo y por el Laboratorio de Reproducción de Ovinos y Caprinos (LaROCa). SCV recibió una beca del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) para realizar sus estudios doctorales.

LITERATURA CITADA

- Agarwal, A., Makker, K., & Sharma, R. (2008). Clinical relevance of oxidative stress in male factor infertility: An Update. *American Journal of Reproductive Immunology*, 59: 2-11. doi: 10.1111/j.1600-0897.2007.00559.x
- Aitken, R. J., Clarkson, J. S., & Fishel, S. (1989). Generation of reactive oxygen species, lipid peroxidation, and human sperm function. *Biology Reproduction*, 41:183-97. doi: 10.1095/biolreprod41.1.183
- Bamba, K. (1988). Evaluation of acrosomal integrity of boar spermatozoa by bright field microscopy using an eosin-



- nigrosine stain. *Theriogenology*, 29 (6): 1245-1251. [https://doi.org/10.1016/0093-691X\(88\)90004-0](https://doi.org/10.1016/0093-691X(88)90004-0)
- Bittman, E. L., Robert, J., Dempsey, & Karsch, F. J. (1983). Pineal melatonin secretion drives the reproductive response to daylength in the ewe. *Endocrinology*, 113 (6): 2276-2283. doi: 10.1210/endo-113-6-2276
- Bittman, E. L., Kaynard, A. H., Olster, D. H., Robinson, J. E., Yellon, S. M., & Karsch, F. J. (1985). Pineal melatonin mediates photoperiodic control of pulsatile luteinizing hormone secretion in the ewe. *Neuroendocrinology*, 40: 409-418. doi:10.1159/000124106
- Bustos, E. O., & Torrez-Díaz, L. (2012). Reproducción estacional en el macho. *International Journal of Morphology*, 30 (4): 1266-1279. doi.org/10.4067/S0717-95022012000400004
- Cardozo, J. A., Fernández-Juan, M., Forcada, F., Abecia, A., Muñoz-Blanco, T., & Cebrián-Pérez, J. A. (2006). Monthly variations in ovine seminal plasma proteins analyzed by two-dimensional polyacrylamide gel electrophoresis. *Theriogenology*, 66(4): 841-850. doi:10.1016/j.theriogenology.2006.01.058
- Carvalho, C. E., Cruz-Machado, S., & Tamura, E. K. (2008). Os ritmos circadianos e a reprodução em mamíferos. *Boletim do Centro de Biologia da Reprodução Juiz de Fora*, 27 (1/2): 15-20.
- Cocuzza, M., Sikka S. C., Athayde, K. S., & Agarwal, A. (2006). Clinical Relevance of Oxidative Stress and Sperm Chromatin Damage in Male Infertility: An Evidence Based Analysis. *International Brazilian Journal Urology*, 33: 603-621. doi: 10.1590/s1677-55382007000500002
- Delgadillo, J. A., Vielma, J., Flores, J. A., Véliz, F. G., Duarte, G., & Hernández, H. (2008). La calidad del estímulo emitido por el macho determina la respuesta de las cabras sometidas al efecto macho. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 9: 39-45.
- Egerszegi, I., Sarlós, P., Rátky, J., Solti, L., Faigl, V., Kulcsár, M., & Cseh, S. (2014). Effect of melatonin treatment on semen parameters and endocrine function in Black Racka rams out of the breeding season. *Small Ruminant Research*, 116: 192-198. doi.org/10.1016/j.smallrumres.2013.11.001
- Fuentes, V., Sanchez, V., González, H., Fuentes, P., García, A., & Rosiles, R. (1997). La función endócrina del testículo en el camero criollo mexicano durante las diferentes épocas del año y su control opioideérgico durante el anestro. *Journal of Veterinary Medicine*, 44: 259-263. doi.org/10.1111/j.1439-0442.1997.tb01109.x
- García, E. (2004). Modificaciones a la clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana) 5ª Ed. Instituto de Geografía UNAM, México. 90 p.
- Gerlach, T., & Aurich, J. E. (2000). Regulation of seasonal reproductive activity in the stallion, ram and hamster: Review. *Animal Reproduction Science*, 58: 197-213. doi: 10.1016/s0378-4320(99)00093-7
- Hafez, E. S. E., & Hafez, B. (1993). *Reproduction in farm animals*. Ed Lippincott Williams and Wilkins, 7th Edition. USA. Pp: 365-375.
- Ibrahim, S. A. (1997). Seasonal variations in semen quality of local and crossbred rams raised in the United Arab Emirates. *Animal Reproduction Science*, 49: 161-167. doi: 10.1016/s0378-4320(97)00063-8
- Kafi, M., Safdarian, M., & Hashemi, M. (2004). Seasonal variation in semen characteristics, scrotal circumference and libido of Persian Karakul rams. *Technical note. Small Ruminant Research*, 53: 133-139. doi.org/10.1016/j.smallrumres.2003.07.007
- Karagiannidis, A., Varsakeli, C., Alexopoulos, I., & Amarantidis. (2000). Seasonal variation in semen characteristics of Chios and Friesian rams in Greece. *Small Ruminant Research*, 37: 125-130. doi.org/10.1016/S0921-4488(99)00143-1
- Kasimanickam, R., Pelzer, K. D., Kasimanickam, V., Swecker, W. S., & Thatcher, C. D. (2006). Association of classical semen parameters, sperm DNA fragmentation index, lipid peroxidation and antioxidant enzymatic activity of semen in ram-lambs. *Theriogenology*, 65: 1407-1421. doi: 10.1016/j.theriogenology.2005.05.056
- Korf, H. W., Schomerus, C., & Stehle, J. H. (1998). The pineal organ, its hormone melatonin, and the photo neuroendocrine system. *Advances in Anatomy. Embriology and Cell Biology*, 146: 1-100. doi: 10.1007/978-3-642-58932-4
- Langford, G. A., Sherestha, J. N. B., & Marcus, G. J. (1989). Repeatability of scrotal size and semen quality measurements in rams in a short-day light regime. *Animal Reproduction Science*, 19: 19-27. doi.org/10.1016/0378-4320(89)90043-2
- Macedo, R., & Alvarado, A. (2005). Efecto de la época de monta sobre la productividad de ovejas Pelibuey bajo dos sistemas de alimentación en Colima, México. *Archivos de Zootecnia*, 54: 51-62.
- Malpoux, B., Viguie', C., Skinner, D. C., Thiery, J. C. & Chemineau, P. (1997). Control of the Circannual Rhythm of Reproduction by Melatonin in the Ewe. *Brain Research Bulletin*, 44 (4): 431-438. doi: 10.1016/s0361-9230(97)00223-2
- Malpoux, B., Jean-Claude, T. & Chemineau, P. (1999). Melatonin and the seasonal control of reproduction. *Reproduction Nutrition Development*, 39: 355-366. doi: 10.1051/rnd:19990308
- Mandiki, S., Derycke, G., Bister, J. L. & Paquay, R. (1998). Influence of season and age on sexual maturation parameters in Texel, Suffolk and Ile-de-France rams 2 Circulating concentrations of follicle stimulating hormone, luteinizing hormone, prolactine and testosterone. *Small Ruminant Research*, 28: 81-88. doi.org/10.1016/S0921-4488(97)00074-6
- Membrillo, O. A., Córdova, I. A., Hicks, G. J. J., Olivares, C. I. M., Martínez, T. V. M. & Valencia, M. J. 2003. Peroxidación lipídica y antioxidantes en la preservación de semen. Una revisión. *Interciencia*, 28 (12): 699-704
- Moghaddam, G. H., Pourseif, M. M. & Rafat, S. A. (2012). Seasonal variation in semen quantity and quality traits of Iranian crossbred rams. *Slovakian Journal Animal Science*, 45 (3): 67-75.
- Orihuela, T. A. (2014). La conducta sexual del carnero; Revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 5 (1): 49-89.
- Porras, A. A., Zarco, L. A., & Valencia, J. M. (2003). Estacionalidad reproductiva en ovejas. *Ciencia Veterinaria*, 9 (4):1-34.
- Pourseif, M. M., & Moghaddam, G. H. (2012). Photoperiod as a factor for studying fluctuations of seminal traits during breeding and non-breeding seasons. *Journal of Cell and Animal Biology*, 6 (16): 241-249. doi:10.5897/JVMAH12.074
- Robinson, J. E., & Karsch, F. J. (1984). Refractoriness to inductive day lengths terminates the breeding season of the Suffolk ewe. *Biology Reproduction*, 31: 656-663. doi: 10.1095/biolreprod31.4.656
- Santiago-Moreno, J., Toledano-Díaz, A., Castaño, C., Coloma, M. A., Esteso, M. C., Prieto, M. T., Delgadillo, J. A., & López-Sebastián, A. (2013). Photoperiod and melatonin treatments for controlling sperm parameters, testicular and accessory sex glands size in

- male Iberian ibex: A model for captive mountain ruminants. *Animal Reproduction Science*, 139: 45-52. doi.org/10.1016/j.anireprosci.2013.04.006
- Thiéry, J. C., Chemineau, P., Hernandez, X., Migaud, M. & Malpoux, B. (2002). Neuroendocrine interactions and seasonality. *Domestic Animal Endocrinology*, 23: 87-100. doi: 10.1016/S0739-7240(02)00148-0
- Webb, E. C., Dombo, M. H. & Roets, M. (2004). Seasonal variation in semen quality of Gorno Altai cashmere goats and South African indigenous goats. *South African Journal Animal Science*, 34 (1): 240-243.
- Wood, S., & Loudon, A. (2014). Clocks for all seasons: unwinding the roles and mechanisms of circadian and interval timers in the hypothalamus and pituitary. Review. *Journal of Endocrinology*, 222: 39-59. doi: 10.1530/JOE-14-0141
- Zamiri, M. J., Khalili, B., Jafaroghli, M., & Farshad, A. (2010). Seasonal variation in seminal parameters, testicular size, and plasma testosterone concentration in Iranian Moghani rams. *Small Ruminant Research*, 94: 132-136. doi.org/10.1016/j.smallrumres.2010.07.013



Growth of amashito chili (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum*) under different doses of vermicompost in controlled conditions

Desarrollo de chile amashito (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum*) bajo diferentes dosis de vermicomposta en condiciones controladas

Palma-López, David J.¹; Sánchez-Vázquez, Ángel J.²; Hernández-Ramos, Mauricio²;
Palma-Cancino, David J.^{3*}; López-Castañeda, Antonio¹

¹Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. Cárdenas, Tabasco, México. C. P. 86500. ²Universidad Popular de la Chontalpa. Cárdenas, Tabasco, México. C. P. 86597. ³Centro Universitario de La Costa, Universidad de Guadalajara. Puerto Vallarta, Jalisco, México. C. P. 48220.

*Autor para correspondencia: plusdpc@gmail.com

ABSTRACT

Objective: To compare the growth and crop yield of amashito chili (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum*) under different doses of vermicompost.

Design/methodology/approximation: To evaluate crop yield we design five treatments consisting on ground with different proportions of vermicompost (VC) and loamy soil (SF), all treatments were replicate by five and planted randomly in 25 kg pots. After 12 week, biologic data was collected.

Results: Higher crop yield was obtain on treatments with ground composition with at least 75% of VC, as compared to the control. The only treatment without VC (100% SF, control) presented statistically lower values on all measures.

Limitations of the study/implications: Amashito chili seed high germination difficulty limits the efforts for cultivation by farmers, and a major commercialization of this regional chili variety.

Findings/conclusions: The use of organic fertilizers (vermicompost) supposes better field conditions for seed germination, growth and crop yield for this species.

Keywords: crop yield, vermicompost, seed germination, organic fertilizers

RESUMEN

Objetivo: Comparar el desarrollo de chile amashito (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum*) y su rendimiento en diferentes dosis de vermicomposta en condiciones controladas.

Diseño/metodología/aproximación: Para evaluar los rendimientos de las plantas, se generaron cinco tratamientos que consistieron en diferentes proporciones entre la vermicomposta (VC) y el suelo franco (SF), se replicaron cinco veces cada uno y se colocaron en macetas de 25 kg de forma aleatoria. A las 12 semanas se tomaron los datos biológicos a evaluar.

Resultados: Se obtuvieron los mejores rendimientos en los tratamientos sembrados en sustratos con 75% o más de VC. El único sustrato sin VC (100% SF) presentó estadísticamente los valores más bajos en las variables evaluadas.

Agroproductividad: Vol. 13, Núm. 2, febrero, 2020. pp: 45-51.

Recibido: agosto, 2019. **Aceptado:** enero, 2020.

Limitaciones del estudio/implicaciones:

La dificultad de germinación de la semilla de chile amashito es una limitante para que los productores se inclinen hacia mayor comercialización de esta variedad de chile regional.

Hallazgos/conclusiones: Utilizar abonos orgánicos (vermicompostas) supone mejores condiciones de campo para la germinación de semillas, desarrollo y rendimiento de este cultivo.

Palabras clave: rendimiento de cultivo, vermicomposta, germinación de semilla, abonos orgánicos.

INTRODUCCIÓN

Actualmente existen alrededor de 29 especies de chiles descritas y clasificadas, de las cuales cinco son domesticadas y utilizadas por el hombre (*Capsicum annuum* L., *C. chinense* Jacq., *C. frutescens* L., *C. baccatum* L., y *C. pubescens*). En México se cultivan cuatro de las cinco especies domesticadas, de las cuales sólo *C. annuum* L. y *C. frutescens* L. son nativas (Hernández-Verdugo *et al.*, 2001; Aguilar-Rincón *et al.*, 2010).

En México, *Capsicum annuum* var. *glabriusculum* es conocido generalmente como chile piquín (Aguilar-Rincón *et al.*, 2010). En Tabasco *C. annuum* var. *glabriusculum* se conoce como amash o chile amashito, palabra chontal y maya castellanizada que se refiere a su cualidad silvestre (Ramírez y González, 2006; Castañón-Nájera y Hernández, 2006). Casi todo el amashito que se comercializa proviene de colectas de plantas silvestres, debido a la escasez de evidencias de explotación comercial, en gran medida causada por la dificultad de germinación de las semillas (Pérez-Castañeda *et al.*, 2007; Bañuelos *et al.*, 2008; Castañón-Nájera *et al.*, 2010).

El objetivo de este trabajo fue estudiar el desarrollo del chile amashito para conocer su manejo agronómico, su crecimiento y su rendimiento en condiciones de casa de malla, en distintos sustratos. A su vez, dicho desarrollo fue evaluado utilizando diferentes sustratos enriquecidos con diferentes proporciones de vermicompostas, con la finalidad de recomendar las condiciones de campo más adecuadas para el cultivo en áreas productivas del sureste de México.

MATERIALES Y MÉTODO

Área de estudio y obtención de semilla. El experimento se llevó a cabo en el invernadero (tipo casa de malla) del Colegio de Postgraduados Campus Tabasco, ubicado en el periférico Carlos A. Molina km 3.5, Carretera Federal Cárdenas-Huimanguillo, en el municipio de Cárdenas, Tabasco, México.

Los frutos de chile amashito (*C. annuum* var. *glabriusculum*) se recolectaron de una población silvestre ubicada el Ejido C-34 Lic. Benito Juárez García, Cárdenas, Tabasco, México. Se recolectaron 100 frutos seleccionados al azar, los cuales se pusieron a secar por 5 h a la sombra por 2 días, posteriormente se sacaron las semillas manualmente con mucho cuidado para evitar daños y se colocaron en platos desechables.

Dos días después de la extracción de las semillas, se escarificaron por un método obtenido a través de encuestas realizadas en los sitios de recolecta de frutos. Las semillas de chile se colocaron encima de una bolsa transparente y con un frasco de vidrio se aplastaron tratando de no romper demasiado las semillas y dañar el embrión.

Toma de muestras de sustrato y germinación de las semillas. Para evaluar el crecimiento en sustratos enriquecidos con vermicomposta, se utilizó sustrato de lombrices rojas californianas (*Eisenia foetida*), obtenido del módulo de vermicompostaje perteneciente al Campo Experimental del Colegio de Postgraduados Campus Tabasco, localizado en el km 21 de la Carretera Cárdenas-Coatzacoalcos (17° 49' 03" LN, 93° 23' 03" LO). El suelo de textura franca para el tratamiento testigo, se extrajo de plantaciones de cacao ubicadas en el mismo Campo Experimental del Campus Tabasco, extrayéndose aproximadamente 20 cm de profundidad del suelo y se colocó dentro de costales de 50 kg para ser llevado al lugar donde se cernió.

La vermicomposta y el suelo franco se secaron y se cernieron separadamente, quedando en tamaño de aproximadamente 0.5 cm de diámetro cada una. Una vez cernidos, se mezclaron con base en los tratamientos. Las semillas se pusieron a germinar en la vermicomposta recolectada secada y cernida (Figura 1a). Las charolas fueron llenadas con la vermicomposta hasta un poco más de la mitad, posteriormente, se humedecieron con precaución para evitar el exceso de agua. Antes de la siembra de las semillas, éstas fueron colocadas en un vaso

con agua para que las semillas absorbieran agua y pudieran germinar más rápido.

Se colocaron 100 semillas en cada charola a una distancia de 2 cm entre cada una. El riego que se le dio fue diario debido a las altas temperaturas que había en el invernadero tipo casa malla. Las primeras germinaciones se vieron a los 10 días y así periódicamente fueron germinando cada una hasta tener una uniformidad a los 15 días, el porcentaje de germinación que se obtuvo fue del 90% (Figura 1b).

Después de 28 días, cuando las plantas tenían 5 hojas verdaderas y una altura aproximadamente de 14 cm, se decidió trasplantarlas. Para ello, se retiraron las plántulas de las charolas evitando el daño de las raíces para que éstas no murieran o se estresaran y detuvieran su crecimiento. Se trasplantaron 25 plantas en total, la altura



Figura 1. a. Semillas de *Capsicum annuum* var. *glabriusculum* germinando en las charolas de germinación, b. plántulas de *C. annuum* var. *glabriusculum* listas para su traslado final.

y número de hojas de cada una era el mismo, se trató de que las plántulas tuvieran las mismas características. En cada recipiente con sustrato, se abrió un hueco de 8 cm de profundidad por 8 cm de ancho aproximadamente para luego introducir la plántula delicadamente, y posteriormente ser cubierta con el sustrato afirmándolo levemente con el puño sin presionar demasiado. Se dio un riego a cada tratamiento para bajar un poco la temperatura y para que hubiera humedad en el sustrato.

Diseño experimental. Los tratamientos consistieron en diferentes proporciones entre la vermicomposta (VC) y el suelo franco (SF), y fueron los siguientes: T1 (100% VC), T2 (100% SF), T3 (50% VC – 50% SF), T4 (75% VC – 25% SF), y T5 (25% VC – 75% SF). Para la instalación de los tratamientos se utilizaron 25 recipientes de plástico de reciclaje de 19 L cada uno. Cada recipiente tenía un peso de 15 kg de sustrato. Se realizarán 5 tratamientos con 5 repeticiones cada uno haciendo un total de 25 macetas, colocadas de forma aleatoria dentro del invernadero del Campus Tabasco (Figura 2).

Variables evaluadas y análisis estadístico. Las variables de campo medidas en los diferentes tratamientos se enlistan en el Cuadro 1.

Finalmente, los datos obtenidos se vaciaron en una base de datos en el programa Microsoft Excel 2016 (Microsoft Corp.), y con ayuda del software Infostat Estudiantil 2008 (InfoStat), se realizaron análisis de la varianza a una vía para evaluar la significancia estadística ($P \leq 0.05$), y prueba de media de Tukey en los casos necesarios.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Número de hojas. Se encontraron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos analizados



Figura 2. Plántulas de *Capsicum annuum* var. *glabriusculum* colocadas en macetas con diferentes sustratos aleatoriamente para la evaluación de campo.

Cuadro 1. Variables medidas en las plantas de *Capsicum annum* var. *glabriusculum*, durante la prueba de campo, sus unidades y el procedimiento realizado.

VARIABLES	NÚMERO DE MEDICIONES	UNIDAD DE MEDIDA	DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES EVALUADAS
Altura de la planta	12	cm	Esta variable se midió con un cinta métrica cada 7 días durante 12 semanas desde la base del tallo de la planta hasta el ápice foliar de cada tratamiento
Grosor del tallo	12	mm	Esta actividad se realizó midiendo con un vernier en la base del tallo de las plantas de cada tratamiento cada 7 días
Número de hojas	12	Unidad	El número de hojas se midió a través del conteo de cada una de las hojas de las plantas de los tratamientos, esta labor se realizó cada 7 días
Rendimiento	2	g planta ⁻¹	Para calcular el rendimiento se hicieron dos cortes, el primer corte se realizó a los 84 días después del trasplante, se cortaron los chiles sazones por tratamiento y se depositaron en bolsas transparentes y se etiquetaron y posteriormente fueron pesados para calcular el rendimiento por tratamiento, el segundo corte se realizó 20 días después del primero. Se decidieron realizar dos cortes de frutos para poder calcular eficientemente el rendimiento.

para esta variable, además el coeficiente de variación encontrado fue de 17.53%. Dado que el T4 (75% VC – 25% SF) ocasionó mayor número de hojas en comparación con los demás tratamientos, esto conlleva afirmar que los sustratos individuales al 100% no favorecen al número de hojas y que la mezcla en cantidades mayores de vermicomposta como lo es el T4 (75% VC – 25% SF) favorece la aparición de hojas en la planta (Figura 3). Atiyeh *et al.* (2002), Del Águila-Juárez *et al.* (2011), y Palma-López *et al.* (2017), mencionan que la aplicación de abonos orgánicos al suelo, influye de forma directa en el incremento de los rendimientos en hortalizas, así como en el crecimiento y parámetros físico-químicos. Las plantas establecidas en los tratamientos T3 (50% VC – 50% SF), T1 (100% VC) y T2 (100% SF) se comportaron de forma diferente, presentando diferencias significativas entre ellos, con promedios de 514.80, 402.80, y 309.80 hojas respectivamente.

Estos resultados coinciden con los obtenidos por otros autores en condiciones tropicales, en diferentes cultivos donde se aplicaron vermicompostas. Por ejemplo, Moreno-Reséndez *et al.* (2005) encontraron que los nutrientes de origen orgánico cubren una alta parte de los requerimientos parciales del tomate; y Nieto-Garibay *et al.* (2002), obtuvieron mayores incrementos del rendimiento del chile (*Capsicum chinense* L. Jacq.) al aplicar 25 t ha⁻¹ de abono orgánico.

Altura de la planta. Para esta variable, el análisis de varianza resultó en diferencias altamente significativas ($P \leq 0.001$) en el efecto de los tratamientos, con un coeficiente de variación de 8.15%, el que se considera ideal en estos tipos de experimentos. Se destaca que con la aplicación de abonos orgánicos se incrementó en 48% la altura de la planta, lo cual coincide con Nieto-Garibay *et al.* (2002), quienes reportaron que usando 50 t ha⁻¹ de vermicomposta en el cultivo de chile habanero, las plantas alcanzan una mayor altura (73.2 cm) con respecto al suelo sin vermicomposta.

La comparación de medias indicó que el tratamiento T5 (75% SF + 25% VC) ocasionó la mayor altura promedio ($P \leq 0.05$) con 105.8 cm. Los tratamientos T4, T3, T1 y T2, se comportaron estadísticamente distinto entre ellos

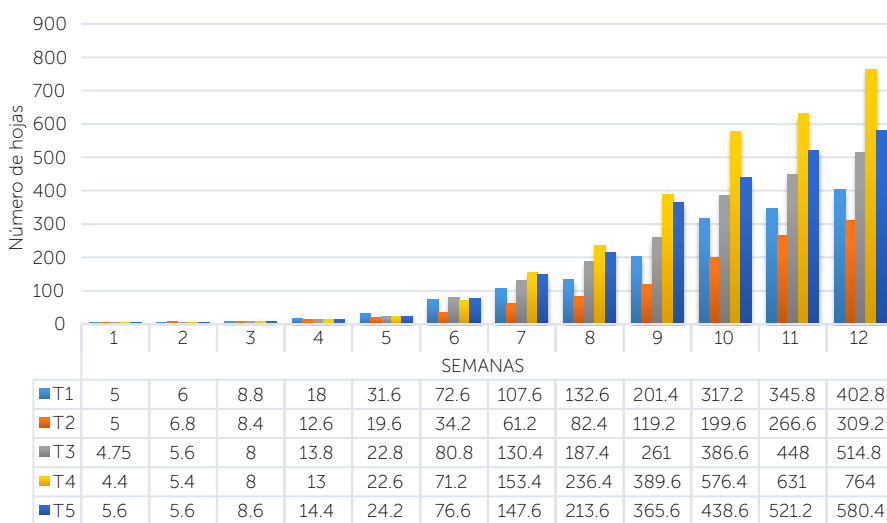


Figura 3. Número promedio de hojas de las plantas de *Capsicum annum* var. *glabriusculum* durante las 12 semanas después del trasplante. T1 (100% VC), T2 (100% SF), T3 (50% VC – 50% SF), T4 (75% VC – 25% SF), y T5 (25% VC – 75% SF).

quedando en segundo, tercer, cuarto y quinto lugar, respectivamente, en comparación con T5 (Figura 4). T2, único tratamiento sin VC presentó la menor altura de planta en promedio. Se observa nuevamente que la interacción suelo y vermicomposta produce mayores alturas en plantas de chiles (Atiyeh et al., 2002; Nieto-Garibay et al., 2002; Bachman y Metzger, 2008; Del Águila-Juárez et al., 2011; Palma-López et al., 2017; 2019).

Grosor del tallo. Se encontraron diferencias significativas con el ANOVA aplicado a los datos sobre el diámetro del tallo (en milímetros), a los 84 días de la siembra, con un CV de 7.38% ($P \leq 0.05$). En las pruebas múltiples de medias de Tukey del grosor del tallo, no se encontraron diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05$) en el grosor de los tallos de las plantas de los tratamientos con VC (T1, T3, T4 y T5), indicando que para este parámetro los tratamientos se comportaron iguales. El T2 (100% SF), fue el que se diferencia de los demás ($P \leq 0.05$), promediando estadísticamente un menor diámetro en tallo (Figura 5).

Estos resultados coinciden con algunos trabajos como López-Arcos et al. (2012), quienes obtuvieron 115% mayor grosor en tallo utilizando vermicompostas en chile habanero en el estado de Tabasco; Gómez et al. (2008), quienes obtuvieron mayores diámetros en tallo, así como número de hojas en hortalizas como rábano y frijol, aplicando abonos orgánicos en distintas concentraciones; y finalmente, Moreno-Reséndiz et al. (2005), donde aplicarle abonos orgánicos y humus a tomates proporcionaba un mayor crecimiento del grosor del tallo, así como altura de las plantas. Al igual que en Palma-López et al. (2019), los resultados sugieren la importancia de utilizar abonos orgánicos para mejorar el rendimiento en chiles como *C. chinenses* Jacq.

Rendimiento del cultivo. En el primer corte se obtuvo un CV de 29.24%, con-

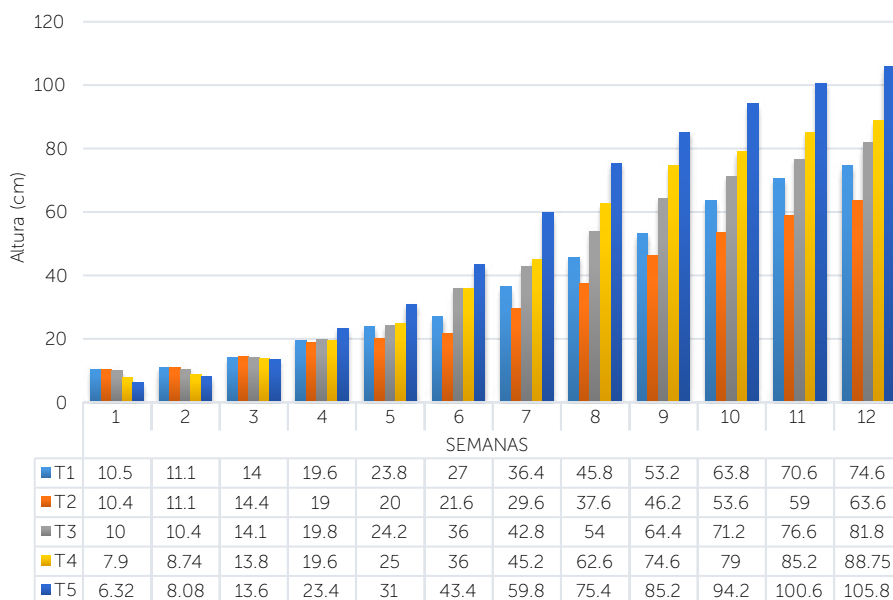


Figura 4. Altura promedio (cm) de las plantas de *Capsicum annuum* var. *glabriusculum* durante las 12 semanas después del trasplante. T1 (100% VC), T2 (100% SF), T3 (50% VC – 50% SF), T4 (75% VC – 25% SF), y T5 (25% VC – 75% SF).

siderado alto; mientras en el segundo corte el CV se incrementó a 48.55%. Finalmente, al sumar los dos cortes se obtuvo un CV de solo 26% ($P \leq 0.05$). Esta gran variación en los datos se relaciona con la diferente capacidad que tienen las plantas de *C. annuum* var. *glabriusculum* de amarre de fruto (Castañón-Nájera et al., 2010). Pese a lo anterior el ANOVA en los tres casos mostró alta significancia ($P \leq 0.001$), por lo que se puede inferir, con el soporte de las otras variables agronómicas, que si existe un efecto real de los tratamientos en el comportamiento del chile amashito (Figura 6). Al respecto Gómez et al.,

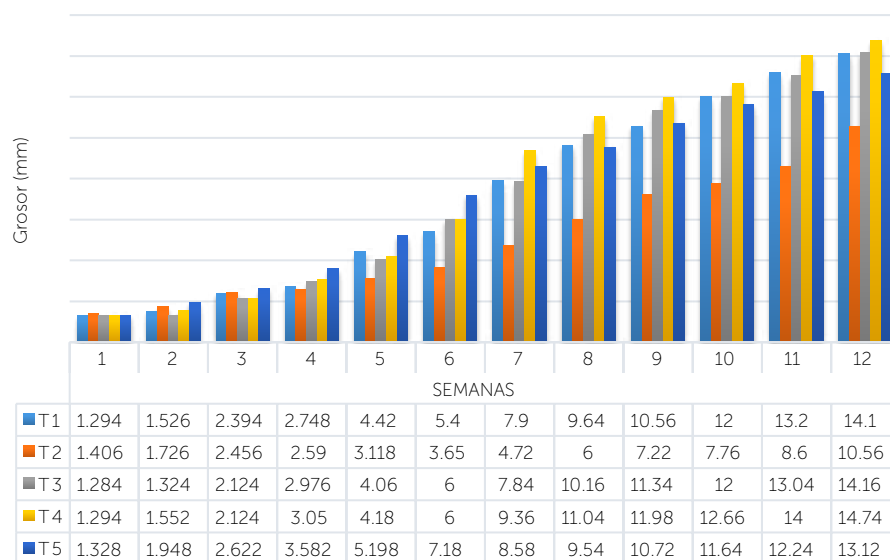


Figura 5. Diámetro (grosor) del tallo (mm) de las plantas de *Capsicum annuum* var. *glabriusculum*, durante las 12 semanas posteriores al trasplante. T1 (100% VC), T2 (100% SF), T3 (50% VC – 50% SF), T4 (75% VC – 25% SF), y T5 (25% VC – 75% SF).

(2008) mencionan que la aplicación de abonos orgánicos al suelo influyó de forma directa en el incremento de los rendimientos en rábano y frijol; mientras Palma-López *et al.* (2019), mencionan que utilizar abonos orgánicos incrementa la calidad y peso de los frutos en chile habanero (*C. chinense* L. Jacq.).

La prueba a posteriori de Tukey indica durante el primer corte, que los tratamientos T1, T3 y T5 fueron estadísticamente iguales, mientras T4 presentó mayor peso de frutos. Durante el segundo corte, T1 fue más alto, mientras T3, T4 y T5 fueron iguales. Finalmente, el total de peso de frutos fue mayor en T1 y T4 que en el resto de los tratamientos; para todos los casos T2 (único tratamiento sin vermicomposta) fue inferior en rendimiento de esta variable. Nieto-Garibay *et al.* (2002) obtuvieron un incremento en la producción unitaria de chile (*C. chinense* Jacq.) y mejores rendimientos de cultivo al aplicar 25 t ha⁻¹ de abono orgánico.

CONCLUSIONES

Utilizar vermicomposta durante la siembra de chile amashito (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum*), genera mejores rendimientos de cultivo y plantas con mejores características físicas, ya que los tratamientos T1 y T4 (75% o superior de vermicomposta en el sustrato) presentaron mejores resultados.

Existe un mercado potencial para el chile amashito, y los altos rendimientos al utilizar abonos orgánicos indican que su producción pudiera ser redituable para productores regionales. Se requieren estudios de parámetros químicos en el

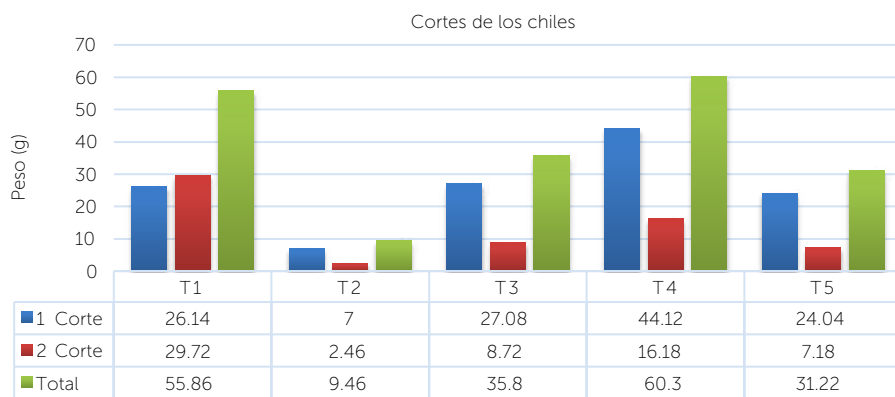


Figura 6. Peso medio de los frutos de *Capsicum annuum* var. *glabriusculum*, por planta en el primer, segundo corte y la suma de los dos cortes. T1 (100% VC), T2 (100% SF), T3 (50% VC – 50% SF), T4 (75% VC – 25% SF), y T5 (25% VC – 75% SF).

uso de dichos abonos para el cultivo de *C. annuum*, así como estudios financieros y de mercado para complementar la información presentada en este trabajo.

LITERATURA CITADA

Aguilar-Rincón, V. H.; Corona-Torres, T.; López, P.; Latournerie-Moreno, L.; Ramírez-Meraz, M.; Villalón-Mendoza, H.; y Aguilar-Castillo, J.A. (2010). Los chiles de México y su distribución. SINAREFI, Colegio de Postgraduados, INIFAP, IT-Conkal, UANL, UAN. Texcoco, México. 114 pp.

Atiyeh, R.M.; Lee, S.; Edwards, C.A.; Arancon, N.O.; y Metzger, J.D. (2002). The influence of humic acids derived from earthworms-proced organics wastes on plant growth. *Bioresource Technology* 84: 7-14.

Bachman G.R.; y Metzger, J.D. (2008). Growth of bedding plants in commercial potting substrate amended with vermicompost. *Bioresource Technology* 99: 3155–3161.

Bañuelos, N.; Salido, P.; y Gardea, A. (2008). Etnobotánica del chiltepin. Pequeño gran señor en la cultura de los sonorenses. *Estudios Sociales* 16(32):177-205.

Castañón-Nájera, G.; y Hernández, R. (2006). Diversidad morfológica de chile en tres rancherías del municipio de Huimanguillo, Tabasco. *Kuxulkab* 22: 35-43.

Castañón-Nájera, G.; Latournerie-Moreno, L.; Leshner-Gordillo, J.M.; De La Cruz, L.; y Mendoza-Elos, M. (2010). Identificación de variables para caracterizar morfológicamente colectas de chile (*Capsicum* spp.) en Tabasco, México. *Universidad y Ciencia* 26(3): 225-234.

Del Águila-Juárez, P.; Lugo, F.J.; y Vaca-Paulín, R. (2011). Vermicomposting as a process to stabilize organic waste and sewage sludge as an application for soil. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 14: 949-963.

Gómez, A.R.; Lázaro, J.G.; y León, N.A. (2008). Producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y Rábano (*Rhabanus sativus* L.) en huertos biointensivos en el trópico húmedo de Tabasco. *Universidad Científica* 24: 11-20.

Hernández-Verdugo, S.; Luna-Reyes, R.; y Oyama, K. (2001). Genetic structure and differentiation of wild and domesticated populations of *Capsicum annuum* (Solanaceae) from Mexico. *Plant Systematics and Evolution* 226: 129-142.

López-Arcos, M.; Poot-Matu, J.E.; y Mijangos-Cortez, M.A. (2012). Respuesta del chile habanero (*Capsicum chinense* L. Jacq.) al suministro de abono orgánico en Tabasco, México. *Revista Científica UDO Agrícola* 12(2): 307-312.

Moreno-Reséndez, A.; Valdés-Perezgasca, M.T.; y Zarate-López, T. (2005). Desarrollo de tomate en sustratos de vermicompost/arena bajo condiciones de invernadero. *Agricultura Técnica* 65(1):26-34.

Nieto Garibay, A.; Murillo, A.B.; Troyo, D.E.; Larrinaga, M.J.A.; y García, H.J.L. (2002). El uso de composta como alternativa ecológica para la producción sostenible del chile (*Capsicum annuum* L.) en zonas áridas. *Interciencia* 27 (8): 417-421.

- Palma-López, D.J.; Morales-Garduza, M.A.; Rivera-Hernández, B.; Palma-Cancino, D.Y.; y Peña-Peña, A.J. (2017). Diseño y establecimiento de un módulo organopónico. *Agro Productividad* 9(12): 94-99.
- Palma-López, D.J.; Rivera-Hernández, B.; Morales-Garduza, M.A.; Peña-Peña, A.J.; Palma-Cancino, D.Y.; Cámara-Reyna, J.C.; y Mejía-Núñez, A. (2019). Producción intensiva de hortalizas en sistema organopónico. Colegio de Postgraduados Campus Tabasco, Cárdenas, México. 82 pp.
- Pérez-Castañeda, L. M.; Castañón-Nájera, G.; y Mayek-Pérez, N. (2007). Diversidad morfológica de chiles (*Capsicum* spp.) de Tabasco, México. *Cuadernos de Biodiversidad* 27:11-22.
- Ramírez, M.; y González, J. (2006). Caracterización y algunos procesos de mercadeo del chile amashito (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum*) en la región de la Chontalpa y municipio del Centro. Tesis de Licenciatura. Universidad Popular de la Chontalpa, Cárdenas, México. 32 p.



Pregerminative seed treatments and seedling initial development of amashito chilli (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*)

Tratamientos pregerminativos a semillas y desarrollo inicial de plántulas de chile amashito (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*)

Brondo-Ricárdez, René¹; Domínguez-Angulo, Santiago¹; Pérez-Hernández, Isidro^{1*}; D'Artola-Barceló, Alain Lois¹

¹Universidad Politécnica del Golfo de México. Paraíso, Tabasco, México, C.P. 86600.

*Autor para correspondencia: iph02@hotmail.com

ABSTRACT

Objective: To evaluate pregerminative treatments of fresh and dried seeds and the seedling initial development of amashito chilli (*Capsicum annuum* L.).

Design/methodology/approach: The experimental unit consisted of a Petri dish in which five seeds were placed, two experiments were performed: in the first one freshly collected seeds were used, in the second they were allowed to dry under shade for thirty days. Three treatments were applied, and a control treatment, with three repetitions for each one. Hydrochloric acid 3% (T1), sodium hypochlorite 3% (T2) and undiluted lemon juice (T3) were used.

Results: Fresh seeds treated with sodium hypochlorite had the highest germination values (93.3%). The treatment with hydrochloric acid (T1) showed 0% germination. The dried seeds of T2 had a higher height (4.1 cm), the same treatment with dried seeds had the lowest height (1.9 cm). The survival of plants was not affected by pregerminative treatments, the values fluctuated between 77 and 100% in all treatments

Limitations on study/implications: The development of plants was monitored only in a part of its life cycle.

Findings/conclusions: Sodium hypochlorite is the best treatment for seed germination. In the case of hydrochloric acid, it is suggested to experiment with concentrations less than 3% to promote seed germination. It is recommended to let dry the seeds for thirty days and apply 3% sodium hypochlorite to stimulate germination.

Key words: Culture, conservation, gastronomy, rural economy, wild species.

RESUMEN

Objetivo: Evaluar tratamientos pre germinativos de semillas frescas y secas de chile amashito (*Capsicum annuum* L.) y el desarrollo de plántulas.

Diseño/metodología/aproximación: La unidad experimental consistió en una caja Petri en la cual se colocaron cinco semillas, se realizaron dos experimentos: en el primero se usaron semillas frescas recién colectadas, en el segundo se dejaron secar bajo sombra por treinta días. Se aplicaron tres tratamientos y el testigo con tres repeticiones. Se usó ácido clorhídrico al 3% (T1), hipoclorito de sodio al 3% (T2) y jugo de limón sin diluir (T3).

Resultados: Las semillas frescas tratadas con hipoclorito de sodio presentaron los valores más altos de germinación (93.3%). El tratamiento con ácido clorhídrico (T1) presentó 0% de germinación. Las semillas secas del T2 presentaron mayor altura (4.1 cm), el mismo tratamiento con semillas secas presentó la menor altura (1.9 cm). La supervivencia de plantas no fue afectada por los tratamientos pre germinativos, los valores fluctuaron entre 77 y 100% en todos los tratamientos.

Agroproductividad: Vol. 13, Núm. 2, febrero, 2020. pp: 53-59.

Recibido: octubre, 2019. **Aceptado:** enero, 2020.

Limitaciones del estudio/implicaciones: Sólo se dio seguimiento al desarrollo de plantas en una parte de su ciclo de vida.

Hallazgos/conclusiones: El hipoclorito de sodio es el mejor tratamiento para la germinación de semillas. Para el caso del ácido clorhídrico, se sugiere experimentar con concentraciones menores a 3% para promover la germinación. Se sugiere dejar secar las semillas por treinta días y aplicar hipoclorito de sodio al 3% para estimular la germinación.

Palabras claves: Cultura, conservación, gastronomía, economía rural, especie silvestre.

INTRODUCCIÓN

En el mundo existen 87 variedades del género *Capsicum* (USDA, Agricultural Research Service, National Plant Germplasm System, 2019), las cuales se han utilizado de diversas maneras para la alimentación desde la época prehispánica. En México, el género *Capsicum* (chiles) cuenta con más de 26 especies (López, 2003), la importancia del chile radica en que está ligado a la cultura desde sus orígenes y se encuentra distribuido por todo el territorio nacional (Laborde-Cansino y Pozo-Campodónico, 1982). Algunas especies de chile se han utilizado en las ceremonias religiosas, en especial cuando se rendía tributo a Tlatlahuqui Cihuatl Ichilzintli, la diosa prehispánica del chile (Long, 1998). También ha sido utilizado como un remedio medicinal para contrarrestar problemas de presión alta, fiebre, dolor de muela, dolor de oído, gripa, tos, entre otros (Long, 1998; Bañuelos et al., 2008), además de una extensa importancia en ámbitos de nutrición (Liu et al., 2013) y economía (Rodríguez et al., 2004). Una especie del género *Capsicum*, es el chile amashito (*Capsicum annum* L.) var. *glabriusculum* (Dunal) Heiser & Pickersgill (Sin. *C. annum* L. var. *aviculare*), se distribuye de manera silvestre desde el sur de Estados Unidos de América hasta Perú (Long, 2011). El chile amashito se caracteriza por presentar bajos porcentajes de germinación a pesar que las semillas estén maduras y las condiciones ambientales sean las adecuadas. Esta limitante se conoce como dormancia fisiológica, en la cual una o varias condiciones internas de la semilla le impiden germinar, aunque las condiciones ambientales sean óptimas (Hernández-Verdugo et al., 2010; Prado-Urbina et al., 2015). Esto se debe a que la semilla tiene una cera epicuticular que la hace impermeable (Ramírez-Meraz et al., 2003). De manera natural, el chile amashito presenta problemas de germinación, con porcentajes menores al 5% (Ramírez-Meraz et al., 2003; INIFAP, 2011) y usando tratamientos pregerminativos se alcanzan rangos de germinación de 40% hasta 99.5% (Araiza et al. 2011; Prado-Urbina et al., 2015; González-Cortés et al., 2015). La mayoría de las investigaciones que buscan estimular la germinación han utilizado como principal tratamiento el ácido giberélico en las diferentes versiones comerciales (García et al., 2010; González-Cortés et al., 2015), en otros experimentos se ha usado hidrotermia y ácido clorhídrico (Araiza et al., 2011; Prado-Urbina et al., 2015). En la presente investigación se plantea evaluar el efecto de tres tratamientos químicos en la germinación de semillas y desarrollo de plántulas de semillas frescas y secas de chile amashito (*Capsicum annum* L.), con el fin de promover la germinación de semillas de chile amashito y su propagación para cultivos, principalmente en zonas rurales, lo cual pueda proporcionar beneficios por

el alto valor económico que poseen los frutos de esta especie, que podría contribuir significativamente a la economía familiar (Mariaca, 2012; Muñoz y Santos, 2015).

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio experimental se desarrolló en condiciones de laboratorio en las instalaciones de la Universidad Politécnica del Golfo de México, Paraíso, Tabasco, México (18° 22' 7.28" N 93° 11' 51.80" O) (Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México, 2017).

Germinación de semillas

Se recolectaron frutos maduros directamente de 10 individuos de la especie (*Capsicum annum* L.) var. *glabriusculum* (Dunal) Heiser & Pickersgill (Sin. *C. annum* L. var. *aviculare*) para la obtención de semillas. Las plantas padres donde se obtuvieron las semillas se localizaron en las coordenadas 18° 22' 7.28" N 93° 11' 51.80" O, en el municipio de Paraíso, Tabasco. Los frutos se abrieron manualmente para obtener las semillas, por inspección visual se seleccionaron las semillas que no presentaban daño o fueran vanas. Se realizaron dos experimentos para lo cual las semillas se dividieron en dos lotes. En el primer experimento se usaron semillas frescas recién obtenidas de los frutos y para el segundo, se usaron semillas secas con 30 d a la sombra a temperatura ambiente (26 °C). En los dos experimentos se aplicaron los tratamientos pre germinativos que se muestran en la Cuadro 1. El testigo consistió en mantener las semillas sólo con agua destilada durante todo el experimento. T0-S: Tratamiento 0 con semillas secas, T0-F: Tratamiento 0 semillas frescas. Al concluir el tiempo de

Cuadro 1. Tratamientos aplicados a semillas de chile amashito (*Capsicum annum*) en Paraíso, Tabasco, México.

Clave	Descripción del tratamiento
T1-S	Semillas sumergidas en ácido clorhídrico (HC [37.5]) diluido a 3% por 72 h.
T1-F	Semillas sumergidas en ácido clorhídrico (HCl) diluido al 3% durante 72 h.
T2-S	Semillas sumergidas en Hipoclorito de sodio (NaOCl) al 3% durante 24 h.
T2-F	Semillas sumergidas en Hipoclorito de sodio (NaOCl) al 3% durante 24 h.
T3-S	Semillas sumergidas en jugo limón (pH=2.5) sin diluir durante 24 h.
T3-F	Semillas sumergidas en jugo limón sin diluir durante 24 h.

los tratamientos, se enjuagaron las semillas con agua destilada. Luego se depositaron 15 semillas del mismo tratamiento divididas en tres unidades experimentales que consistieron en cajas Petri de vidrio de 10 cm de diámetro con papel filtro (Whatman™) como sustrato, se usó agua destilada para mantener húmedo el papel filtro. Las unidades experimentales se mantuvieron en sombra a temperatura ambiente. El experimento se condujo del 01 de julio al 18 de agosto de 2018.

Trasplante de semillas germinadas

Después de tres días de germinadas las semillas, se procedió a trasplantar un individuo en unidades experimentales cilíndricas de unicel de 8.5 de cm diámetro superior y 5 cm de diámetro inferior. Como sustrato se usó una mezcla compuesta de 25% abono de la cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L), 25% de arena, 25% composta y 25% de cáscara de grano de cacao. El sustrato se mantuvo húmedo con agua destilada, las unidades experimentales se mantuvieron a media sombra en condiciones de laboratorio.

Se evaluó el porcentaje de germinación, registrando diariamente la cantidad de semillas que presentaron emergencia de la radícula hasta 30 d después de la siembra. Se calculó la tasa media de germinación (Martínez-Sánchez, 2004), que puede definirse como la relación del número total de semillas germinadas con el tiempo hasta que se obtuvo el último registro de germinación, se calculó mediante la ecuación:

$$Tm = n/t$$

Tm =tasa media de germinación; n =número total de semillas germinadas; t =tiempo de germinación desde la siembra hasta la germinación de la última semilla.

El crecimiento de plantas se evaluó cada 8 d, durante 5 sem registrando altura total de plántula, a partir de la

base y hasta la yema apical. Para esta variable, se consideraron todas las semillas germinadas por tratamiento, sin tomar en cuenta la condición de semillas secas y frescas.

La supervivencia de plántulas fue evaluada considerando la diferencia entre plántulas vivas y muertas del total expresadas en porcentaje. Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) para determinar las diferencias entre tratamientos. Se aplicó la prueba Post hoc de Tukey para ver cuáles tratamientos marcaron diferencias. Se aplicó la prueba de homogeneidad de varianzas y normalidad de los datos antes de realizar el análisis estadístico. Se usó el paquete estadístico STATISTICA 7.0 para analizar los datos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El ANDEVA mostró diferencias significativas en la cantidad de semillas germinadas entre los tratamientos pre germinativos ($p=0.000$, $F=15.69$) y entre semillas secas y frescas ($p=0.022$, $F=6.32$). La mayor cantidad de semillas germinadas se registró en los tratamientos T2-F y T2-S (93.3 y 80%, respectivamente), sin diferencias de acuerdo al análisis de Post hoc de Tukey ($p<0.05$) con T0-S (73.3%) y con T3-S (46.7%). Los tratamientos T1-S, T1-F, T3-F, presentaron 0% de germinación de semillas, sin diferencias estadísticas ($p<0.05$) con el T0-F (13.3%) (Figura 1).

Tasa media de germinación

La mayor tasa de germinación de semillas lo registró el T2-F (1.17), seguido del T0-S (1.1) y T2-S (0.92). El menor

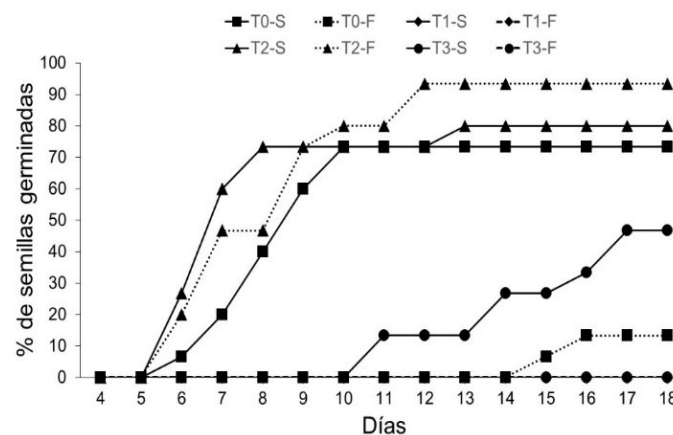


Figura 1. Germinación de semillas de chile amashito (*Capsicum annum* L.) var. *glabrusculum* (Dunal) Heiser & Pickersgill (Sin. *C. annum* L. var. *aviculare*) con tres tratamientos pregerminativos aplicados a semillas secas y frescas.

valor lo presentaron T1-S, T1-F y T3-F (Cuadro 2). Se puede observar en el Cuadro 2 que el T0-S fue el primero en alcanzar su máxima germinación de semillas a los 10 d, seguida del T2-F a los 12 d y de T2-S a los 13 d, seguida del T0-F a los 16 d y T3-S a los 17 d.

Crecimiento y sobrevivencia de plantas

De acuerdo con el ANDEVA, la altura de plantas en los tratamientos con semillas secas y frescas presentó diferencias significativas ($p=0.000$, $F=564.3$). La mayor altura se encontró en el T2-S (4.1 cm), y de acuerdo al análisis Post hoc de Tukey, no mostró diferencias significativas con el T0-S (4 cm), con diferencias significativas con el T2-F y T0-F (1.9 y 2.2 cm, respectivamente) que presentaron los menores valores (Figura 2)

No se encontraron diferencias significativas en la supervivencia de plantas entre los tratamientos pre germinativos (ANDEVA, $p=0.23$, $F=1.63$). Los valores fluctuaron entre 100 y 77%. El mayor valor lo presentaron T0-S, T0-F y T3-S y los valores más bajos T2-F y T2-S (Figura 3). En la gráfica no se muestran datos de supervivencia del T1 y T3-F, debido a que no se presentó germinación de semillas.

Existen semillas de diversas especies que han desarrollado estrategias de supervivencia, una de éstas es la dormancia, en la cual las semillas tienen condiciones internas que le impiden germinar aun cuando las condiciones del ambiente sean óptimas (Palma *et al.*, 2000; Muñoz *et al.*, 2004). La dormancia puede ser por impermeabilidad, embrional o fisiológica (Figuerola *et al.*, 2004; Pérez-Ruiz *et al.*, 2015), y con ello, las semillas pueden hacer frente

Cuadro 2. Semillas germinadas, tiempo de germinación y tasa media de germinación de semillas secas (S) y frescas (F) de chile amashito amashito (*Capsicum annum L.*) var. *glabriusculum* (Dunal) Heiser & Pickersgill (Sin. *C. annum L.* var. *aviculare*) con la aplicación de tres tratamientos pregerminativos: ácido clorhídrico (T1), hipoclorito de sodio (T2), jugo de limón (T3), y el testigo (T0).

Tratamientos	Semillas germinadas	Tiempo de germinación (días)*	Tasa media de germinación
T0-S	11	10	1.1
T0-F	2	16	0.13
T1-S	0	n/a	0.00
T1-F	0	n/a	0.00
T2-S	12	13	0.92
T2-F	14	12	1.17
T3-S	7	17	0.41
T3-F	0	n/a	0.00

*Días hasta cuando germinó la última semilla para el tratamiento.

a las condiciones adversas que puedan presentarse en la naturaleza y sobrevivir (Hernández *et al.*, 2009; Jessica, 2010; Escobar *et al.*, 2015). Sin embargo, esta estrategia puede resultar una limitante al momento de establecer un cultivo comercial (Schutz *et al.*, 2002; Smith *et al.*, 2010), tal es el caso del chile amashito que se presenta bajo porcentaje de germinación por la impermeabilidad, dureza de la testa, baja permeabilidad del embrión y dormancia (Bañuelos *et al.*, 2008; Araiza *et al.*, 2011).

Para romper la latencia de semillas, en varias investigaciones han usado ácidos fuertes como el ácido clorhídrico y sulfúrico, ácido nítrico y nitrato de potasio (HNO_3 y KNO_3) (Hernández-Verdugo *et al.*, 2010; Martínez *et al.*, 2013; Prado-Urbina *et al.*, 2015; Merino-Valdés *et al.*,

2018); estas sustancias escarifican la testa de la semilla, promoviendo la entrada de agua a los cotiledones. El Hipoclorito de sodio es una sustancia corrosiva (74.4%) que en bajas concentraciones y en periodos cortos pueden escarificar la testa sin causar daños al embrión. Por esta razón, se considera que fue el efecto que tuvo sobre las semillas de *C. annum L.* var. *glabriusculum*, que promovió la germinación en 93.3% en semillas frescas

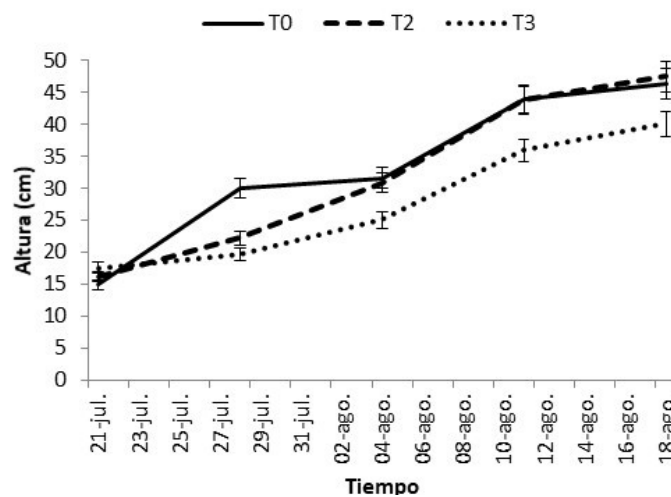


Figura 2. Altura de plantas de chile amashito amashito (*Capsicum annum L.*) var. *glabriusculum* (Dunal) Heiser & Pickersgill (Sin. *C. annum L.* var. *aviculare*) con tres tratamientos pregerminativos aplicados a semillas secas y fresca.

y 80% en semillas secas. Estos valores son similares a los reportados en otros estudios donde usaron ácido giberélico en diferentes concentraciones y presentaciones comerciales (Hernández-Verdugo et al., 2001; García et al., 2010; Araiza et al., 2011; Cano-Vázquez et al., 2015; González-Cortés et al., 2015; Mirales-Rodríguez et al., 2015; Prado-Urbina et al.,

2015). Con relación a esto, Araiza et al. (2011) reportan un porcentaje de germinación del 97% en una solución de ácido giberélico de 400 mg L^{-1} durante 20 h para *Capsicum annum* L. en la región serrana de Sonora.

Autores como Prado-Urbina et al. (2015) obtuvieron 92% de germinación con AG₃ Bayer (ácido giberélico comercial) usando una solución de 5000 mg L^{-1} en inmersión de 24 h, y mencionan que la condición de luz y el tratamiento hidrotérmico no influyó en el porcentaje de germinación. Otros, como Cano-Vázquez et al. (2015) reportan que existe variabilidad en el porcentaje de germinación entre colectas sin tratamiento, y acondicionando las semillas con AG₃ en concentración de 5000 mg L^{-1} eleva la germinación a 59%.

La nula germinación que se encontró con el tratamiento de ácido clorhídrico (T1) probablemente se deba a que el ácido llegó a causar daño en el embrión por la concentración o el tiempo de inmersión al que estuvieron expuestos, pues es una sustancia altamente corrosiva (Consejo Colombiano de Seguridad, 2005). Para *Capsicum pubences*, Merino-Váldes et al. (2018) reportaron que el ácido sulfúrico causa un daño drástico en la germinación de semillas en concentraciones de 60% a 100%. También Rodríguez et al. (2004) obtuvieron 9% de germinación usando HCL al 5% con inmersión de las semillas por 30 min. Respecto al jugo de limón, pese a que es ácido ($\text{pH}=2.5$) no mostró valores altos de germinación, y no hay bibliografía que reporten su uso como tratamiento pregerminativo para esta especie, pero se utilizó basado en conocimiento tradicional.

En los resultados obtenidos, aunque no hubo diferencias estadísticas en la altura, se observa que los trata-

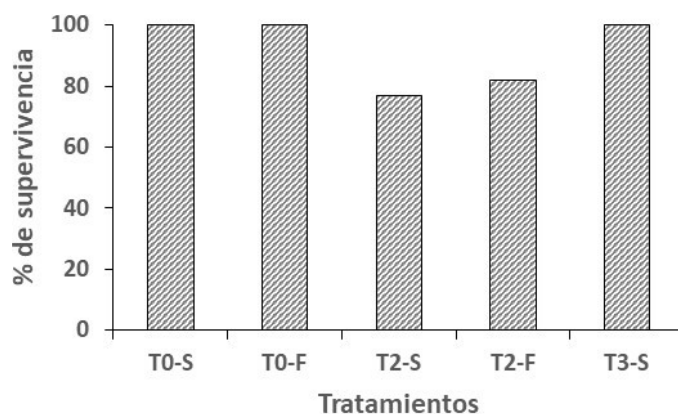


Figura 3. Porcentaje de supervivencia de plantas de chile amashito (*Capsicum annum* L.) var. *glabriusculum* (Dunal) Heiser & Pickersgill (Sin. *C. annum* L. var. *aviculare*) con tres tratamientos pre germinativos.

mientos con semillas secas presentaron mayor altura. Con relación a esto, Randle y Honma (1980) recomiendan secar las semillas por 6 sem para alcanzar el completo desarrollo embrionario. Tal vez por esta razón, las semillas secas presentaron mayor crecimiento. Se evaluó la altura de plántulas sin tratamiento, sólo para determinar el efecto de los tratamientos pre

germinativos en el desarrollo de las plántulas, de acuerdo a los resultados, se puede determinar que los tratamientos usados no influyeron en la altura de las plantas. No se encontró estudios científicos con chile amashito donde se considere el efecto de los tratamientos en el desarrollo de las plántulas. El valor más alto de esta investigación fue de 4.1 cm al mes (T2-S), en condiciones similares, Araiza et al. (2011) encontraron una altura de 6.5 cm utilizando ácido giberélico (400 mg kg^{-1}) como tratamiento pregerminativo. Rodríguez et al. (2004), aplicando ácido clorhídrico al 5 y 2%, obtuvo alturas de 2.8 y 2.4 cm.

Aunque no hubo diferencias significativas entre los tratamientos aplicados, se observó mayor supervivencia de plántulas en T0-S, T0-F y T3-S, debido a posiblemente a la aplicación de hipoclorito de sodio, lo cual pudo afectar al embrión por sus características corrosivas y oxidantes en el T2. Por otra parte, esta sustancia elimina la proliferación de hongos por lo que este tratamiento en semillas secas y frescas no presentó este fenómeno a diferencia de los demás tratamientos.

CONCLUSIONES

El hipoclorito de sodio fue el tratamiento con mayor germinación de semillas de chile amashito (*Capsicum annum* L. var. *glabriusculum*). El ácido clorhídrico no promovió la germinación de semillas. Los valores de inmersión en jugo de limón no fueron relevantes. La altura de las plantas de semillas frescas fue afectada por el tratamiento pre germinativo. Los tratamientos aplicados a las semillas no afectan la supervivencia de plantas. No se registró diferenciación en el comportamiento entre semillas secas y frescas en la



germinación de semillas y en la supervivencia de plántulas. Las semillas secas crecieron mejor que las semillas frescas. Para promover la germinación de *Capsicum annuum* se recomienda dejar secar las semillas por treinta días y aplicar hipoclorito de sodio al 3%.

LITERATURA CITADA

- Andrade, S. & Laurentin H. (2015). Efecto del nitrato de potasio sobre la germinación de semillas de tres cultivares de ají dulce (*Capsicum chinense* Jacq). Revista Unelles de Ciencia y Tecnología. 33: 25-29.
- Araiza L.N., Araiza LE., & Martínez M.J.G. (2011). Evaluación de la germinación y crecimiento de plántula de chiltepin (*Capiscum annuum* L. variedad *glabriusculum*) en invernadero. Revista Colombiana de Biotecnología, 13(2), 170-175.
- Bañuelos, N.L., Salido, P., & Gardea, A. (2008). Etnobotánica del chiltepin. Pequeño gran señor en la cultura de los sonorenses. Estudios sociales (Hermosillo, Son.), 16 (32), 177-205.
- Cano-Vázquez, A., López-Peralta, M. C., Zavaleta-Mancea, H. A., Cruz-Huerta, N., Ramírez-Ramírez, I., & Gardea-Béjar, A. G.-H. (2015). Variación en grados de latencia en semillas entre colectas de chile piquín (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum*). Botanical Sciences 93 (1), 175-184. Doi: 10.17129/botsci.138
- Consejo Colombiano de seguridad. (19 de Diciembre de 2005). Hoja de datos de seguridad ácido clorhídrico líquido. Obtenido de Hoja de datos de seguridad ácido clorhídrico líquido: chrome-extension://bbbnbmpdkfknckfmcndgabefnmdedfp/http://iio.ens.uabc.mx/hojas-seguridad/acido_clorhidrico.pdf.
- Escobar, E.D.F. & Cardoso, V. (2015). Germinación y latencia de semillas de *Miconia chartacea* (Melastomataceae), en respuesta a luz, temperatura y hormonas vegetales. Revista de Biología Tropical, 63(4), 1169-1184.
- Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México. (2017). Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México. Recuperado el 27 de Marzo de 2017, de <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM27tabasco/municipios/27014a.html>
- Figueroa, J. & Jaksic, F. (2004). Latencia y banco de semillas en plantas de la región mediterránea de Chile central. Revista Chilena de Historia Natural, (77) 201-215.
- García, F.A., Montes, H.S., Raguél, L.J., García, M., & Mendoza, E. (2010). Respuesta fisiológica de la semilla chile piquín (*Capsicum annuum* L.) var. *glabriusculum*. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 1 (2), 203-216.
- González-Cortés, N., Jiménez V.R., Guerra B.E.C., Silos E.H., & Payro D.L.C.E. (2015). Germinación del chile amashito (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*) en el sureste mexicano. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, (11), 2211-2218.
- Hernández-Verdugo, S., Oyama, K. & Vázquez-Yanes, C. (2001). Differentiation in seed germination among populations of *Capsicum annuum* along a latitudinal gradient in Mexico. Plant Ecology 155, 245-257. Doi: 10.1023/A: 1013234100003.
- Hernández, M. I., Lobo, M. A., Medina, C. I. C., Cartagena, J. R. V. & Delgado, O. A. P. (2009). Comportamiento de la germinación y categorización de la latencia en semillas de mortiño (*Vaccinium meridionale* Swartz). Agronomía Colombiana, 27 (1), 15-23.
- Hernández-Verdugo S., López-España R.G., Porras F., Parra-Terrazas S., Villareal-Romero M. & Osuna-E.T (2010). Variación en la germinación entre poblaciones y plantas de chiles silvestres. Agrociencia, (44), 667-677.
- INIFAP. (2011). Generación de tecnologías de producción de chile piquín (*Capsicum annuum* var. *aviculare*). Folleto informativo: 434.
- Jessica, D. (2010). Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. Cultivos Tropicales, 31(1), 74-85.
- Laborde-Cansino, J., & Pozo-Campodónico, O. (1982). Presente y pasado del chile en México. México: Publicación especial No. 85. INIA-SARH.
- Liu, C., Ning, M., Wang, P.-Y., Fu, N., & Shen, H.-L. (2013). Transcriptome Sequencing and De Novo Analysis of a Cytoplasmic Male Sterile Line and Its Near-Isogenic Restorer Line in Chili Pepper (*Capsicum annuum* L.). PLOS ONE 8(6), 10.1371/journal.pone.0065209.
- Long, J.T. (1998). *Capsicum* y cultura: La historia del chilli. México: Fondo de cultura económica.
- Long, J.T. (2011). Los senderos prehispánicos del. Históricas digital, 79-106.
- López, G.O.R. (2003). Chilli: La especia del Nuevo Mundo. Ciencias, 66-75.
- Mariaca M.R. (2012). La complejidad del huerto familiar maya del sureste de México. El huerto familiar del sureste de México, 7-97.
- Martínez-Sánchez, J. L. (2004). Fragmentación y remoción de semillas en el piso de la selva húmeda tropical: el caso de la reserva natural de Los Tuxtlas, sureste de México. Universidad y Ciencia Vol. 20 (39), 7-14.
- Martínez, S. J., Villegas, A. Y., Enríquez-del Valle, R., Carrillo, J. C R. & Vásquez, M. A. D. (2013). Estrategias de escarificación para eliminar la latencia en semillas de *Cenchrus ciliaris* L. y *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. (6), 1263 – 1272.
- Merino-Valdés M.; Andrés-Meza P; Leyva-Ovalle O.R.; López-Sánchez H; Murguía-González J.; Núñez-Pastrana, R.; Cebada-Merino M., Serna-Lagunes R.; Espinosa-Calderón A; Tadeo-Robledo M.; Sierra- Macías M.; Rosario-Arellano J.L. (2018). Influencia de tratamientos pregerminativos en semillas de chile manzano (*Capsicum pubescens* Ruiz & Pav.). Acta Agronómica. 67 (4) 531-537.
- Mireles-Rodríguez, E., Moctezuma-Balderas, N. L., Castro-Nava, S., Salazar-Hernández, R., Lucio-Castillo, H., & Pérez-Jasso, C. (2015). Preacondicionamiento en la germinación de cuatro colectas de chile piquín (*Capsicum annuum* var. *aviculare*) de Tamaulipas, México. Acta agrícola y pecuaria, 1 (3), 99-106.
- Muñoz, C.B.A., Sánchez J. & Almaguer, W. (2004). Germinación, dormancia y longevidad potencial de las semillas de *Guazuma ulmifolia*. Pastos y forrajes, 27 (1).
- Muñoz C.J.M., & Santos R.A.J. (2015). Personas de la tercera edad de comunidades rurales y la cocina tradicional de Tabasco, México. Revista española de nutrición comunitaria Vol. 21 (1), 29-33.
- Palma, R.M., López, H.A., Molina M.J.C. (2000). Condiciones de almacenamiento y germinación de semillas de *Cenchrus ciliaris* L. y *Andropogon gayanus* Kunth. Agrociencia, 34(1), 41-48.

- Pérez-Ruiz, J.A., Mejía-Contreras, J.A., Hernández-Livera, A. & Zamora-Díaz, D.M. (2015). Ausencia de latencia en semilla de genotipos mexicanos de cebada (*Hordeum vulgare* L.) para malta. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 38 (3), 249–255.
- Prado-Urbina, G., Lagunes-Espinoza, L.D., García-López, E., Bautista-Muñoz, C.D., Camacho-Chiu, W., Mirafuentes G.F., & Aguilar-Rincón, V.H. (2015). Germinación de semillas de chiles silvestres en respuesta a tratamientos pre-germinativos. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 2(5), 139-149.
- Ramírez-Meraz, M., Pozo C.O., & Rodríguez D.B.L.A. (2003). Tecnología para inducir a la germinación de chile piquín. Primer simposio regional sobre chile piquín, 35-36.
- Randle, W. M., & Honma, S. (1980). Inheritance of low temperature emergence in *Capsicum baccatum* var. *pendulum*. *Euphytica* 29, 331-335. Doi: 10.1007/BF00025131.
- Rodríguez, D.B.L.A., Ramírez-Meraz, M. & Pozo, C.O. (2004). Tecnología de producción de chile en el noreste de México. INIFAO-CIRNE. Campo Experimental Río Bravo. Folleto Técnico Núm. 29 Tamaulipas, México. 33 p.
- Schutz, W., Milbert, P., & Lamont, B.B. (2002). Seed dormancy, after-ripening nad light requirements of four annual Asteraceae in south-western Australia. *Annals of Botany* 90 (6), 707-714.
- Smith, M.T, Wang, S.P.B, & Msanga, H.P. (2010). Dormancia y germinación. En E. M. Flores, & J. A. Vozzo, *Manual de Semillas de Árboles Tropicales* (págs. 157-182). Canadá: FAO.
- USDA, Agricultural Research Service, National Plant Germplasm System. 2019. Germplasm Resources Information Network (GRIN-Taxonomy). National Germplasm Resources Laboratory, Beltsville, Maryland. URL: <https://npgsweb.ars-grin.gov/gringlobal/taxon/taxonomysimple.aspx>. Accessed 11 March 2019.



Pesticide use practices in farmers of the Chontalpa Sub-Region, Tabasco, Mexico

Prácticas de uso de plaguicidas en agricultores de la Sub-Región Chontalpa, Tabasco, México

Samuel Córdova Sánchez¹, Pérez Villar María de los Á.², De los Santos Ramos Itzel G.³,
Trujillo Acosta Diana K.³, Almenares López Damianys¹

¹Universidad Popular De La Chontalpa. H. Cárdenas, Tabasco, México, 86500. ²Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Prolongación de Avenida Paseo Usumacinta S/N, Ranchería González Primera Sección, CP. 86280. Villahermosa, Tabasco, México. ³Estudiante de Licenciatura en Químico Farmacéutico Biólogo. Universidad Popular de la Chontalpa. H. Cárdenas, Tabasco. México. 86500.

*Autor para correspondencia: damiany74@hotmail.com

ABSTRACT

Objective: to evaluate the use of pesticides and the symptoms caused by the misuse or management of agricultural workers of the Chontalpa sub-region in the state of Tabasco, Mexico.

Design/methodology/approximation: To collect the information, 91 farmers from four villages in Chontalpa were sampled, to which glucose, cholesterol and triglyceride levels were determined. A survey was also applied where their work and health history was investigated, as well as the management and frequency of use of pesticides and the symptoms associated with exposure.

Results: It was found that the pesticides used were insecticides, fungicides and herbicides. 63% of workers do not use safety measures in the use of pesticides. Among the protection measures referred to in 42% are the use of a long-sleeved shirt, boots, gloves and masks. 37% presented some symptoms of intoxication, the most frequent were headache, stomach pain and muscle pain. Likewise, the actions carried out by state researchers in the prevention of inappropriate use of pesticides are shown.

Conclusions: It was found that producers do not have sufficient knowledge about the risks and proper management of pesticides, which favors dangerous situations due to intoxication towards their health, that of their family and that of the population in general. Therefore, it is necessary to implement health and environmental education actions in agricultural farmers in the region.

Keywords: Poisoning, herbicides, insecticides, occupational exposure.

Agroproductividad: Vol. 13, Núm. 2, febrero, 2020. pp: 61-68.

Recibido: noviembre, 2019. **Aceptado:** enero, 2020.

RESUMEN

Objetivo: Evaluar el uso de plaguicidas y los síntomas provocados por el mal uso o/y manejo de trabajadores agrícolas de la Sub-región de la Chontalpa en Tabasco, México.

Diseño/metodología/aproximación: Para recabar la información se tomaron muestras de sangre venosa (previo consentimiento informado) a 91 agricultores de cuatro poblados de la Sub Región Chontalpa a los cuales se les determinó niveles de glucosa, colesterol y triglicéridos. También se aplicó una encuesta donde se investigó su historia laboral y de salud, así como el manejo y frecuencia de uso de plaguicidas y los síntomas asociados con la exposición.

Resultados: Los plaguicidas empleados fueron insecticidas, fungicidas y herbicidas. El 63 % de los trabajadores no emplea medidas de seguridad en el uso de plaguicidas. Dentro de las medidas de protección referidas en el 42 % se encuentran el uso de camisa manga larga, botas, guantes y mascarillas. El 37 % presentó algún síntoma de intoxicación, los más frecuentes fueron cefalea, dolor estomacal y dolor muscular. Asimismo, se muestran las acciones que realizan investigadores del estado en la prevención del uso inadecuado de los plaguicidas.

Conclusiones: Los productores no tienen suficiente conocimiento sobre los riesgos y el manejo adecuado de plaguicidas, lo que favorece situaciones de peligro por intoxicación hacia su salud, la de su familia y población en general. Por lo que es necesario implementar acciones de educación sanitaria y ambiental en campesinos agrícolas de la región.

Palabras clave: Plaguicidas, intoxicación, Chontalpa, herbicidas, insecticidas, enfermedad ocupacional.

debido a que utilizan 85% de tales productos, al ser uno de los principales insumos de trabajo (Tinoco *et al.*, 1999; Yáñez *et al.*, 2002).

Tabasco, México, es un estado con una actividad agrícola importante. A pesar de encontrarse entre las principales entidades en el uso de plaguicidas, son pocos los estudios dedicados a la evaluación de los plaguicidas empleados y su repercusión sobre la salud de la población agrícola en el Estado. La subregión Chontalpa agrupa cinco municipios de la llanura oeste del estado de Tabasco: Cárdenas, Comalcalco, Cunduacán, Huimanguillo y Paraíso. En muchos de sus municipios se pueden encontrar extensos cultivos de arroz (*Oryza sativa* L.), cacao (*Theobroma cacao* L.), caña de azúcar (*Saccharum* spp.), coco (*Cocos nucifera* L.), limón (*Citrus* sp.), plátano (*Musa paradisiaca*) y piña (*Ananas comosus* L. Merrill), así como la Ganadería.

Lo anterior permite señalar que sería muy importante emplear marcadores bioquímicos de toxicidad que permitan detectar de manera precoz los efectos crónicos y contribuir a la reducción de posibles efectos negativos de los plaguicidas sobre la salud humana y el medio ambiente. Ha sido estudiada la influencia de la exposición a plaguicidas sobre el perfil hematológico y bioquímico de los individuos expuestos. En el estudio de Parrón *et al.* (1996) no se observaron importantes diferencias significativas en el perfil hematológico y bioquímico de su grupo de fumigadores de alta exposición con respecto al de baja. Sin embargo, considerando todo el grupo de 105 fumigadores en conjunto observaron una elevación de los triglicéridos en 17% de los casos. Kreiss *et al.*

INTRODUCCIÓN

Un plaguicida es cualquier sustancia o mezcla de sustancias que se utiliza para controlar plagas que atacan los cultivos o insectos que son vectores de enfermedades. Son ampliamente utilizados en la producción agrícola para prevenir o controlar plagas, para reducir o eliminar las pérdidas de rendimiento y mantener la alta calidad del producto (Krieger *et al.*, 1992). Son conocidos, los beneficios tanto en la producción agrícola como en salud pública; sin embargo, la falta de selectividad de estos compuestos genera efectos tóxicos en la especie blanco y en otros seres vivos incluyendo al ser humano (Freyre *et al.*, 2016, González *et al.*, 2001). La Organización Mundial de la Salud ha estimado que cada año se producen en el mundo alrededor de un millón de intoxicaciones agudas por exposición a plaguicidas, con una letalidad de entre el 0.4 y 1.9%. Mientras que, la exposición mantenida a bajas dosis de estos compuestos se ha relacionado con varios trastornos a medio y largo plazo, incluyendo diferentes tipos de cáncer, alteraciones de la reproducción y del sistema nervioso, entre otros problemas (Sharp *et al.*, 1986; Maroni y Fait 1993). Los agricultores, debido a las diferentes propiedades de los productos que manejan y en función de los distintos cultivos y trabajos que realizan, presentan diferentes patrones de exposición a plaguicidas. Por ello, constituyen el grupo de mayor riesgo de sufrir la toxicidad por estos compuestos,

(1981), observaron una asociación positiva entre la dosis interna de plaguicidas (DDT) y los niveles de triglicéridos y colesterol. Bhatnagar (1982), observó elevación de lípidos y de ASAT, descenso de glucosa y urea y disminución de la actividad colinesterasa. Por el contrario, otros estudios encontraron hiperglucemia tras la intoxicación por organofosforados (Rivera y Rivera, 1990). En cambio, Ruiz (1997) encontró una elevación de la glucemia basal, del colesterol, transaminasas hepáticas y fosfatasa alcalina relacionados con la exposición a plaguicidas en agricultores de invernadero que los manejaban de forma regular. Ante la poca información científica que existe sobre sus efectos en la salud de los trabajadores agrícolas, en este estudio se evaluó con trabajadores agrícolas de cuatro comunidades localizadas dentro de la subregión Chontalpa, el uso de plaguicidas, así como, el registro de sintomatología relacionada al uso de los mismos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos para este trabajo corresponden a las actividades que se realizaron dentro del marco del proyecto PRODEP-UPC-032 en trabajadores agrícolas de la sub-región Chontalpa del Estado de Tabasco. Se realizó un estudio descriptivo transversal en agricultores de ambos sexos (poblados La Esperanza (11), Cucuyulapa (14), Mecatepec (34) y 25 de barrial). Se aplicó un cuestionario donde se les solicitaron datos sociodemográficos, historia laboral, tipo, usos y manejo de los plaguicidas y presencia reciente de síntomas relacionados con la última exposición a estos agroquímicos. Para caracterizar la práctica agrícola en cuanto al uso y manejo de los plaguicidas al agricultor, se le preguntó si leía las instrucciones de

las etiquetas, si mezclaban los plaguicidas, el tipo de equipo que empleaban para fumigar, el uso de equipo de protección personal, la hora del día y la duración de la aplicación, el tiempo de reentrada al campo fumigado, si la aplicación la realizaban a favor o en contra del viento o ambas, si acostumbraban fumar o comer durante la preparación o aplicación del plaguicida y sus hábitos de higiene personal (baño y cambio de ropa). Se les leyó la carta de consentimiento informado e invitó a participar en el proyecto de investigación. Todos accedieron a firmar. Los cuestionarios se aplicaron durante las labores agrícolas. Finalmente, se les preguntó sobre la presencia de síntomas de intoxicación aguda en alguna ocasión durante su vida laboral.

La toma de muestra sanguínea y obtención de suero, se hizo en ayuno de 12 a 14 h, se les realizó la extracción de sangre en un tubo vacutainer SD, tapón amarillo y empleando un torniquete ajustado al brazo. Las muestras se centrifugaron a 1600x G por 20 min. El sobrenadante se colocó en tubos Eppendorf para su congelación a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta el día de su análisis. La determinación del colesterol total (CT), los triglicéridos (TG) y la glucosa fueron analizados por métodos enzimáticos (Spinreact) empleando un Espectrofotómetro Semiautomático Metrolab1600.

A partir de una alícuota de suero los triglicéridos se evaluaron por el Método GPO-PAP. Brevemente, se incubo con lipoproteinlipasa (LPL) para liberar glicerol y ácidos grasos libres. El glicerol es fosforilado por glicerolfosfato deshidrogenasa (GPO) y ATP en presencia de glicerol quinasa (GK) para producir glicerol-3-fosfato (G3P) y adenosina-5-difosfato (ADP). El G3P es entonces convertido a dihidroxiacetona fosfato (DAP) y peróxido de hidrogeno (H_2O_2) por GPO. Al final, el peróxido de hidrogeno (H_2O_2) reacciona con 4-aminofenazona (4-AF) y p-clorofenol, reacción catalizada por la peroxidasa (POD) dando una coloración roja, que se lee a una longitud de onda de 505 nm (La intensidad del color formado es proporcional a la concentración de triglicéridos presentes en la muestra ensayada). Como valores de referencia emplean los siguientes Hombres: $40\text{-}160\text{ mg dL}^{-1}$ y Mujeres: $35\text{-}135\text{ mg dL}^{-1}$.

A partir de una alícuota de suero el colesterol se evaluó por medio del método enzimático CHOD-POD de SPINREACT. El Colesterol es oxidado enzimáticamente por la colesterol-oxidasa (CHOD), previa hidrólisis enzimática de los ésteres mediante una lipasa de origen fungal. El peróxido de hidrógeno (H_2O_2) generado en la oxidación permite la unión oxidativa del fenol con la 4-aminoantipirina mediante una reacción catalizada por la peroxidasa (POD). El indicador final es la quinoneimina, esta se forma a partir de peróxido de hidrógeno y 4-amino-antipirina en presencia de fenol y peroxidasa. La intensidad del color formado es proporcional a la concentración de colesterol presente en la muestra ensayada.

El análisis de glucosa se realizó empleando alícuotas de suero por el método enzimático GOD-POD (Spinreact). La glucosa oxidasa (GOD) cataliza la oxidación de glucosa a ácido glucónico. El peróxido de hidrógeno, producido se detecta mediante un aceptor cromogénico de oxígeno, fenol-ampirona en presencia de peroxidasa (POD). La intensidad del color formado

es proporcional a la concentración de glucosa presente en la muestra ensayada y es leída a 505 nm.

Análisis Estadístico

Se elaboró la base de datos para tener un panorama general de los productores de los cuatro poblados los cuales pertenecen a dos municipios de la subregión Chontalpa. A los datos obtenidos se les realizó un análisis estadístico descriptivo para el cálculo de medias y desviaciones estándar y un análisis de varianza para comparación de medias, empleando el paquete estadístico Origin Pro 2018.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La muestra estuvo constituida por 41 (45%) mujeres y 50 (55%) hombres, con edades de los 12 a 65 años (Figuras 1A y 1B). La mayoría de la población está constituida por adultos en edad laboral. Los menores son los hijos de los trabajadores o productores, aunque, en sus tiempos libres ayudan a sus familiares en las labores agrícolas.

Al realizar el análisis de los datos, se encontró que solamente el 26% refieren algún tipo de enfermedad crónica; dentro de ellas, las más comunes fueron las crónicas no trasmisibles como hipertensión arterial (12.1%), dislipidemias (7.7%), diabetes (5.5%), y anemias (2.2%). Sin embargo, al analizar los resultados de los exámenes sanguíneos se detectó un número mayor de personas con valores elevados de glucosa (40.65%), colesterol (19%) y triglicéridos (36.25%) siendo más frecuente en las mujeres la hipertensión arterial (26.37%) (Figuras 2 y 3, Cuadro 1). No obstante, es importante hacer énfasis en que las enfermedades referidas, únicamente fueron detectadas mediante el interrogatorio. Es necesario notar que el 5.40% refieren la presencia de más de una enfermedad crónica, pertenecientes al síndrome metabólico como diabetes, HTA y dislipidemias.

En varios trabajos, se ha registrado una relación positiva entre la exposición laboral a plaguicidas y un aumento

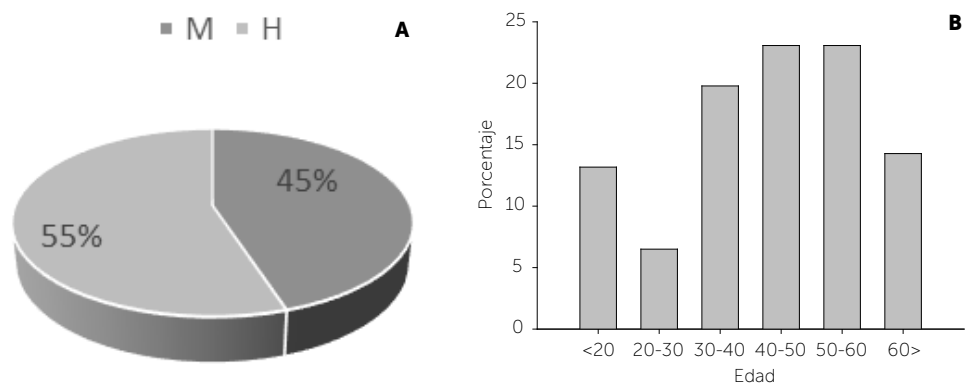


Figura 1. Distribución de los trabajadores agrícolas por género (A) y edad (B) en agricultores de cuatro poblados de la subregión Chontalpa, tabasco, México.

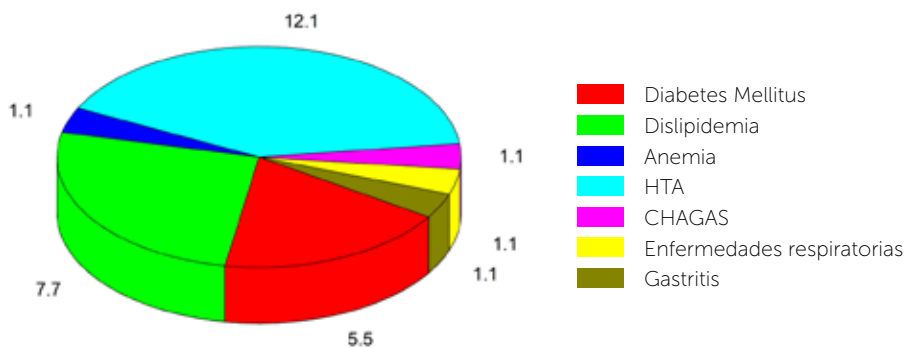


Figura 2. Frecuencia de enfermedades referidas en jornaleros y jornaleras agrícolas. (valores referidos como porciento).

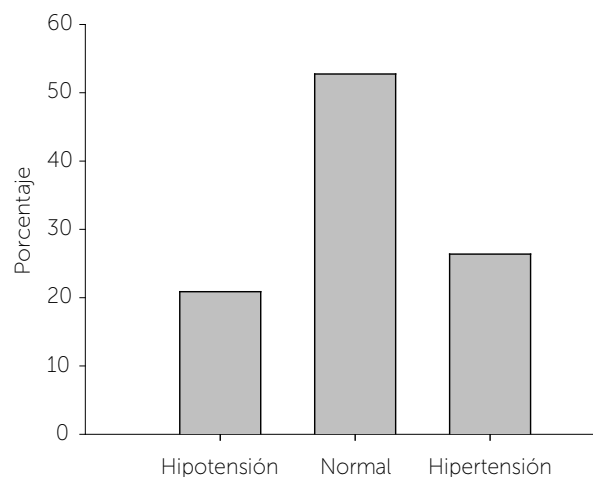


Figura 3. Clasificación de los pacientes por cifras de Tensión arterial.

del perfil lipídico (ej., incrementos reversibles de colesterol), especialmente tras la exposición a determinados organofosforados (Nakagawa *et al*, 1982). Como puede observarse en el Cuadro 2, los principales cultivos a los que se dedican los agricultores son: caña de azúcar (17.58%), maíz (23.07%), piña (27.47%) y plátano (15%). Una característica que tienen los agricultores es que la mayoría de ellos se dedican a más de un cultivo con lo

Cuadro 1. Distribución de los pacientes por valores de glucosa, colesterol y triglicéridos.

Glucosa	#	%	Colesterol		#	%
<80	26	28.57	<200	Normal	74	81.31
80>120	28	30.76	200-239	Moderado	6	6.59
120>	37	40.65	240>	Alto	11	12.08

Triglicéridos	Valores de referencia	< al valor de referencia	Normal	> valor de referencia
Hombres	40-160	6 (6.5 %)	33(36.26%)	11(12.08%)
Mujeres	35-135	0	19(20.87%)	22(24.17%)

que podría incrementarse el riesgo por mayor tiempo de exposición a los agroquímicos.

El 100% de los productores usa plaguicidas (sin una dosificación bien determinada). Los plaguicidas más empleados fueron herbicidas (glifosato, 2,4 D Amina), fungicidas (Tridemorf, mancozeb, etc) e insecticidas como el clorpirifos entre otros (Cuadro 3).

La población tiende a subestimar los efectos de los plaguicidas en la salud por desconocimiento de la magnitud de los problemas que pueden ocasionar. Aunque, también algunas personas reconocieron que estos productos afectan o dañan su salud, porque se sienten enfermos y presentan síntomas como dolores de cabeza frecuentes, mareos, vómito, entre otros padecimientos; además, de señalar algunos accidentes e incluso muertes con este tipo de sustancias en vecinos y en su propia familia.

Los plaguicidas organofosforados, carbamatos y piretrinas son menos persistentes que los organoclorados. Sin embargo, presentan alta toxicidad para los humanos en periodos cortos de tiempos (contaminación aguda) (Huerta y Delgado, 2000). Inhabilitan la Acetilcolinesterasa, enzima encargada de degradar la acetilcolina, lo que provoca alta concentración de este neurotransmisor y ocasiona convulsiones, calambres, hipertensión, vómitos, entre otros síntomas (Fernández et al., 2010).

Dentro de las razones expresadas por los productores para usar plaguicidas, se encuentran los beneficios tecnológicos que perciben y el valor económico que proporciona su uso. Sin embargo, no tienen suficiente conocimiento sobre los riesgos y el manejo adecuado de los mismos, lo que promueve conductas que favorecen situaciones

Cuadro 2. Distribución de los agricultores según cultivo al que se dedican.

Cultivo	Maíz	Caña	Piña	Frijol	Limón	Arroz	Yuca	Plátano
Productores Núm. y (%)	21(23.1)	16(17.6)	25(27.5)	10(10.9)	7(7.6)	1(1)	1(1)	14(15)

Cuadro 3. Plaguicidas empleados frecuentemente en cuatro poblados de la subregión Chontalpa.

Plaguicida	Clasificación	Grupo Químico	Toxicidad
Azoxistrobin	Fungicida	Estrobilurinas	Nocivo si se inhala
Baygon	Insecticida	Piretroides, OF's y carbamatos	Piretroides nocivo
Benomilo	Fungicida, acaricida y nematicida	Benzimidazoles	Peligroso
Bifentrin	Insecticida y acaricida.	Piretroide	Ligeramente tóxico
Carex	Insecticida	Piretroide	Nocivo en caso de ingestión
Clorpirifos	Insecticida	OF's	Moderado
FOLEY	Insecticida	OF's	Baja
Furadan	Insecticida y nematicida	Carbamato	Altamente tóxico
Glifosato	Herbicida	Aminofosfonato	Baja toxicidad aguda
Maneb	Fungicida	Ditiocarbamato	Alta toxicidad
Mancozeb,	Fungicida	Ditiocarbamatos	Baja toxicidad
MANZATE	Fungicida	Ditiocarbamatos	Tóxico por ingestión y cutánea
Siroco	Insecticida	Piretroide	Tóxico por absorción

de peligro por intoxicación hacia su salud, la de su familia y la de la población rural en general (Bernardino *et al.*, 2013). Es necesario señalar que los efectos tóxicos están en función del grado de toxicidad de la sustancia, de la vía de ingreso, concentración y dosis, así como de la duración a la exposición. Varias condiciones del uso y manejo de los plaguicidas, pueden incrementar o disminuir el riesgo de intoxicación aguda y crónica, tales como el transporte de las sustancias, mezcla, aplicación, lavado y reparación del equipo, etc., además, se debe incluir el tipo de actividad, método de aplicación, formulación del plaguicida, proporción aplicada, capacitación en el uso y manejo de los plaguicidas y equipo de protección personal adecuado; los hábitos en el trabajo y de higiene personal. Otros factores que también se deben considerar son como el clima, el tipo de cultivo, grado de tecnificación, superficie cultivada y cosechada, si la fumigación se realiza en lugares cerrados o abiertos, entre otros.

El Cuadro 4 muestra que los agricultores en la mayoría de las veces tienen contacto prolongado a plaguicidas sin tomar en cuenta el clima, ni los meses del año.

Al cuestionar a los trabajadores sobre las prácticas en el campo, se observó que 34% consume bebidas y alimentos mientras están trabajando, una práctica que se considera de riesgo.

El Cuadro 5, muestra que el 17.58% inició a trabajar en el campo siendo menores de edad, lo cual es característico de las áreas rurales, lo que constituye un factor de riesgo, ya que al usar desde temprana edad estos productos se familiarizan y los consideran inocuos por lo que en este estudio se encontraron factores de riesgo a la salud en los mismos.

Con respecto al lugar donde se guardan los plaguicidas, se muestra que solo el 58% tiene una bodega para guardar los plaguicidas, aunque dicho lugar no es exclusivo para estos productos (Cuadro 6). El 37% de la muestra tuvo síntomas de intoxi-

Cuadro 4. Frecuencia de contacto con plaguicidas y por trabajadores agrícolas de cuatro poblados de la subregión Chontalpa.

Frecuencia	Núm.	%
Diario	7	7.6
Tres veces a la semana	3	3.3
Una por semana	15	16.48
Poco frecuente	12	13.018
Mensual	33	36.26
Cada tres meses	5	5.4
Anual	2	2.19
Cada dos meses	2	2.19
Tres veces al año	12	13.18

cación (Figura 4). Los síntomas más frecuentes fueron cefalea (32%), dolor estomacal (26%) y dolor muscular (20%).

Diversos estudios han reportado la presencia de síntomas de intoxicación en trabajadores agrícolas; así por ejemplo, Parrón *et al.* (1996) observó que 37% de los fumigadores evaluados mostró algún tipo de síntoma o signo de toxicidad, como por ejemplo abortos espontáneos, depresión, cefalea, temblor o

parestias. Con respecto a la autoevaluación del conocimiento (Cuadro 7), es necesario señalar que solamente 13% refirió tener un nivel alto y 19% muy alto; sin embargo, al entrevistarlos sobre sus hábitos en el campo no llevan a la práctica los conocimientos que dicen poseer. Peres *et al.* (2007), plantean que la falta de información puede ser determinante en los procesos de

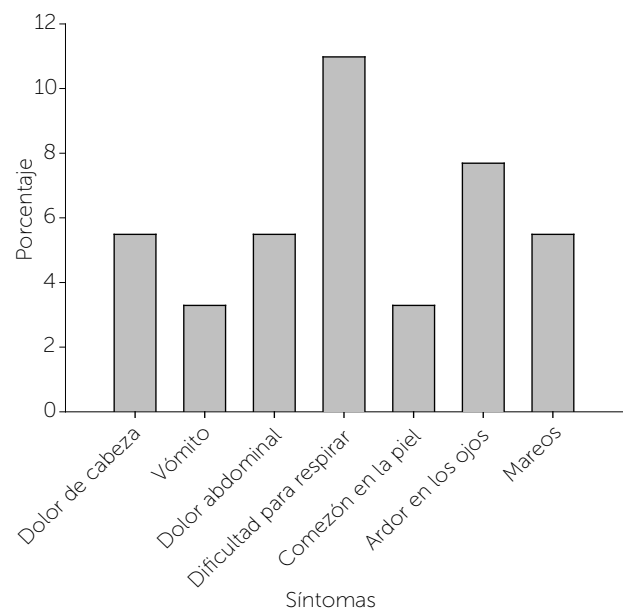


Figura 4. Síntomas de intoxicación en trabajadores agrícolas de cuatro poblados de la subregión Chontalpa, Tabasco, México.

Cuadro 5. Relación de agricultores por edad a la que empezaron a trabajar en el campo.

Edad (años)	Núm.	%
< 10	16	17.58
10 a 15	39	42.85
15 a 20	27	29.67
> 20	9	9.89

Cuadro 6. Distribución de agricultores por lugar donde se guardan los plaguicidas.

Lugar	Núm.	%
Bodega	53	58
Fuera de la casa	21	23.07
Granero	7	7.69
Lejos de la vivienda	10	10.98

Cuadro 7. Autoevaluación del nivel de conocimiento por parte de los trabajadores agrícolas de cuatro poblados de las Subregión Chontalpa, Tabasco, México.

Nivel	Núm.	%
Alto	13	14.28
Bajo	22	24.17
Media	24	26.37
Muy alto	19	20.87
Nula	13	14.28

minimización de los riesgos, en el entendido de que no es solo falta de información, sino el entendimiento de la misma, lo que quedó de manifiesto a través del presente estudio, con base a que la mayoría de los entrevistados reportaron conocer sobre los daños a la salud y ambientales, por tal motivo es necesaria la implementación de talleres de capacitación sobre buenas prácticas agrícolas, que permitan a los pobladores incorporar a sus saberes buenas prácticas agrícolas.

Los agricultores, sobre todo los de países en vías de desarrollo tienen mayor riesgo de sufrir intoxicaciones debido a la falta de protección y educación sanitaria, y están supeditados además a otros factores concurrentes como la pobreza, analfabetismo, parasitosis. Otro aspecto a considerar en el caso de los agricultores es la exposición múltiple de manera sucesiva y simultánea a distintas clases de plaguicidas insecticidas, herbicidas, fungicidas y fumigantes donde se pueden observar efectos sinérgicos, mientras que no son tenidos en cuenta los aditivos empleados en los productos comerciales (Hernández et al., 2007).

La mayoría de los trabajadores no utilizan protec-

ción (69%) o la utilizan de manera incorrecta, y esta práctica no parece variar en función de la edad, el nivel de formación o el nivel socioeconómico de los trabajadores. Tampoco parece influir la temporada, aunque se ha de recordar que Tabasco es una zona tropical humedad con temperaturas ambientales superiores a 30 °C durante o prácticamente todo el año (Cuadro 8).

Acciones de prevención de la toxicidad por el uso de plaguicidas

En la actualidad, el uso de plaguicidas para la protección fitosanitaria, se considera como una de las herramientas más eficaces y utilizadas. Aunque está ampliamente documentado, es necesario manipular estos productos de una forma racional empleando todas las medidas de seguridad necesarias por el peligro potencial que estos representan para la salud de las personas y para el medio ambiente. A pesar de los riesgos inherentes por uso de estos productos, son frecuentes determinadas prácticas de riesgo y muchos trabajadores asumen dichos peligros como algo propio e inevitable de esta actividad. Por lo que el grado de información y concientización acerca de estos productos debe ser cada día mayor. Es por ello que todos los esfuerzos deben dirigirse a modificar dichos comportamientos

Cuadro 8. Característica del uso de medidas de seguridad en trabajadores agrícolas de cuatro poblados de la subregión Chontalpa.

Usan Protección	Núm.	%
Si	24	26.37
No	63	69.23
Tipo de protección		
Guantes	12	13.18
Mascarilla o pañuelo en la boca	8	8.7
Camisa manga larga	18	19.78
Botas	15	16.48

Fuente: cuestionarios; n=91.

mediante campañas de formación e información sobre riesgos y la adopción de técnicas y métodos de trabajo, con el objetivo del mantenimiento de la seguridad y la salud en el trabajo.

El número de plaguicidas citados por cada trabajador fue variable entre herbicidas, insecticidas y fungicidas. La exposición a múltiples principios activos, con diferente grado de toxicidad, toxicocinética y toxicodinámica, en contextos ambientales y tecnológicos variables ponen de manifiesto la complejidad de la problemática y la dificultad de la cuantificación de la exposición ocupacional a plaguicidas.

El nivel de instrucción alcanzado, es muy importante respecto a la evaluación de riesgo probable, debido a que aporta a la caracterización de esta población, ya que el 9.3% de ésta no completó la escolaridad primaria. Este grupo, conforma un subgrupo poblacional vulnerable, tanto en la evaluación de riesgo como en la implementación de estrategias particulares de prevención, las cuales debieran diseñarse con apoyo particular en los mensajes dirigidos a los aplicadores. En los poblados objeto de estudio de este trabajo se observó falta de cultura en la prevención de riesgo, y es impor-

importante notar que se aplican plaguicidas muy tóxicos como los organofosforados y carbamatos, los cuales pueden causar intoxicación en los trabajadores e incluso la muerte. Todo lo anterior apoya la necesidad urgente de promover la capacitación de los productores en el manejo de plaguicidas en el cultivo de la caña de azúcar como ha

sido señalado en estudios previos realizados en la región (Hernández *et al.*, 2013). Es necesaria la intervención del Sector Salud para mejorar las condiciones laborales de la población, para evitar los riesgos por esta actividad. Por lo que es importante proponer a las autoridades de salud del país una verdadera vigilancia epidemiológica de los trabajadores agrícolas, y no sólo un registro de notificación de casos de intoxicación aguda.

CONCLUSIONES

Los trabajadores agrícolas que utilizan plaguicidas no están suficientemente informados en cuanto a los riesgos derivados de la exposición a estos productos y utilizan muy deficientemente las medidas de protección personal y se observa el uso inadecuado de múltiples plaguicidas para el rendimiento adecuado de las cosechas como única prioridad. Ello pone de manifiesto la necesidad de desarrollar los programas y las medidas de prevención necesarias para proteger a estos trabajadores. Por el desconocimiento y por no poner en práctica en ocasiones lo que conocen están en doble riesgo de intoxicaciones.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue apoyado por el proyecto PRODEP UPCH-PTC-032

LITERATURA CITADA

- Bernardino, H., Méndez, M., Beutelspacher, N., Álvarez, J., Torres, A. y Herrera, C. (2016). Factores socioeconómicos y tecnológicos en el uso de agroquímicos en tres sistemas agrícolas en los altos de Chiapas, México. *Interciencia*. 41(6): 382-392.
- Bhatnagar, V. K., Saigal, S., Singh, S. P., Khemani, L. D., and Malviya, A. N. (1982). Survey amongst workers in pesticide factories. *Toxicology Letters*. 10(2-3): 129-132.
- Fernández, D., Mancipe, L. y Fernández D.C. (2010). Intoxicación por organofosforados. *Revista Facultad de Medicina*. 18(1): 84-92.
- Freyre, O., Delgadillo, D., Lares, E. F. y Quintanar, M. A. (2016). Asociación de la exposición ocupacional a plaguicidas organofosforados con el daño oxidativo y actividad de acetilcolinesterasa. *Rev. Toxicología*. (6)33: 39-43.
- González, V. M., Capote, M. B. y Rodríguez, D. E. (2001). Mortalidad por intoxicaciones agudas causadas por plaguicidas. *Rev. Cubana Hig. Epidemiol*, 39: 136-143.
- Hernández, A. L., Qué-Ramos, F. J. Piña-Guzmán, A. B. y Laines, J. R. (2013). Investigación, desarrollo y práctica. Uso de plaguicidas en zonas cañeras del municipio de Cárdenas Tabasco, México: Posible impacto ambiental y a la salud. *REVISTA AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales*. 6(2): 1- 11.
- Hernández, G. M. M., Jiménez-Garcés, C., Jiménez-Albarrán, F. R. y Arceo-Guzmán, M. E. (2007). Caracterización de las intoxicaciones agudas por plaguicidas: perfil ocupacional y conductas de uso de agroquímicos en una zona agrícola del

estado de México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 23(4): 34-9.

- Huerta, A. y Delgado, P. (2000). Plaguicidas: Neurotoxicidad y vigilancia de la salud, Centro Nacional de Medios de Protección. Sevilla-INSHT. *Revista Prevención, Trabajo y Salud*. 8: 4-14.
- Kreiss, K., Zack, M.M., Kimbrough, R.D. 1981. Cross-sectional study of a community with exceptional exposure to DDT. *JAMA*. 245: 1926-1930.
- Krieger, R. I., Ross, J. H., and Thongsinthusak, T. (1992). Assessing human exposures to pesticides. *Rev. Environ Contam Toxicol*. 128: 1-15.
- Maroni, M., and Fait, A. (1993). Health effects in man from long-term exposure to pesticides. *Toxicology*. 78(1-3): 1-180.
- Nakagawa, M., Kobayashi, H., and Katsuya, M. 1982. Effect of organophosphates pesticides on the activities of lecithin-cholesterol acyltransferase and cholinesterase in rat serum. *Chem Pharm Bull*. 30: 214-218.
- Parrón, T., Hernández, A. F., and Villanueva, E. (1996). Increased risk of suicide with exposure to pesticides in an intensive agricultural area. A 12-year retrospective study. *Forensic Sci. Int*. 79: 53-63.
- Peres, F., Costa, J., Meneses, J. y Claudio, L. (2007). Percepción de riesgo de los agricultores con respecto al uso de pesticidas en un área agrícola del estado de Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Ciencia y Trabajo*. 9(26): 164-171.
- Rivera, J. A., and Rivera, M. (1990). Organophosphates poisoning. *Bol Asoc Med P R*. 82: 419-422.
- Ruiz, M., López-Jaramillo, L., Redondo, M. J., and Font, G. (1997). Toxicity Assessment of Pesticides Using the Microtox Test: Application to Environmental Samples. *Bull. Environ. Contam. Toxicol*. 59: 619-625.
- Sharp, D. S., Eskenazi, B., Harrison, R., Callas, P., and Smith, A. H. (1986). Delayed health hazards of pesticide exposure. *Ann. Rev. Public Health*. 7: 441-471.
- Tinoco, R., Hunt, L., Halpering, D., and Schwartz, N. (1999). Balancing risks and resources: applying pesticides without protective equipment in southern Mexico anthropology. In: Robert, H. (ed.) *Public Health: Bridging Differences in Culture and Society*, Oxford University Press. 408 p.
- Yáñez, L., Ortiz, D., Batres, L., Borja-Aburto, V. y Díaz-Barriga, F. (2002). Levels of dichlorodiphenyltrichloroethane and deltamethrin in humans and environmental samples in malarious areas of Mexico. *Environ. Res*. 88: 174-181.



Chemical degradation on Acrisols under different land-use and slope in the savannah of Huimanguillo, Tabasco, Mexico

Degradación química en Acrisoles bajo diferentes usos y pendientes en la sabana de Huimanguillo, Tabasco, México

Tinal-Ortiz, Sofia¹; Palma-López, David J.^{1*}; Zavala-Cruz, Joel¹; Salgado-García, Sergio¹; Palma-Cancino, David J.²; Hidalgo-Moreno, Claudia I.³

¹Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. Cárdenas, Tabasco, México, 86500. ²Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara. Puerto Vallarta, Jalisco, México, 48220. ³Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Texcoco, Edo. De México, México, 56230.

*Autor para correspondencia: dapalma@colpos.mx

ABSTRACT

Objective: to evaluate the chemical soil degradation caused by nutrients lost in Acrisols from the Savannah of Huimanguillo, Tabasco, Mexico.

Design/methodology/approach: The effect of two factors, land use and slope relief, were study. Properties evaluated were soil organic matter (SOM), total nitrogen (Nt), available phosphorus (P), Cation Exchange Capacity (CEC), and exchangeable cations (K, Ca, Mg, Na).

Results: The content of SOM were considerate rich to very rich, and did not showed any significant differences between factors. Nt was statistically high, and K was statistically low. P, CEC, Ca, Mg and Na showed statistically differences and lower contents.

Limitations of study/implications: Soil degradation is a global problem, therefore the necessity of studies to understand the effect of land use over soil fertility and land chemical conditions.

Findings/conclusions: The results indicate presence of chemical degradation in Acrisols, mostly by effect of land use and suggest the necessity of conservation strategies.

Key words: soil chemical degradation, acid soils, nutrients lost, soil fertility, cation exchange capacity.

RESUMEN

Objetivo: evaluar la degradación química del suelo por pérdida de nutrientes en Acrisoles de la Sabana de Huimanguillo, Tabasco, México.

Diseño/ Metodología/ Aproximación: se estudió el efecto de dos factores, los usos del suelo y las pendientes del relieve. Las propiedades evaluadas fueron materia orgánica del suelo (MOS), nitrógeno total (Nt), fósforo extraíble (P), Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), y bases intercambiables (K, Ca, Mg, Na).

Resultados: los contenidos de MOS son considerados de ricos a muy ricos, sin diferencias significativas entre factores. El Nt fue alto y el K intercambiable bajo, mostrando diferencias significativas. El P, CIC, Ca, Mg y Na mostraron diferencias significativas y contenidos bajos.

Agroproductividad: Vol. 13, Núm. 2, febrero. 2020. pp: 69-75.

Recibido: julio, 2019. **Aceptado:** enero, 2020.

Limitaciones del estudio/implicaciones: la degradación del suelo constituye un problema global, es necesario estudiar el efecto que tiene el uso del suelo sobre la fertilidad y condiciones químicas de la tierra.

Hallazgos/conclusiones: los resultados muestran la existencia de degradación química en Acrisoles del área de estudio principalmente por efecto del uso del suelo, sugiriendo la necesidad de estrategias de conservación.

Palabras clave: degradación química del suelo, suelos ácidos, pérdida de nutrientes, fertilidad del suelo, capacidad de intercambio catiónico

INTRODUCCIÓN

Una de las perturbaciones antropogénicas más importantes que pueden inducir cambios en las propiedades de los suelos, así como reducir la productividad de los cultivos es el uso al que los destinamos, llegando a generar en casos más graves la degradación de la tierra, considerada como un problema complejo importante a nivel mundial (Bajocco *et al.*, 2012). En México, la degradación del suelo ha afectado cerca del 50% de la superficie del país (Ortiz-Solorio *et al.*, 2011). El estado de Tabasco, México, es una de las tres entidades con mayor superficie afectada, con 70% de sus suelos degradados, principalmente por efectos químicos causados por actividades agrícolas (Palma-López *et al.*, 2008; Ortiz-Solorio *et al.*, 2011). En la sabana de Huimanguillo, los principales usos del suelo son la citricultura (*Citrus sp.*), cultivo de la piña (*Ananas comosus* L. Merrill) y pastizal (Poaceae) cultivado; los cuales requieren altas tasas de fertilización y manejo intensivo (Salgado-García *et al.*, 2010). El manejo intensivo del suelo agrícola afecta las propiedades químicas, incrementando la acidificación y cambiando la composición de carbono orgánico del suelo (Tian *et al.*, 2012; Salgado-García *et al.*, 2017). En suelos tropicales ácidos, otras propiedades químicas como la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), el pH, el aluminio intercambiable y la relación C/N son afectados por labranza, manejo de residuos y enmiendas orgánicas e inorgánicas (Lienhard *et al.*, 2013). Los procesos de degradación del suelo no solo están relacionados con el uso del suelo y cambios de la cobertura vegetal, también se asocian a factores geomorfológicos como la topografía (Blanco-Sepulveda y Nieuwenhuyse, 2011).

La sabana de Huimanguillo, es un terreno ligeramente ondulado, caracterizado por una repetición sistemática de lomeríos de baja altitud, entre 10 y 60 m, constituida por una antigua terraza costera de origen fluvial, de ligera a moderadamente erosionada (Zavala-Cruz *et al.*, 2014). Las corrientes erosivas han formado suelos con una mezcla de minerales que fueron arrastrados por los procesos erosivos y se fueron intemperizando para dar origen a suelos con altos contenidos de arena y ricos en aluminio y hierro (Palma-López *et al.*, 2017). Actualmente los suelos de esta sabana son frágiles a la erosión por las pendientes dominantes de 1 a 10% en los lomeríos (Salgado-García *et al.*, 2017), y el manejo inadecuado puede ocasionar degradación química por pérdida de nutrimentos, el cual es considerado como un indicador de la degradación del suelo (Sánchez-Hernández *et al.*, 2013). El objetivo de este estudio fue analizar los cambios de las propiedades químicas en suelos suje-

tos a cuatro diferentes usos y tres niveles de pendientes, con la finalidad de evaluar la degradación química por pérdida de nutrientes en Acrisoles de la sabana de Huimanguillo, Tabasco.

MATERIALES Y MÉTODO

La sabana de Huimanguillo se encuentra en el suroeste del estado de Tabasco (Figura 1), entre las coordenadas 17° 34' y 17° 56' N, y 93° 25' y 93° 57' O, en una superficie aproximada de 142,103 ha (Salgado-García *et al.*, 2010). En el área predominan al sur un clima cálido húmedo con lluvias todo el año Af (m) con una temperatura media anual de 24 a 26 °C, y en el centro y norte un clima cálido húmedo con abundantes lluvias en verano Am (f) con temperatura media anual de 26 a 28 °C y precipitación total anual de 2000 a 3000 mm (Salgado-García *et al.*, 2010). Los suelos que se han identificado en los lomeríos convexos en su mayoría son Acrisoles, que se caracterizan por la acumulación de arcillas de baja actividad en un horizonte sub superficial árgico, con altas cantidades de hierro (Fe) y aluminio (Al), y deficiencias de fósforo debido a procesos de fijación por Fe y Al (Zavala-Cruz *et al.*, 2014).

Se establecieron parcelas de muestreo en la unidad de suelo Acrisol Úmbrico Cutánico, la cual es la más representativa de acuerdo con el mapa de suelos de la sabana de Huimanguillo, Tabasco (Salgado-García *et al.*, 2017). Dentro de esta unidad de suelo se ubicaron tres niveles de pendientes del terreno (0-3%, 3-6% y 10-20%) con cuatro usos diferentes: acahual (A) como la comunidad vegetal con los menores riesgos de degradación, con antecedentes de al menos 30 años en el área de estudio; pastizales con dominancia de

Brachiaria humidicola y pastos nativos (Pa); cultivo de piña (con aplicación de fertilizantes) con edades de establecimiento entre 6 a 15 años (Pi); y plantaciones de limón persa (*Citrus x latifolia* Tanaka ex Q. Jiménez) (con aplicación de fertilizantes) con edades entre 15 y 23 años (LP). El uso de suelo anterior de los cultivos piña y limón consistía en acahuales y pastizal natural o de vegetación de sabana (Salgado-García et al., 2010).

En cada pendiente se ubicaron cuatro repeticiones de cada uso del suelo, lo que resultó en 48 parcelas de muestreo. En cada parcela se obtuvieron muestras compuestas realizando 10 sub muestreos en zig-zag del horizonte A del suelo. Las muestras fueron secadas al aire y a la sombra para su posterior molido y tamizaje con malla de 2 mm.

Las muestras de suelos fueron analizadas en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Aguas (LASPA) del Colegio de Postgraduados Campus Tabasco, de acuerdo a los lineamientos de la normatividad mexicana (SEMARNAT, 2002), determinando la materia orgánica en suelo (MOS) a través del contenido de carbono orgánico con el método Walkley y Black; nitrógeno total (Nt) mediante Macro-Kjeldahl; fósforo extractable (P) por el

procedimiento Olsen; Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) y bases intercambiables (K, Ca, Mg, Na) utilizando acetato de amonio 1.0 N y pH 7.0, como solución saturante.

Para examinar los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza para un diseño factorial con dos fuentes de variación: pendientes con tres niveles y usos del suelo con cuatro niveles. Se llevó a cabo una prueba de medias de Tukey para estimar diferencias significativas entre los usos de suelo y pendientes a nivel de significancia $p < 0.05$. Los análisis estadísticos se realizaron con el paquete estadístico Statistical Analysis Software® 9.22 (SAS Institute, Estados Unidos).

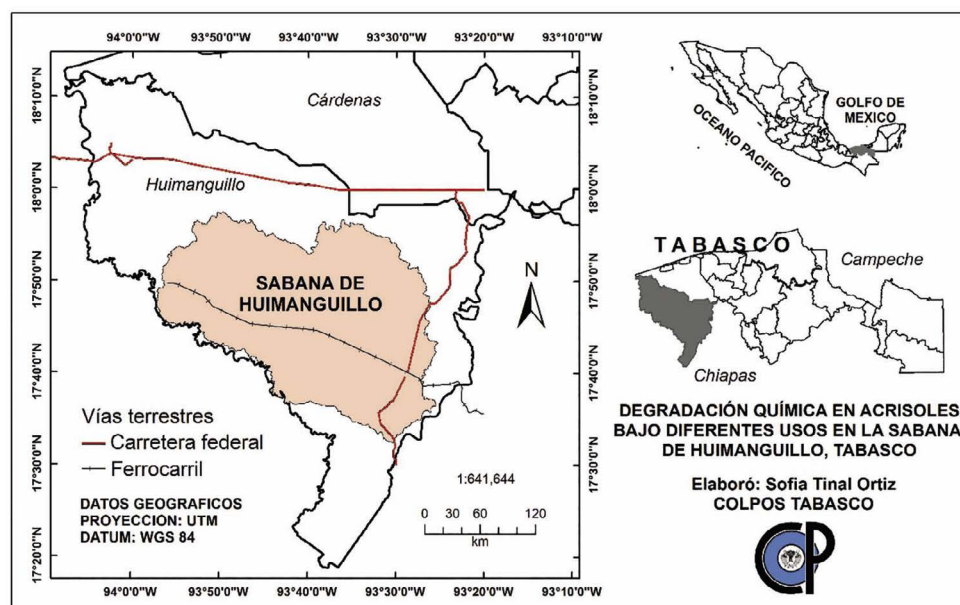


Figura 1. Localización geográfica del área de estudio.

Cuadro 1. Materia orgánica (MO, %) en diferentes usos y pendientes en la sabana de Huimanguillo, Tabasco, México.

Uso del suelo	Pendiente (%)			Medias de uso
	0-3	3-6	10-20	
Pastizal	6.33a	6.76a	6.6a	6.56a
Piña	5.7a	6.15a	5.04a	5.63a
Limón	6.28a	6.74a	8.77a	7.26a
Acahual	6.69a	7.85a	8.79a	7.77a
Medias de la pendiente	6.25a	6.87a	7.30a	
CV (%):	28.91			
Prob. De F para:				
Pendiente (P)	0.328NS			
Uso del suelo (U)	0.061NS			
Interacción (P*U)	0.633NS			

NS=No hay diferencias significativas; las medias dentro de hileras o columnas que comparten la misma literal no son significativamente diferentes. Tukey a $p \leq 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El contenido de MOS varió entre 5.04 y 8.79%, el análisis de varianza indica que no existen diferencias significativas entre los diferentes usos y pendientes en la sabana de Huimanguillo (Cuadro 1). Sin embargo, los contenidos de MOS son de ricos a muy ricos.

Geissen y Guzman (2006) obtuvieron resultados similares al no encontrar diferencias entre sucesiones forestales y pastizales (valores medios de MOS 3.9- 5.8%), esto pudo deberse a la gran cantidad de hojarasca y raíces muertas que entran en el sistema, la variabilidad natural existente, o la influencia

del estiércol depositado por el ganado en el caso de pastizales (Blanco-Sepulveda y Nieuwenhuys, 2011). En tierras altas con pendientes de 8-10% Alejo-Santiago *et al.* (2012) mencionan, que los suelos cultivados presentan menor concentración de MOS (3.2%) con respecto a los suelos no cultivados (4.5%), debido a que las prácticas de labranza no consideran la incorporación de residuos orgánicos que repongan la materia orgánica que se mineraliza de forma natural. Hernández-Jiménez *et al.* (2013) aseguran que los contenidos de MOS en suelos cultivados son más bajos con respecto a suelos bajo arboleda de bosques, ya que, el cultivo agrícola intensivo oxida la MOS, lo que provoca la ruptura de microagregados, destruyendo la estructura original y con ello se incrementa la compactación del suelo.

El contenido de nitrógeno total (Nt) en los diferentes usos del suelo y pendientes de relieves presentó contenidos entre 0.18 y 0.32 % (Cuadro 2). La prueba de medias muestra que los suelos bajo uso de acahual y piña son significativamente diferentes, los suelos bajo el acahual presentan contenidos promedios de Nt de 0.29% en comparación con los demás usos, debido a la conservación y diversidad vegetal del acahual. Los suelos con cultivos de piña, limón y pastizal tienen contenidos entre 0.25 y 0.26%, considerados como muy altos (SEMARNAT, 2002).

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Lienhard *et al.* (2013), quienes encontraron que los contenidos de Nt en suelos ácidos son altos en sistemas de cultivos con rotación y manejo de residuos (0.21-0.25%), debido a la aportación de los rastrojos y hojarasca; sin embargo, los contenidos altos de Nt pueden ocasionar acidificación del suelo. En pendientes de 0-3% los contenidos promedio de Nt son altos (0.23%), mientras que en pendientes de 3-6% (0.26% Nt) y 10-25% (0.28% Nt), los contenidos son considerados como muy altos (SEMARNAT, 2002). Así mismo, la alta acumulación de Nt también puede estar influenciada por la temperatura, facilitando la mineralización y acelerando la acumulación de N en el suelo (Zhang *et al.*, 2013).

Cuadro 2. Nitrógeno total (Nt, %) en diferentes usos y pendientes en la sabana de Huimanguillo, Tabasco, México.

Uso del suelo	Pendiente (%)			Medias de uso
	0-3	3-6	10-20	
Pastizal	0.22ab	0.28ab	0.25ab	0.25ab
Piña	0.18 b	0.21ab	0.25ab	0.25b
Limón	0.26ab	0.24ab	0.29ab	0.26ab
Acahual	0.24ab	0.30ab	0.32a	0.29a
Medias de la pendiente	0.23b	0.26ab	0.28a	
CV (%):	19.8			
Prob. De F para:				
Pendiente (P)	0.028*			
Uso del suelo (U)	0.008*			
Interacción (P*U)	0.614NS			

*=Significativamente diferente; NS=no hay diferencias significativas; medias dentro de hileras o columnas que comparten la misma literal no son significativamente diferentes. Tukey a $p \leq 0.05$.

Los contenidos de P en el suelo con diferentes pendientes son similares; sin embargo, bajo diferentes usos se observan diferencias significativas (Cuadro 3). Los contenidos de P más altos corresponden a los suelos bajo cultivo de piña con valor medio de 8.44 mg kg^{-1} , considerado como contenidos medios.

El coeficiente de variación de esta variable se considera muy alto (190.56%), lo cual confirma la gran variabilidad de este elemento en el suelo (Acevedo *et al.*, 2008). Coincidiendo con los resultados de Salgado-García *et al.* (2010), quienes clasifican los contenidos de P como medios en Acrisoles Úmbricos Cutánicos presentando gran variabilidad, lo que evidencia que estas plantaciones han

Cuadro 3. Fosforo extraíble (P, mg kg^{-1}) en diferentes usos y pendientes en la sabana de Huimanguillo, Tabasco, México.

Uso del suelo	Pendiente (%)			Medias de uso
	0-3	3-6	10-20	
Pastizal	0.00b	0.00b	0.10b	0.03b
Piña	6.00ab	0.35ab	13.46a	8.44a
Limón	0.42b	2.16ab	2.30ab	1.63b
Acahual	0.03b	0.07b	0.07b	0.05b
Media de la pendiente	1.766a	1.87a	3.987a	
CV (%):	190.56			
Prob. De F para:				
Pendiente (P)	0.35NS			
Uso del suelo (U)	0.003*			
Interacción (D*U)	0.57NS			

*=Significativamente diferente; NS=no hay diferencias significativas; medias dentro de hileras o columnas que comparten la misma literal no son significativamente diferentes. Tukey a $p \leq 0.05$.

recibido fertilizantes fosfatados. Estos datos concuerdan con otros estudios, en los cuales mencionan que los suelos bajo uso agrícola por el manejo intensivo incrementan los contenidos de P por la aplicación de fertilizantes fosfatados para cultivar el suelo, pero las concentraciones de nitratos y K se reducen (Lienhard et al. 2013). Sin embargo, los suelos bajo cultivo de limón mostraron valores medios de 1.63 mg kg^{-1} , seguidos por acahual 0.05 mg kg^{-1} y pastizal 0.03 mg kg^{-1} , todos ellos considerados como contenidos muy bajos (SEMARNAT, 2002). No obstante, Liao et al. (2007) mencionan que diferentes valores de pH y las fuentes de material parental determinan la distribución espacial de los contenidos de P, siendo bajos en suelos con pH ligeramente ácido, desarrollados en parte por rocas volcánicas ácidas, y relativamente abundante en P en áreas ligeramente alcalinas, con fuentes de material parental relacionados con sedimentos ricos en carbonatos.

La CIC no difiere significativamente en suelos sujetos a diferentes usos y pendientes, y a la interacción entre estos dos factores evaluados (Cuadro 4). Los contenidos de CIC se encuentran entre 8.31 y $13.78 \text{ cmol (+) kg}^{-1}$. Nuestros resultados concuerdan con Salgado-García et al. (2010) en suelos cultivados con piña; indicando que los suelos son de baja fertilidad y con presencia de arcillas tipo Caolinita 1:1. Esto difiere con Lienhard et al. (2013), quienes mencionan que la CIC debe incrementarse cuando los suelos se encuentran bajo sistemas de cultivo que son favorecidos por la utilización de fertilizantes inorgánicos (CaO) en el suelo. Sin embargo, los Acrisoles estudiados presentaron menor CIC y son considerados como suelos de baja fertilidad según la norma mexicana (SEMARNAT, 2002).

Los resultados indicaron que los contenidos de los cationes potasio (K^+), calcio (Ca^{+2}), magnesio (Mg^{+2}) y sodio (Na^+) son muy bajos (Cuadro 5). Los contenidos medios de K en el suelo son diferentes significativa-

Cuadro 4. CIC (cmol (+) kg^{-1} de suelo) en diferentes usos y pendientes en la sabana de Huimanguillo, Tabasco, México.

Uso del suelo	Pendiente (%)			Medias de uso
	0-3	3-6	10-20	
Pastizal	9.68a	9.68a	9.93a	9.76a
Piña	10.42a	10.05a	8.31a	9.59a
Limón	12.41a	9.92a	13.78a	12.04a
Acahual	10.8a	10.92a	11.79a	11.17a
Medias de la pendiente	10.83a	10.14a	10.95a	
CV (%):	27.69			
Prob. de F para:				
Pendiente (P)	0.708NS			
Uso del suelo (U)	0.708NS			
Interacción (P*U)	0.641NS			

NS=no hay diferencias significativas; medias dentro de hileras o columnas que comparten la misma literal no son significativamente diferentes. Tukey a $p \leq 0.05$.

mente entre los usos de suelo y pendientes; por usos del suelo se observan contenidos de K^+ entre 0.001 y $0.068 \text{ cmol kg}^{-1}$, y de acuerdo a la pendiente los contenidos varían de 0 a $0.07 \text{ cmol kg}^{-1}$, considerados como muy bajos (SEMARNAT, 2002). Sin embargo, el elevado coeficiente de variación (195.82%) confirma la gran variabilidad en el contenido de este elemento en el suelo (Acevedo et al., 2008). Los contenidos bajos de estos cationes básicos en Acrisoles se debe principalmente a la lixiviación por efecto del ambiente húmedo y al avanzado grado de meteorización. Zavala-Cruz et al. (2014), concuerda con los resultados obtenidos, mencionando que los Acrisoles de la Sabana de Huimanguillo son

Cuadro 5. Bases intercambiables en diferentes usos y pendientes en la sabana de Huimanguillo, Tabasco, México.

Uso del suelo		K^+	Ca^{+2}	Mg^{+2}	Na^+
		Cmol kg^{-1} de suelo			
Pastizal		0.068a	2.02ab	0.61a	0.10a
Piña		0.028ab	1.12b	0.32b	0.06b
Limón		0.002b	2.32a	0.57ab	0.07b
Acahual		0.001b	2.25a	0.75a	0.08ab
Media de la pendiente	0-3 %	0.000b	1.51a	0.52a	0.076a
	3-6 %	0.003b	2.20a	0.57a	0.078a
	10-20 %	0.071a	2.07a	0.60a	0.08a
CV (%):		195.82	49.57	40.93	26.82
Prob. de F para:					
Pendiente (P)		0.0002*	0.108NS	0.65NS	0.91 NS
Uso del suelo (U)		0.0063*	0.015*	0.0008*	0.0007 *
Interacción (D*U)		0.0015*	0.368NS	0.1551NS	0.102 NS

*=Significativamente diferente; NS=no hay diferencias significativas; medias dentro de hileras o columnas que comparten la misma literal no son significativamente diferentes. Tukey a $p \leq 0.05$.

muy pobres en las bases intercambiables Ca^{+2} , K^+ , Mg^{+2} y Na^+ .

Los contenidos de Ca^{+2} difieren con los diferentes usos de suelo, pero bajo las tres pendientes evaluadas no presentan diferencias significativas. En suelos cultivados con limón, pastizal y acahual los contenidos son estadísticamente iguales, con contenidos de 2.25, 2.02 y 2.32 cmol (+) kg^{-1} de suelo respectivamente, considerados como bajos por la norma oficial mexicana (SEMARNAT, 2002). Los suelos sujetos a cultivo de piña presentaron los contenidos más bajos y fueron significativamente diferentes a los demás con contenido de 1.12 cmol (+) kg^{-1} de suelo, considerado como muy bajo (SEMARNAT, 2002).

Los contenidos de Mg intercambiable son significativamente diferentes por usos de suelos. En pastizal, limón y acahual estadísticamente son iguales con valores medios entre 0.57 y 0.75 cmol (+) kg^{-1} de suelo. Los sitios con cultivo de piña muestran los contenidos medios más bajos de 0.32 cmol (+) kg^{-1} de suelo, al igual que en el caso del Ca^{+2} . En todos los casos los contenidos de Mg intercambiable son considerados como muy bajos (SEMARNAT, 2002).

Los contenidos de Na intercambiable son altamente significativos bajo diferentes usos de suelos. Suelos con cultivos de piña y limón estadísticamente son iguales, con valores medios de 0.06 a 0.07 cmol (+) kg^{-1} de suelo, seguidos por los contenidos en acahual. Los contenidos de Na encontrados en pastizal fueron los más elevados con promedio de 0.10 cmol (+) kg^{-1} de suelo.

El uso del suelo y la pendiente del terreno parecen tener influencia en los contenidos de K intercambiable en el suelo, mientras que los contenidos de Ca, Mg y Na intercambiables solo se ven alterados por el uso del suelo. Bravo-Espinoza *et al.* (2009) mencionan que la escorrentía superficial también es un factor que provoca el lavado de cationes en el suelo, señal de la baja retención de cationes en Acrisoles y una causa de un pH bajo de estos suelos ya ácidos.

En los Acrisoles estudiados el cultivo de la piña es el uso más demandante en K^+ , Ca^{+2} y Mg^{+2} con respecto al uso por Acahual, considerado el uso con menos riesgo de degradación. De acuerdo a Virto *et al.* (2015), existe mayor pérdida de nutrientes por eliminación del cultivo que el perdido por erosión en pendientes por efecto de

la escorrentía, lo cual resulta en la degradación del suelo a pesar que el cultivo es tolerante a suelos ácidos.

No obstante, el uso del suelo afecta la fertilidad del suelo, teniendo un efecto en la degradación química del recurso, y esto dependerá del uso, el manejo, los factores relacionados con el ambiente y propiedades mineralógicas del suelo (Arnaez *et al.*, 2015; Bravo-Espinoza *et al.*, 2009).

CONCLUSIONES

El Nt es afectado por el uso del suelo, manteniéndose el acahual mejor conservado por la diversidad vegetal. En relación a la pendiente del relieve, los contenidos de Nt más elevados se encuentran en pendientes de 10-25% relacionándolos con las altas precipitaciones en estas pendientes, que actúan como donadores, conduciendo a la saturación de humedad disminuyendo la mineralización de N de las zonas más bajas. El uso del suelo y la pendiente del terreno tienen influencia en los contenidos de K intercambiable en el suelo, por la alta precipitación y la presencia de arcillas caolinitas 1:1 de baja actividad, que provoca el lavado de cationes principalmente K^+ . Mientras que los contenidos de Ca^{+2} y Mg^+ en los usos limón y pastizal son similares a los de acahual, a diferencia de los contenidos en piña. El pH de suelos cultivados con piña en comparación con acahual presenta mayor grado de acidez. El uso de suelo cultivado con piña incrementa el gradiente de degradación del Nt y bases intercambiables y aumenta la acidez del suelo en comparación con el uso acahual, atribuyendo la degradación a la alta demanda de nutrientes que requiere el cultivo para su óptimo desarrollo y crecimiento.

LITERATURA CITADA

- Acevedo, D.C.; Álvarez-Sánchez, M.E.; Hernández-Acosta, E.; Maldonado-Torres, R.; Pérez-Grajales, M.; Castro-Brindis, R. (2008). Variabilidad espacial de propiedades químicas del suelo y su uso en el diseño de experimentos. *Terra Latinoamericana* 26(4): 317-324.
- Alejo-Santiago, G.; Salazar-Jara, F.; García-Paredes, J.; Arrieta-Ramos, B.; Jiménez-Meza, V.; Sánchez-Monteon, A. (2012). Physical and chemical degradation of agricultural soils at San Pedro Lagunillas, Nayarit. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 15: 323-328.
- Arnaez, J.; Lana-Renault, N.; Lasanta, T.; Ruiz-Flano, P.; Castroviejo, J. (2015). Effects of farming terraces on hydrological and geomorphological processes: a review. *Catena* 128: 122-134.
- Bajocco, S.; De Angelis, A.; Perini, L.; Ferrara, A.; Salvati, L.; (2012). The Impact of land use/land cover changes on land degradation

- dynamics: A Mediterranean case study. *Environmental Management* 49(5): 980-989.
- Blanco-Sepulveda, R.; y Nieuwenhuys, A. (2011). Influence of topographic and edaphic factors on vulnerability to soil degradation due to cattle grazing in humid tropical mountains in northern Honduras. *Catena* 86(2): 130-137.
- Bravo-Espinosa, M.; Mendoza, M. E.; Medina-Orozco, L.; Prat, C.; García-Oliva, F.; López-Granados, E. (2009). Runoff, soil loss, and nutrient depletion under traditional and alternative cropping systems in the transmexican volcanic belt, Central Mexico. *Land Degradation & Development* 20(6): 640-653.
- Geissen, V.; y Guzman, G.M. (2006). Fertility of tropical soils under different land use systems: a case study of soils in Tabasco, Mexico. *Applied Soil Ecology* 31: 169-178.
- Hernández-Jiménez, A.; Cabrera-Rodríguez, A.; Borges-Benítez, Y.; Vargas-Blandino, D.; Bernal-Fundora, A.; Morales-Díaz, M.; Ascanio-García, M.O. (2013). Degradación de los suelos ferralíticos rojos lixiviados y sus indicadores de la Llanura Roja de La Habana Valley, Havana. *Cultivos Tropicales* 34(3): 45-51.
- Liao, Q.L.; Evans, L.J.; Gu, X.; Fan, D.; Jin, Y.; Wang, H. (2007). A regional geochemical survey of soils in Jiangsu Province, China: Preliminary assessment of soil fertility and soil contamination. *Geoderma* 142(1-2): 18-28.
- Lienhard, P.; Tivet, F.; Chabanne, A.; Dequiedt, S.; Lelievre, M.; Sayphoummie, S.; Leudphanane, B.; Prévost-Bouré, N.C.; Séguy, L.; Maron, P.A.; Ranjard, L. (2013). No-till and cover crops shift soil microbial abundance and diversity in Laos tropical grasslands. *Agronomy for Sustainable Development* 33(2): 375-384.
- Ortiz-Solorio, C.A.; Gutiérrez, C.M.; Sánchez-Guzmán, P.; Gutiérrez-Castorena, E. (2011). Cartografía de la degradación de suelos en la República Mexicana: evolución y perspectivas. En: Krasilnikov P.; Jiménez-Nava F.J.; Reyna-Trujillo T.; García-Calderón N.E. (eds.) *Geografía de suelos de México*. México, UNAM: 173-207.
- Palma-López, D.J.; Moreno, C.E.; Rincón-Ramírez, J.A.; Shirma-Torres, E.D. (2008). Degradación y conservación de los suelos de Tabasco. Colegio de Postgraduados CONACYT, CCYTET. Villahermosa, México. 74 pp.
- Palma-López, D.J.; Jiménez-Ramírez, R.; Zavala-Cruz, J.; Bautista-Zúñiga, F.; Gavi, R.F.; Palma-Cancino, D.Y. (2017). Actualización de la clasificación de suelos de Tabasco, México. *Agro Productividad* 10(12): 29-35.
- Salgado-García, S.; Palma-López, D.J.; Zavala-Cruz, J.; Ortiz-García, C.F.; Castelán-Estrada, M.; Lagunes-Espinoza, L.C.; Guerrero-Peña, A.; Ortiz-Ceballos, A.I.; Córdova-Sánchez, S. (2010). Sistema integrado para recomendar dosis de fertilizantes (SIRDF): en la zona piñera de Huimanguillo, Tabasco, México. Colegio de Postgraduados, Texcoco, México. 81 pp.
- Salgado-García, S.; Palma-López, D.J.; Zavala-Cruz, J.; Ortiz-García, C.F.; Lagunes-Espinoza, L.C.; Ortiz-Ceballos, A.I.; Córdova-Sánchez, S.; Salgado-Velázquez, S. (2017). Los suelos ácidos de la sabana de Huimanguillo, Tabasco, México. *Agro Productividad* 10(12): 16-21.
- Sánchez-Hernández, R.; Mendoza-Palacios, J.D.; De la Cruz, R.J.C.; Mendoza, M.J.E.; Ramos-Reyes, R. (2013). Mapa de erosión potencial en la cuenca hidrológica Grijalva-Usumacinta México mediante el uso de SIG. *Universidad y Ciencia* 29: 153-161
- SEMARNAT, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2002). Norma Oficial Mexicana que establece las Especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de Suelos. Estudios, muestreos y análisis (NOM-021-RECNAT-2000). Diario Oficial de la Federación, Ciudad de México, México. 73 pp.
- Tian, J.; Fan, M.; Guo, J.; Marschner, P.; Li, X.; Kuzyakov, Y. (2012). Effects of land use intensity on dissolved organic carbon properties and microbial community structure. *European Journal of Soil Biology* 52: 67-72.
- Virto, I.; Jose-Imaz, M.; Fernández-Ugalde, O.; Gartzia-Bengoetxea, N.; Enrique, A.; Bescansa, P. (2015). Soil degradation and soil quality in Western Europe: Current situation and future perspectives. *Sustainability* 7(1): 313-365.
- Zavala-Cruz, J.; Salgado-García, S.; Marín-Aguilar, Á.; Palma-López, D.J.; Castelán-Estrada, M.; Ramos-Reyes, R. (2014). Transecto de suelos en terrazas con plantaciones de cítricos en Tabasco. *Ecosistemas y recursos agropecuarios* 1(2): 123-137.
- Zhang, M.; Schaefer, D.A.; Chan, O.C.; Zou, X. (2013). Decomposition differences of labile carbon from litter to soil in a tropical rain forest and rubber plantation of Xishuangbanna, southwest China. *European Journal of Soil Biology* 55: 55-61.

Isolation of cellulose from pineapple waste (*Ananas comosus* L. Merrill)

Obtención de celulosa a partir de residuos de piña (*Ananas comosus* L. Merrill)

Presenda-Gerónimo, Andrea¹; Bolio-López, Gloria I.^{1*}; Veleva Lucien²; Azamar-Barríos, José Antonio²; Ramírez-Casillas, Rogelio³; Sarracino-Martínez, Omar¹; Hernández-Villegas, Manuel Mateo¹; De la Cruz-Burelo, Patricia¹

¹Universidad Popular de la Chontalpa. Dirección Académica de Ciencias Básicas e Ingenierías;

²Centro de Investigación y de Estudios Avanzados-Instituto Politécnico Nacional- Unidad Mérida;

³Universidad de Guadalajara, Departamento de Madera Celulosa y Papel.

*Autor de correspondencia: gloria.bolio@upch.mx

ABSTRACT

Objective: To obtain high quality cellulose from pineapple (*Ananas comosus* L. Merrill) residues.

Design/methodology/approach: Pineapple crowns were used to obtain the cellulose using the 0.5% acid pre-hydrolysis treatment with sulfuric acid combined with the Sosa-Anthraquinone pulping method (SQ) and elemental chlorine-free bleaching (ECF). The cellulose obtained was characterized by the TAPPI techniques of Fourier Transformed Infrared Spectroscopy (FTIR), X-Ray Diffraction (XRD) and Scanning Electron Microscopy with coupled elemental analyzer (SEM-EDX).

Results: It was demonstrated that cellulose-free cellulose was obtained from the chlorination and bleaching stages determined by SEM elemental analysis (EDX) with an alpha (α) cellulose content of 93%, which exhibits the typical crystalline structure of type I cellulose commonly found in the natural plant fibers

Limitations of the study/implications: In the process, a relatively low fiber yield of 29.3% was obtained.

Findings/conclusions: Obtaining cellulose from pineapple residues (crowns) is proposed as an alternative of use due to its reinforcement capacity in composite materials, as well as in the production of biomaterials; showing that agricultural residues from pineapple are feasible to obtain cellulose.

Keywords: Soda-Antraquinone, Physicochemical characterization.

RESUMEN

Objetivo: obtener celulosa de alta calidad a partir de residuos de piña (*Ananas comosus* L. Merrill).

Diseño/metodología/aproximación: Se utilizaron coronas de piña para la obtención de la celulosa utilizando el tratamiento de pre-hidrólisis ácida al 0.5% con ácido sulfúrico combinado con el método de pulpeo Sosa-Antraquinona (SQ) y blanqueo libre de cloro elemental (ECF). La celulosa obtenida fue caracterizada por las técnicas TAPPI de Espectroscopia Infrarroja por Transformada de Fourier (FTIR), Difracción de Rayos-X (XRD) y Microscopía Electrónica de Barrido con analizador elemental acoplado (SEM-EDX).

Resultados: Se demostró obtener celulosa libre de residuos de las etapas de cloración y blanqueo determinado mediante el análisis elemental SEM (EDX) con un contenido de alfa (α) celulosa de 93%, que exhibe la estructura cristalina típica de celulosa tipo I encontrada comúnmente en las fibras vegetales naturales.

Limitaciones/implicaciones: En el proceso se obtuvo un rendimiento de fibra del 29.3% relativamente bajo.

Agroproductividad: Vol. 13, Núm. 2, febrero. 2020. pp: 77-82.

Recibido: agosto, 2019. **Aceptado:** enero, 2020.



Hallazgos/conclusiones: La obtención de celulosa a partir de los residuos de piña (coronas), se propone como una alternativa de uso debido a su capacidad de refuerzo en los materiales compuestos, así como en la elaboración de biomateriales; mostrando que los residuos agrícolas procedentes de la piña son factibles para la obtención de celulosa.

Palabras clave: Sosa-antraquinona, caracterización fisicoquímica.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el sector agroindustrial, agrícola y doméstico generan grandes cantidades de residuos y anualmente cerca de 76 millones de toneladas son residuos orgánicos de frutas (González y Pérez, 2015). La piña (*Ananas comosus* L. Merrill) es un fruto utilizado para su consumo en fresco y procesado, generando residuos que son fuente de contaminación, y con ayuda de los avances tecnológicos se busca un uso alternativo de este material (Espinoza *et al.*, 2011). Estudios previos han demostrado la factibilidad de obtener material lignocelulósico de residuos agrícolas con métodos de pulpeo alcalino (NaOH) para obtención de celulosa. La celulosa es una molécula lineal con moléculas de anillos de glucosa ($C_6H_{10}O_5$) ligada al C1 de un anillo de glucosa y al C4 del anillo adyacente a través de un enlace covalente de oxígeno (Azizi *et al.*, 2005). En Tabasco, México, la producción anual de piña ocupa una extensión de 1,293.75 hectáreas anuales, produciendo 47,210 t (SNITT, 2016), de las cuales 20% son residuos de coronas de piña (TICSO, 2014; Espinoza *et al.*, 2011; Cano, 2008) potencialmente disponibles para el proceso de obtención de celulosa generando un uso alternativo de estos residuos. Por ello, el objetivo fue la obtención de celulosa a partir de esta fuente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se emplearon residuos de piña (*Ananas comosus* L. Merrill), procedentes de las inmediaciones de Tierra Colorada 4ta. Sección, localizadas 17° N y 93° W del poblado C-34 del municipio de Huimanguillo, Tabasco, México. Los residuos fueron secados al sol, desmedulados en un refinador de discos Marca Sprout-Waldron posteriormente el material fibroso obtenido fue sometido a un tratamiento de prehidrólisis ácida suave con 0.5 % ácido sulfúrico (H_2SO_4) por una hora para la remoción de la lignina, hidromódulo 8 a 1, temperatura 130 °C, presión de vapor 40 PSI y tiempo de reacción a temperatura máxima de 60 min. El tratamiento de prehidrólisis se llevó a cabo en un cocedor desfibrador, y después de la cocción, se lavó y centrifugó la fibra para ser puesta a secar a temperatura ambiente.

La obtención de la celulosa se realizó con el método de pulpeo Sosa-Antraquinona (SQ). En el pulpeo SQ, las condiciones fueron: carga de reactivo 15%, concentración de antraquinona 0.1%, hidromódulo de 10 a 1, temperatura máxima de 170 °C y tiempo de reacción a temperatura máxima de 60 min. La fibra fue cocida en una solución de sosa cáustica y antraquinona como catalizador para la extracción de la mayor cantidad de lignina posible. Las pulpa fue sometida a cuatro etapas de blanqueamiento libre de cloro elemental

(ECF): (1) a la pulpa se le aplicó dióxido de cloro a una concentración del 10% con un pH inicial de 3 a 4 y se sometió a baño maría con la finalidad de eliminar lignina residual; (2) se añadió NaOH en una concentración del 10% con un pH inicial de 12 a 12.5 y se introdujo a baño maría para la solubilizar las hemicelulosas presentes en la pulpa y mejorar el blanqueamiento; (3) se aplicó a la pulpa dióxido de cloro al 2.5% diluido a una concentración del 10%, con un pH inicial de 5 a 5.5 y fue sometida a un baño maría ayudando al blanqueamiento con una reacción de oxidación. Posterior a esta etapa se realizó un pretratamiento con DTPA con el fin de atrapar los metales arrastrados en el proceso; (4) se utilizó Peróxido al 2%, Sosa (NaOH) 1%, Sulfato de Magnesio 0.1% y Silicato de Sodio 0.2% a una concentración del 10% con un pH inicial de 11.5 y se introdujo en un baño maría. Después de finalizar cada etapa se realizó el lavado de la pulpa con agua desionizada hasta obtener un pH neutro. Posteriormente a este tratamiento se obtuvo celulosa de alta calidad. Las fibras de celulosa se molieron en un molino MF 10 IKA WERKE, y se tamizaron en una malla de 0.5 mm.

La caracterización fisicoquímica de la celulosa se llevó a cabo bajo las siguientes técnicas:

Blancura, Deslignificación en Pulpa y Contenido de Alfa, Beta y Gama celulosa

Se aplicó la técnica TAPPI T 452 OM 92 para blancura en pulpa, papel y cartón (Reflectancia direccional a 457 nm) con el equipo Spectrum Elrepho 3000, Técnica TAPPI T 236 CM 85 aplicada para la determinación de blanqueabilidad o grado de deslignificación de pulpa y la

Técnica TAPPI T 203 OM 88 para determinar el contenido de alfa, beta y gamma celulosa.

Espectroscopia de Infrarrojo

Para determinar los grupos funcionales presentes en la celulosa se utilizó un Espectrofotómetro de Infrarrojo con Transformada de Fourier (FTIR) de la marca Perkin Elmer, modelo Spectrum GX con aditamento de reflectancia total atenuada (ATR) con cristal de diamantes y usando intervalos de medición de 4000 a 700 cm^{-1} y 16 barridos.

Difracción de Rayos X (XRD)

Mediante el uso de Difracción de Rayos X (XRD) métodos de polvos se obtuvieron los difractogramas de las muestras de celulosa. El índice de cristalinidad se calculó de acuerdo con el método de Segal (Segal, 1959) Ec. (1):

$$CrI = (I_{002} - I_{\text{amorph}}) / I_{002} \times 100\% \quad (1)$$

Donde I_{002} es el máximo de la intensidad de difracción (el plano 002) y la I_{amorph} es la intensidad de difracción mínima (entre 101 y 002 picos). El tamaño del cristal fue calculado usando la ecuación de Scherrer Cullity (1978) Ec. (2):

$$t = 0.9\lambda / B \cos \theta \quad (2)$$

Donde t es el tamaño del cristal, 0.9 es el factor de forma de cristal, λ es la longitud de onda de la radiación utilizada (λ_{Cu}), B el ancho a la mitad del pico de difracción de la muestra y el θ la posición del pico de difracción.

Microscopía Electrónica de Barrido (SEM)

Se analizó la morfología y diámetros de las fibras de celulosa mediante Microscopía Electrónica de Barrido con analizador elemental acoplado (SEM-EDX) Marca Bruker D8 Advance.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el proceso se obtuvo un rendimiento de fibra del 29.3%. Mediante la técnica 1991 TAPPI "Determination of useful fiber in bagasse" el rendimiento promedio de fibra útil fue del $(15.07 \pm 0.3\%)$ similares a $(11 \pm 4.0\%)$ reportados por Ross, (2014) de celulosa obtenida a partir de las coronas de piña.

El Cuadro 1 muestra el rendimiento de pulpeo (%) y No. Kappa técnica TAPPI 236 CM 85 (grado de deslignificación); el rendimiento del pulpeo SQ fue 55.3%, el cual es menor al reportado por Bolio (2011) para raquis y pseudotallo de *Musa cavendish* con 66% y al reportado por Morán (2008) para fibra de sisal con 50 a 74% de celulosa, y mayor al rendimiento en raquis del banano reportado por Restrepo, (2007) (51%), de bagazo de caña de azúcar sin almacenar (54.3%) y para el bagazo industrial seco (53%) (García, 2013). Las diferencias se pueden atribuir a que fueron sometidos a diferentes concentraciones de cargas reactivas en los procesos de pulpeo. Khalil et al. (2011) menciona que los métodos que se emplean al obtener material celulósico dependen de la celulosa del material que se ocupa, su pretratamiento y que depende de su proceso de desintegración.

El Cuadro 1 muestra que el No. de Kappa para pulpa no blanqueada fue de 15.09% y en la pulpa blanqueada el No. de Kappa fue 5%. Aguilar-Rivera (2010), reportó valores mayores para No. de Kappa de 18.1% (bagazo sin almacenar) y 11.8 % (bagazo industrial fresco). Los resultados muestran la manera eficiente de eliminación de lignina debido a que los valores encontrados están dentro de los estándares con No Kappa (10-15) para pulpa no blanqueada con el método empleado. Mediante el estudio en el SPECTRUM Elrepho 3000 Serie datacolor No. 1700. Se determinó la blancura, brillantez y los colores CIE L^*a^*b de la hoja blanqueada con blanqueo libre de cloro elemental (ECF) de acuerdo a la técnica TAPPI T 452 OM 92 para blancura en pulpa, papel y cartón (Reflectancia direccional a 457 nm) mostrando los resultados obtenidos en el Cuadro 2, donde la blancura promedio fue de 89.4%, la cual, es similar a los reportados por García (2013), para el bagazo de caña de azúcar con valores $(88.8 \pm 0.2 - 89.9 \pm 0.2\%)$ obtenida con NaOH y blanqueo dióxido, extracción, dióxido (DED) y ligeramente menor que el bagazo sin almacenar con 89.9% y mayor al bagazo industrial fresco con 81.2% reportados por Aguilar-Rivera (2010), utilizando pulpeo a la sosa y blanqueo convencional a base de compuestos clorados mediante la secuencia cloración en medio ácido, extracción alcalina y blanqueo con hipoclorito alcalino (CEH).

Se puede deducir que el método de pulpeo y blanqueo utilizado en el estudio es eficiente, debido, a que los valores de blancura son mayores a 81.2%

Cuadro 1. Propiedades físicas de las hojas de corona de piña.

Propiedad / pulpa	Pulpeo sosa antraquinona
Rendimiento en pulpeo (%)	55.30
No. Kappa pulpa no blanqueada	15.09
No. Kappa pulpa blanqueada	5.00

Cuadro 2. Valores de blancura de la hoja Sosa-antraquinona. Luminosidad (L*), Rojo - verde (a*), Amarillo - Azul (b*).					
L*	a*	b*	440 nm	460 nm	Desviación Estándar
96.56	-0.67	2.07	87.54	89.22	±0.18
95.75	-0.56	1.55	88.02	89.57	±0.18
96.25	-0.67	2.05	88.68	90.02	±0.18
96.01	-0.59	1.69	88.50	89.8	±0.18

y ligeramente menor a 89.9% aunque el valor óptimo se encuentra entre el 90% y más.

En el año 2004, Navarro mencionó que la hoja blanqueada superficialmente encontrada en un sector b* positivo, es decir con coloración amarillo que se hace menos amarillo para valores de máxima blancura y también en el sector a* negativo con coloración verde es una desventaja, ya que se prefiere un blanco óptico de color azul por razones estéticas. El Cuadro 3 muestra los resultados del contenido de alfa (α), beta (β) y gamma (γ) celulosa en la pulpa obtenida por el método de pulpeo SQ, donde el resultado promedio de (α) celulosa fue de 93%, (β) celulosa de 5.75% y 1.25% de (γ) celulosa, de acuerdo a García et al. (2013), los valores reportados para el bagazo de caña de azúcar fueron ligeramente similares con (91.2±0.3-93.5±0.3%) de (α) celulosa y aproximadamente un 7.7% pertenece a (β) y (γ) celulosa.

Lo anterior sugiere que las hojas de corona de piña son fuente para la obtención de celulosa de acuerdo al contenido de (α) celulosa obtenido.

La Figura 1 muestra el Interferograma de la celulosa obtenida por el método SQ. La banda de grupos O-H a 3300 cm⁻¹ es más ancha y aparece al analizar muestras sólidas que contienen agua y puede comprobarse debido a que existe una banda entre 1630 cm⁻¹ y 1650 cm⁻¹

(contreras et al., 2010) y el pico a 2900 cm⁻¹ se asigna a vibraciones de estiramiento de C-H (Lu y Hsieh, 2010) y según Qazanfarzadeh (2016) son característicos de estiramientos de C-H y flexión de los grupos CH₂. En la banda a 1640 cm⁻¹ se observa la flexión correspondiente a los grupos O-H pertenecientes al agua absorbida por la fibra y la banda a 1370 cm⁻¹ es característico de la celulosa (Morán, 2008).

La intensidad a la banda 1160 cm⁻¹ es atribuida a enlaces C-O-C; la bandas a 1109 cm⁻¹ presenta flexiones en el plano, y los estiramientos C-O caen en la misma región (Lui et al., 2017); mientras los picos en 1054 cm⁻¹ y 1030 cm⁻¹ son carac-

terísticos del enlace C-O (Contreras et al., 2010). Ross (2014), menciona que el pico 1050 cm⁻¹ es asignado al enlace C_{aril}-O y el pico 890 cm⁻¹ corresponde a hidrógenos aromáticos, confirmando así la remoción de lignina y hemicelulosa.

La Figura 2 muestra los difractogramas de la celulosa obtenida de corona de piña SQ, con picos cercanos a 2θ=15.8° 23° y 35°. De acuerdo con Wang y Wen (2017), los picos observados cercanos a 2θ= 14.9°, 16.7°, 20.6°, 22.8° y 34.4° exhiben la estructura de la celulosa de tipo I, para los planos de difracción 101, 101, 021, 002 y 004 encontrada comúnmente en las fibras vegetales naturales, así como los

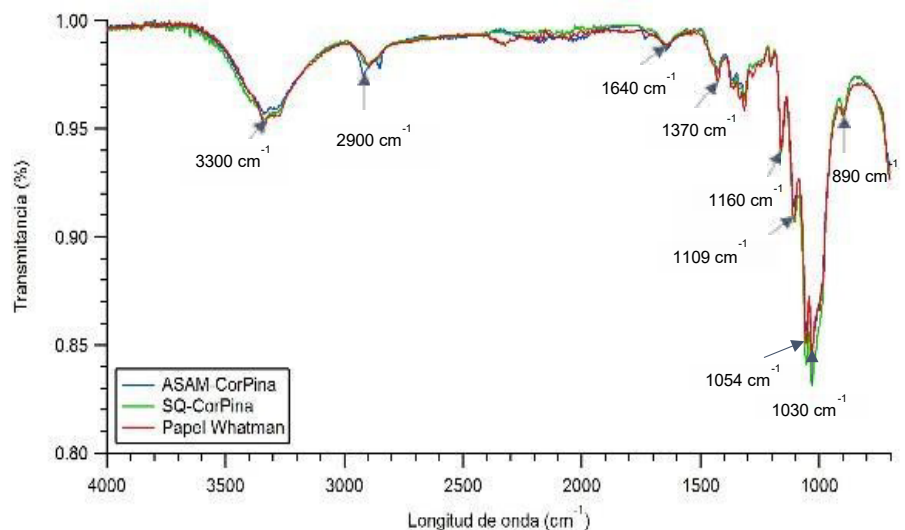


Figura 1. Interferograma de muestras de celulosa corona de piña método SQ.

Cuadro 3. Contenido de Alfa (α), Beta (β) y Gamma (γ) Celulosa.			
Proceso	Alfa-celulosa	Beta-celulosa	Gama-celulosa
Sosa-antraquinona %	93	5.75	1.25

picos $2\theta = 15.4^\circ$, 16.2° y 34.6° reportados por (Visakh, 2010) y Ross (2014) reportó picos cercanos a $2\theta = 12.6^\circ$, 20.6° , 21.8° y 34.4° .

La cristalinidad para la celulosa fue de 71.4% con un tamaño de cristal de 63.65 nm (63.35 Å), comparado con Ross (2014) quien reportó una menor cristalinidad (43.05 ± 1.5) con un tamaño de cristal de 2.30 nm (2.30 Å) a partir de hojas de corona de piña y Bolio et al., (2011), reportaron un valor similar (72%) para celulosa extraída a partir del raquis y pseudotallo de *Musa cavendish* y un tamaño de cristal menor 4.46 nm (4.46 Å). Comprobando de esta manera que el tamaño de los cristales puede aumentar o disminuir por efecto de factores que alteran la cristalinidad, de acuerdo a la fuente de origen de la celulosa, métodos de su extracción y tratamientos posteriores a su extracción (Bolio et al., 2016).

La micrografía electrónica de barrido Figura 3 (a) muestra los diámetros de celulosa ($1.81 \mu\text{m}$, $2.06 \mu\text{m}$ y $3.12 \mu\text{m}$), obteniendo un diámetro promedio ($2.33 \pm 0.78 \mu\text{m}$) menor al diámetro promedio de ($2.9025 \pm 0.75 \mu\text{m}$) reportado por Ross (2014).

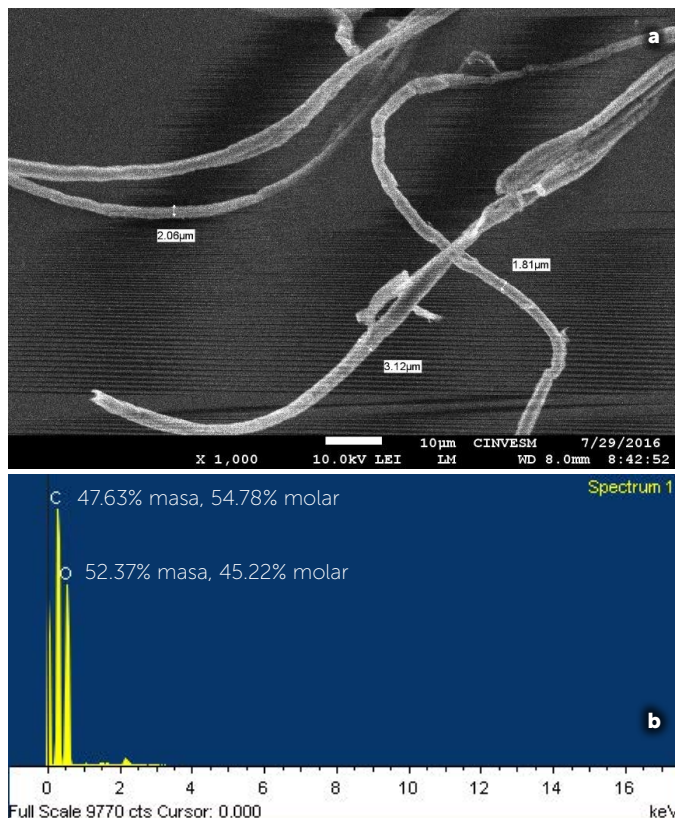


Figura 3. (a) Micrografía SEM de celulosa de corona de piña SQ, (b) Análisis elemental SEM celulosa corona de piña SQ.

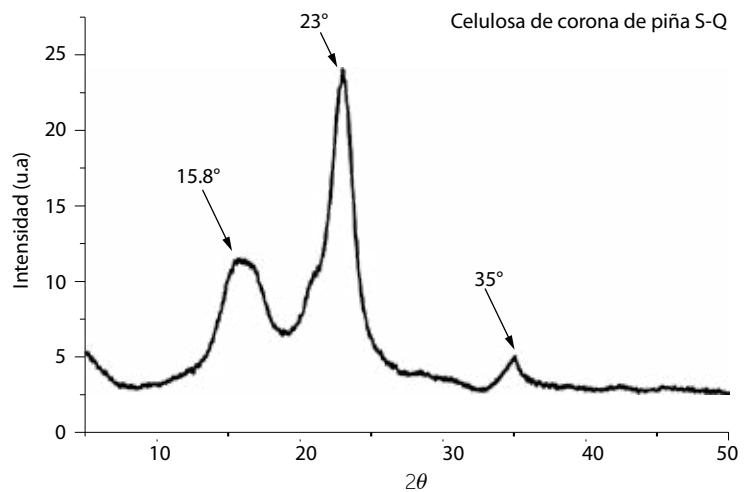


Figura 2. Difractograma celulosa coronas de piña SQ.

En el análisis elemental (EDX), Figura 3 (b), se observa como los principales elementos constituyentes de la celulosa, carbono y oxígeno: 1. Carbono (C) con 47.63% masa y 54.78% molar valores menores a 54.18% masa y 61.5% molar según Ross (2014), y 2. Oxígeno (O) con una composición de 52.37% masa y 45.22% molar mayores a 44.68% masa y 38.09% molar. Con este estudio se comprueba que no existen residuos de las etapas de cloración y blanqueo.

CONCLUSIONES

El tratamiento de pre-hidrólisis ácida al 0.5% con ácido sulfúrico combinado con el método de pulpeo SQ y blanqueo libre de cloro elemental (ECF), demostró obtener celulosa libre de residuos de las etapas de cloración y blanqueo determinado mediante el análisis elemental SEM (EDX) con un contenido de alfa (α) celulosa de 93%, que exhibe la estructura cristalina típica de celulosa tipo I encontrada comúnmente en las fibras vegetales naturales y se propone como alternativa de uso debido a su capacidad de refuerzo en los materiales compuestos, así como en la elaboración de biomateriales

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el financiamiento de este trabajo mediante el proyecto integral "APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DEL CULTIVO DE PIÑA (*Ananas comosus* L. Merrill) EN MÉXICO" Clave DSA/103.5/15/11123 de la Red de Investigación e Innovación en Sustentabilidad Agroindustrial (RIISA). Programa de Desarrollo Profesional Docente para el tipo Superior (PRODEP)-SEP.

LITERATURA CITADA

Aguilar-Rivera, N. (2010). Efecto del almacenamiento de bagazo de caña en las propiedades físicas de celulosa grado papel. Rev.

- Ingeniería Investigación y Tecnología. 13: 189-197. ISSN 1405-7743 FI-UNAM.
- Azizi Samir, M. A. S., Alloin F., Paillet M., & Dufresne A. (2004). Tangling Effect in Fibrillated Cellulose Reinforced Nanocomposites. *Macromolecules*. 37: 4313- 4316.
- Bolio, G., Valadez, A., Veleve, L. y Andreeva, A. (2011). Whiskers de Celulosa a partir de Residuos Agroindustriales de banano: Obtención y Caracterización. *Rev. Mex. Quím.* 10 (2): 291-299. ISSN 1665-2738.
- Bolio, G., Veleve, L., Hernández, V. M. y Salgado, G. S. (2016) Obtención de Celulosa a partir de Bagazo de Caña de Azúcar (*Saccharum* spp.), *Agroproductividad*: Vol. 9 Núm. 7. Pp: 41-45.
- Cano, A. H. (2008). Diagnóstico del Manejo Postcosecha, Comercialización e Industrialización de Piña (*Ananas comosus* L. Merrill) en Huimanguillo, Tabasco, México. (Tesis de Maestro en Ciencias) Colegio de Posgraduados Campus Tabasco, H. Cárdenas, Tabasco. Pp. 2-24.
- Contreras Q., J. H., Trujillo, P., Hugo, A., Arias, O., Pérez, C., José, L., Delgado, F. (2010). Espectroscopía ATR-FTIR de Celulosa: Aspecto Instrumental y Tratamiento Matemático de Espectros. *e- Gnosis*. 8: 1-13. E-ISSN: 1665- 5745H.
- Cullity, B. D. (1978). *Elements of X-Ray Diffraction Second Edition* Addison Wesley, New York.
- Espinoza, N., Cadena, P., De la Cruz F. R., y González I. (2011). El Aguacate una Especie muy Mexicana. Caracterización Social y Técnica del Cultivo de la Piña Criolla (*Ananas comosus* L. Merrill). Biofertilizantes a Base de Micorriza- arbuscular y su Aplicación en la Agricultura y El Proceso de Fermentación del Cacao. En: *AGRO productividad*. 1: 4.
- García, L., Bordallo, E., Dopico, D. y Cordero, D. (2013). Obtención de Celulosa Microcristalina a partir del Bagazo de la Caña de Azúcar. *Rev. ICIDCA*. 47: 57-63. ISSN 0138-6204.
- González M. y Pérez S. *et al.*, (2015). Residuos Agroindustriales con Potencial para la Producción de Metano Mediante la Digestión Anaerobia. *Rev Argent Microbiol*. 47(3). Pp. 230.
- Khalil, H.P.S., Bhat, A. H., y Yusra, A.F. (2011). Green Composites Sustainable Cellulose Nanofibrils: A review. En: *Carbohydrate Polymers*. 87: 963-979.
- Lu, P. y Hsieh, Y. L. (2010). Preparation and Properties of Cellulose Nanocrystals: Rod, Spheres, and Network. *Carbohydrate Polymers*. 82: 329-336.
- Lui, J., Holuszko, M., Mastalerz, M. (2017). Applications of micro-FTIR Technique in Studying Hydrophobicity of Coal. *International Journal of Coal Geology*. COGEL 2826.
- Morán, J. (2008). Extracción de Celulosa y Obtención de Nanocelulosa a partir de Fibra Sisal. 2do. Encuentro de Jóvenes Investigadores en Ciencia y Tecnología de Materiales. Argentina. Pp. 1-6.
- Qazanfarzadeh Zeinab. (2016). Properties of Whey Protein Isolate Nanocomposite Films Reinforced with Nanocellulose Isolated From Oat Husk. S0141-8130 (16)30623-7.
- Restrepo, A., Zuluaga, R., Castro, C., Correa, N., Vélez, J., y Gañán, P. (2007). Nano-composites Reforzados con Microfibrillas de Celulosa Aisladas de Paredes Celulares del Raquis de Banano. *Rev. Scientia et Technica Año XIII*. 36: 689-693. ISSN 0122-1701.
- Ross, A., R.E. (2014). Obtención y Caracterización de Celulosa a Partir del Residuo Agroindustrial de Piña (*Ananas comosus* L. Merrill). División de Ciencias Básicas e Ingenierías, México: Universidad Popular de la Chontalpa. Tesis de Licenciatura. Pp. 33-36.
- Segal, L., Creely, J., Martin, A., Conrad, C. (1959). An empirical method for estimating the degree of crystallinity of native cellulose using the X-ray diffractometer. *Text. Res. J.* 29(10): 786-794.
- SNITT, 2016. *Agenda Nacional de Investigación, Innovación y Recursos Fitogenéticos 2016-2022*.
- Técnica Technical Association of the Pulp and Paper Industry - TAPPI Blancura en Pulpa, Papel y Cartón 452 OM 92.
- Técnica Technical Association of the Pulp and Paper Industry - TAPPI No. KAPPA o grado de designificación 236 CM 85.
- Técnica Technical Association of the Pulp and Paper Industry - TAPPI T Contenido de Alfa, Beta y Gamma celulosa 203 OM 88.
- Ticso, (2014). Aprovechamiento Residuos Biomasa de Producción de Piña (*Ananas comosus*) para Municipio de Aguazul Casanare. *Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de la Orinoquia*.1: 2.
- Visakh, P. M. y Thomas, S. (2010). Preparation of Bionanomaterials and their Polymer Nanocomposites from Waste and Biomass. *Waste Biomass Valor* 1: 121-134.
- Wang H., Wen X., Wei Y., Wang X. y Liu C. (2017). Preparation and Characterization of Cellulose Laurate Ester by Catalized Transesterification. *Carbohydrate Polymers*. 168: 247-254.



Lime yield (*Citrus × latifolia* Tanaka ex Q. Jiménez) and fruit quality in winter season from orchards maintained with different soil moisture tension

Producción y calidad de fruto de limón persa (*Citrus × latifolia* Tanaka ex Q. Jiménez) en la época invernal con mantenimiento de diferentes tensiones de humedad del suelo

Rivera-Hernández, Benigno¹; Garruña-Hernández, René²; Santamaría-Basulto, Felipe^{3*}; Andrade-Torres, José L.⁴; Carrillo-Ávila, Eugenio⁵; Andueza-Noh, Rubén H.²

¹División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Conkal. Avenida Tecnológico s/n, Conkal. Yucatán, México. ²CONACYT-Instituto Tecnológico de Conkal. Avenida Tecnológico s/n, Conkal. Yucatán, México. ³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Mochochá, Yucatán, México. ⁴Centro de Investigación Científica de Yucatán. Calle 43 No. 130, Col. Chuburná de Hidalgo, Mérida, Yucatán, México. ⁵Colegio de Postgraduados campus Campeche. Carretera Federal Haultunchén-Edzna km 17.5, Sihochac, municipio de Champotón, Campeche, México.

*Autor para correspondencia: santamaria.felipe@inifap.gob.mx

ABSTRACT

Objective: To evaluate the effect of three soil moisture tension (SMT) on lime (*Citrus × latifolia* Tanaka ex Q. Jiménez) yield and fruit quality in winter season.

Design/methodology/approach: Effect of three SMT (–10kPa, –35kPa and –85kPa) was studied. The variables evaluated were yield and quality attributes (size and color), taste (total soluble solids, titrated acidity and Brix/acidity ratio) and texture (fruit firmness and juice content).

Results: Yield and percentage of large fruits decrease as the SMT increases. No significant statistical difference was found between SMT of –10kPa and –35kPa in color variables, juice percentage, firmness and TSS, but were statistically different from the values found at –85kPa of SMT.

Limitations of study/implications: Although treatments that improve production and fruit quality were found, more studies are required to better understand the floral induction process in the winter season, as well as study the effect of SMT levels on the phenological stage of flowering.

Findings/conclusions: Results show that the highest production was achieved with the SMT of –10 kPa. Fruit yield decreased as SMT increased. Color, size, firmness and juice content of the fruit improved by reducing SMT.

Key words: Citrus, Brix, flavor, texture, color.

RESUMEN

Objetivo: Evaluar el efecto de tres tensiones de humedad del suelo (THS) sobre la producción y la calidad de frutos de limón persa (*Citrus × latifolia* Tanaka ex Q. Jiménez) en la época invernal.

Diseño/ Metodología/ Aproximación: Se estudió el efecto de tres THS (–10kPa, –35kPa y –85kPa). Las variables evaluadas fueron el rendimiento y atributos de calidad de apariencia (tamaño y color), sabor (sólidos solubles totales, acidez titulable y la relación Brix/acidez) y la textura (firmeza del fruto y contenido de jugo).

Resultados: El rendimiento y porcentaje de frutos grandes disminuyen conforme aumenta la tensión de humedad en el suelo. No se registraron diferencia estadística significativa entre las THS de -10kPa y -35kPa en las variables de color, porcentaje de jugo, firmeza y SST, pero fueron estadísticamente diferentes a los valores encontrados a -85kPa de THS.

Limitaciones del estudio/implicaciones: Aunque se encontraron tratamientos que mejoran la producción, se requiere de más estudios para comprender mejor el proceso de inducción floral en la época invernal, así como estudiar el efecto de niveles de THS en la etapa fenológica de floración.

Hallazgos/conclusiones: Los resultados muestran que el mayor rendimiento se obtuvo con la tensión de humedad del suelo de -10kPa . El rendimiento de fruto disminuyó conforme se incrementó la tensión de humedad en el suelo. El color, tamaño, firmeza y el contenido de jugo del fruto mejoraron al reducir la tensión de humedad en el suelo.

Palabras clave: Citrus °Brix, sabor, textura, color.

INTRODUCCIÓN

En México, la mayor producción de limón persa (*Citrus × latifolia* Tanaka ex Q. Jiménez) ocurre entre los meses de mayo a octubre, lo que coincide con los precios bajos de los mercados nacionales e internacionales (Rivera-Cabrera *et al.*, 2010). De diciembre a abril se obtiene baja producción y se alcanzan los precios más altos (Almaguer-Vargas *et al.*, 2011). Para aumentar la producción de limón persa en la época invernal en México, se han estudiado varias prácticas como el uso de hormonas, estrés hídrico, fertilización y anillado, en tratamientos solos y combinados, con resultados promisorios (Almaguer-Vargas *et al.*, 2011; Ambriz-Cervantes *et al.*, 2018) siendo el estrés hídrico, una las prácticas más utilizadas en los subtrópicos y trópicos para inducir floración en la época invernal (Ariza *et al.*, 2004). En términos de rentabilidad, la calidad de la fruta se ha convertido tan importante como el rendimiento (Yılmaz *et al.*, 2018). El tamaño, forma, color, carencia de defectos, cantidad de jugo y sabor, son algunos de los atributos de calidad que pueden verse afectados por las prácticas culturales usadas para desfasar la cosecha (Almaguer-Vargas *et al.*, 2011; Arévalo *et al.*, 2016). El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de tres tensiones de humedad en el suelo como estimulante para incrementar la producción y la calidad de frutos de limón persa en la época invernal.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento fue realizado del 1 de octubre de 2018 al 30 de marzo de 2019 en el campo experimental del Colegio de Postgraduados, Campus Campeche, México ($19^{\circ} 29' 55''$ N y $90^{\circ} 32' 45''$ O, y altitud de 20 m). Los tratamientos de tensión de humedad en el suelo (THS) se estudiaron en un plantío de limón persa de 16 años injertada en naranjo agrio, establecido en un marco de plantación $1.5\text{m} \times 10\text{m}$ (666 árboles ha^{-1}). Del 1 octubre al 5 de noviembre todas las plantas se mantuvieron a -85kPa de THS, después de esa fecha, se estudiaron las THS a -10 y -35kPa , manteniendo un trata-

miento a -85kPa hasta la cosecha de fruto. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones, cada una con seis árboles, la unidad experimental fueron los dos árboles centrales de cada repetición. El agua fue aplicada con cinta de riego con goteros a cada 30 cm de distancia (1L h^{-1}), se aplicó el riego cada vez que la THS fue mayor a las estudiadas. La THS se midió utilizando tensiómetros (Irrrometer® modelo "R") instalados a 30 cm de profundidad a un costado del gotero de la cinta de riego. Se colocaron dos cintas de riego por fila de árboles a una distancia de 50 cm con respecto al tallo de la planta. Se realizaron dos muestreos de cosecha (7 y 22 de marzo de 2019). Los frutos fueron trasladados al Laboratorio de postcosecha del Campo Experimental Mocochoá (INIFAP) en el estado de Yucatán. El peso del fruto (g) se cuantificó un día después de la cosecha con el uso de una balanza electrónica marca Mettler ($500 \pm 0.001\text{g}$). El diámetro ecuatorial (mm) se midió con un vernier digital. El jugo (mL) se extrajo con ayuda de un exprimidor manual. Los frutos cosechados se clasificaron por código de tamaño (1, 2 y 3) de acuerdo a la Norma Mexicana NMX-FF-077-1996. Los frutos se clasificaron de forma subjetiva por color utilizando la escala propuesta por Arévalo *et al.* (2016). El color del fruto se determinó con colorímetro Minolta CR-400 mediante tres lecturas alrededor de la zona ecuatorial de los frutos, los valores se reportan en luminosidad (L^*), saturación de color (C^*), y ángulo de tono del fruto (h). La firmeza del fruto fue determinada de manera similar a Pranamornkith *et al.* (2010), utilizando un analizador de textura TA-plus (Lloyd Instruments, Reino Unido). Los sólidos solubles

Cuadro 1. Rendimiento total y por código de tamaño obtenido de dos cosechas de limón persa (*Citrus × latifolia* Tanaka ex Q. Jiménez) en la época invernal.

THS	Rendimiento (t ha ⁻¹)	% Código de tamaño 1 (58-67 mm)	% Código de tamaño 2 (53-62 mm)	% Código de tamaño 3 (48-57 mm)
-10 kPa	4.16±0.32a	53.2±2.3a	34.6±1.3b	12.0±3.4c
-35 kPa	3.15±0.21b	41.4±1.7b	40.7±2.4a	17.8±2.8b
-85 kPa	1.34±0.27c	28.4±1.4c	36.3±3.2b	35.1±2.5a

THS=Tensión de humedad en el suelo. Valores con la misma letra son estadísticamente iguales (n=6; Tukey p≤0.05).

totales (SST) se determinaron colocando gotas de jugo en un refractómetro (PAL-1, Atago®, Japón), expresando los valores en °Brix. La acidez titulable (AT) se determinó de acuerdo con la norma mexicana NMX-FF-011-1982. Con los valores de SST y AT, se determinó la relación de ambas variables. Para cada variable se realizó un análisis de varianza y se aplicaron pruebas de comparación de medias Tukey (p≤0.05) utilizando el programa SAS V9.1.3. (Statistical Analysis System, 2003).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El mayor rendimiento fue de 4.14 ha⁻¹ con la THS de -10 kPa. El rendimiento disminuyó conforme se incrementó la THS hasta 1.34 ha⁻¹ con la THS de -85 kPa observándose diferencias estadísticas en las tres THS (Cuadro 1). Los rendimientos de 3.1 y 4.1 ha⁻¹ obtenidos con las THS de -35 kPa y -10kPa en el presente trabajo son 2.1 y 2.9 veces el promedio de 1.4 t ha⁻¹ reportado para el estado de Campeche durante los meses de invierno del año 2018 (SIAP, 2019). Respecto al tamaño del fruto el porcentaje de frutos de código 1 fue mayor en las THS más bajas, además se observa en esas mismas THS un gradiente de disminución (código de tamaño 1 > código 2 > código 3) en las THS a -10 y -35kPa, mientras que a -85kPa se tuvo menor porcentaje de fruto de código.

En la clasificación subjetiva de los frutos se detectaron diferencias significativas (P≤0.05) en el porcentaje de color de fruto (Cuadro 2). En la THS de -10kPa se obtuvo el mayor porcentaje de fruto con cáscara de color verde, y conforme la THS aumentó, se disminuyó el porcentaje de fruto de este color. En la THS de -85kPa se registró el mayor porcentaje de frutos con el 50% de color amarillo en la cáscara.

El color de la cáscara es la característica más utilizada para evaluar el estado de maduración de los frutos y es además

un aspecto importante para determinar su calidad. Los datos obtenidos de la determinación objetiva del color de los frutos con cáscara de color verde (FCCV) presentaron diferencia significativa en los parámetros de luminosidad (L*) y ángulo del tono (h) en la primera cosecha (Figura 1). Los frutos provenientes de la THS de -85kPa de THS presentaron mayor luminosidad y menor ángulo del tono, esto es, más claros y menos verdes que los frutos provenientes de THS de -35kPa y -10kPa. En cambio, los tratamientos con mayor humedad del suelo presentaron mayor ángulo del tono, por ende, su apariencia es de frutos más verdes. A 20 ddc no se observaron diferencias estadísticas en estas variables entre tratamientos estudiados, eso significa que después de este tiempo todos los frutos fueron más claros, más amarillos y con menos saturación de color, lo que parece indicar que la vida de anaquel es menor a los 20 d. Los valores de luminosidad y ángulo del tono encontrados en el presente trabajo (43.6 y 124°) de los frutos de las parcelas mantenidas con THS de -10kPa son similares a los valores reportados por García-López et al. (2017) para limones de calidad Extra (42 y 121°).

El mayor porcentaje de jugo se obtuvo con las parcelas mantenidas a -10kPa y -35kPa de THS, con valores cercanos a 48% siendo estadísticamente iguales en los frutos de los tres tamaños (Cuadro 3). Estos valores superan el requisito mínimo (42%) que establece la Norma Mexicana NMX-FF-077-1996. En cambio, los frutos de la THS de -85 kPa no solo fueron menores, sino muy cercanos al límite del 42% de jugo. Un dato de mu-

Cuadro 2. Clasificación de fruto de limón persa (*Citrus × latifolia* Tanaka ex Q. Jiménez) por color subjetivo de cáscara en tres tensiones de humedad en el suelo.

THS	FCCV (0%)	FCCVPA (25%)	FCCVPA (50%)
-10kPa	71.3±1.7a	15.4±2.1b	13.3±1.6b
-35kPa	62.3±2.8b	22.2±2.8a	15.5±1.2b
-85kPa	54.5±2.5c	20.4±1.6a	25.1±1.3a

THS=Tensión de humedad del suelo; FCCV (0%)=frutos con cáscara de color verde; FCCVPA (25%)=frutos con cáscara verde y porciones amarillas hasta el 25 % y FCCVPA (50%)=frutos con cáscara verde y porciones amarillas hasta 50 %. Valores con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, p≤0.05; n=9).

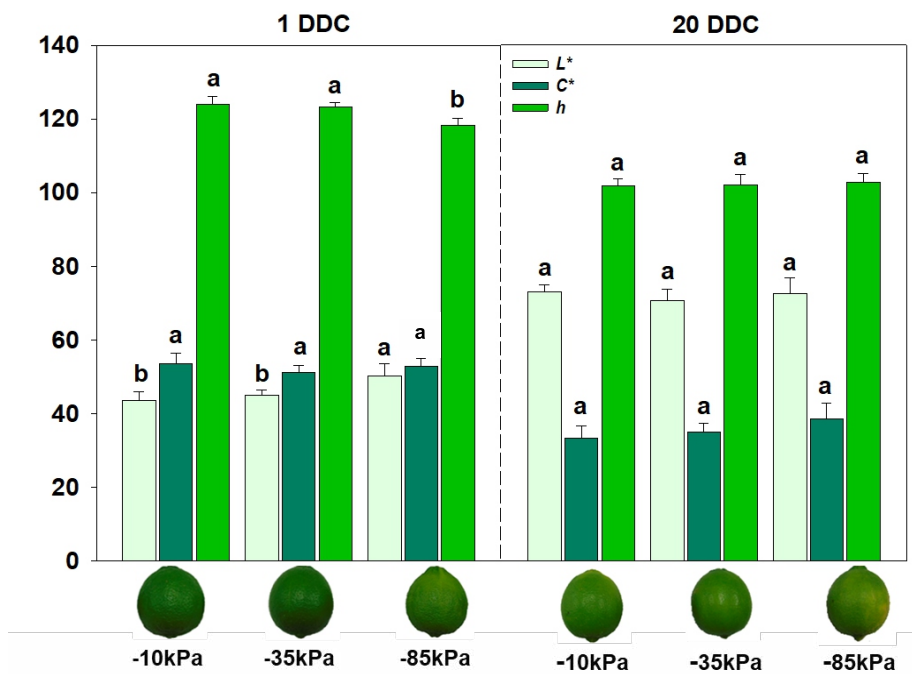


Figura 1. Luminosidad (L*), saturación de color (C*) y ángulo del tono del color (h) en frutos de *Citrus x latifolia* Tanaka ex Q. Jiménez de cáscara de color verde (FCCV), 1 y 20 d después de la cosecha en tres tensiones de humedad en el suelo en la primera cosecha.

cha importancia es que a los 20 días después de corte (ddc), el porcentaje de jugo de los frutos de las THS de -10kPa y -35kPa se redujo, pero su valor fue mayor al de la norma mexicana, no así los frutos de la THS -85 kPa, donde el porcentaje de jugo cayó por debajo de lo que marca la norma mexicana NMX-FF-077-1996.

Los frutos provenientes de la THS de -85kPa presentaron mayor firmeza, en los frutos verdes no hubo diferencia estadística entre las tensiones de humedad del suelo, pero en los frutos con 25% y 50% de porciones amarillas el valor de firmeza de frutos a -85kPa fue estadísticamente diferente a las otras dos THS (Cuadro 4). Después de 20 d, la firmeza de los frutos verdes fue mayor, mientras que en frutos con 25% y 50% de porciones amarillas la maduración continuó con el proceso de ablandamiento. Los valores de firmeza de fruto a 1 ddc en las THS a -10 y -35 kPa estuvieron dentro del rango (25.5N a 30.9 N) reportados para México (Ariza et al., 2004).

Cuadro 3. Porcentaje de jugo (mL) de limón persa (*Citrus x latifolia* Tanaka ex Q. Jiménez) por código de tamaño de frutos a uno y veinte días después de la cosecha en tres tensiones de humedad del suelo.

THS	1 ddc			20 ddc		
	Código 1 (58-67mm)	Código 2 (53-62mm)	Código 3 (48-57mm)	Código 1 (58-67mm)	Código 2 (53-62mm)	Código 3 (48-57mm)
-10 kPa	48.2±4.5a	48.2±1.9a	48.0±2.1a	42.5±2.5a	42.1±2.9a	43.6±2.6a
-35 kPa	47.8±4.5a	47.8±1.9a	48.6±2.6a	43.2±3.1a	42.5±2.2a	43.7±3.3a
-85 kPa	41.4±3.1b	42.2±2.1b	41.9±3.2b	38.8±2.3b	38.5±3.1b	38.9±3.5b

THS=Tensión de humedad en el suelo. Valores con la misma letra en columna son estadísticamente iguales (Tukey, p≤0.05; n=9).

Cuadro 4. Firmeza de fruto entero (Newtons) de limón persa (*Citrus x latifolia* Tanaka ex Q. Jiménez) a uno y veinte días después de la cosecha en tres tensiones de humedad del suelo.

THS	1 ddc			20 ddc		
	FCCV 0%	FCCVPA 25%	FCCVPA 50%	FCCV 0%	FCCVPA 25%	FCCVPA 50%
-10 kPa	29.9±1.2a	26.9±1.1b	18.9±1.0b	31.6±1.3b	22.9±1.1a	10.2±1.0a
-35 kPa	30.4±1.1a	27.1±1.2b	19.1±1.1b	32.1±1.0b	23.7±1.3a	10.5±1.1a
-85 kPa	32.1±1.3a	30.1±1.1a	23.3±1.2a	35.5±1.6a	24.1±2.4a	12.6±1.2a

THS=Tensión de humedad en el suelo; FCCV (0%)=frutos con cáscara de color verde, FCCVPA (25%)=frutos con cáscara verde y porciones amarillas hasta el 25 % y FCCVPA (50%)=frutos con cáscara verde y porciones amarillas hasta 50 %. Valores con la misma letra en columna son estadísticamente iguales (Tukey, p≤0.05; n=9).

En el porcentaje de acidez titulable (AT) no se registraron diferencias estadísticas entre los tratamientos (Cuadro 5), aunque se observó una ligera tendencia de disminución de los valores de la AT conforme se incrementó la THS de -10 a -85 kPa, tendencia que coincide con los resultados reportados en limón persa por Neto et al. (2013). Los valores de acidez titulable de este trabajo cumplieron con la Norma Mexicana NMX-FF-077-1996 que establece que el porcentaje de AT mínimo para el punto de sazón o madurez en limón persa no debe ser menor a 7% de ácido cítrico.

Los valores del contenido de SST fueron significativamente mayores en los frutos del tratamiento en el que el riego se aplicó cuando la THS fue de -85 kPa ($p \leq 0.05$) (Cuadro 6) pero a los 20 ddc, estos valores resultaron ligeramente superiores y estadísticamente iguales en los tres tratamientos de THS. Klug et al. (2003) reportan incrementos similares en SST en frutos de limón persa al-

macenados a temperatura ambiente (38 °C) durante 30 ddc. No se encontraron diferencias estadísticas en la relación SST/AT en el jugo de los frutos como resultado de la aplicación de los tratamientos de THS (Cuadro 7). De manera similar, Bassan et al. (2013) no encontraron efectos significativos del estrés hídrico en la relación SST/AT en limón persa. Los valores correspondientes a las THS de -10 y -35 kPa están dentro del rango de valores (1.1 a 1.3) en los que se realiza la comercialización de limón persa en México (Ambriz-Cervantes et al., 2018).

CONCLUSIONES

La tensión de humedad en el suelo tuvo efecto sobre la producción y calidad de fruto de limón en la época de invierno. El rendimiento de fruto disminuyó conforme se incrementó la tensión de humedad en el suelo. El color, tamaño, firmeza y el contenido de jugo del fruto mejoraron al reducir la tensión de humedad en el suelo. El grosor de la cáscara, el

Cuadro 5. Acidez titulable (% de ácido cítrico) del jugo de frutos de limón persa (*Citrus x latifolia* Tanaka ex Q. Jiménez) por código de tamaño, en tres tensiones de humedad del suelo: primera cosecha.

THS	1ddc			20ddc		
	Código 1 (58-67mm)	Código 2 (53-62mm)	Código 3 (48-57mm)	Código 1 (58-67mm)	Código 2 (53-62mm)	Código 3 (48-57mm)
-10 kPa	7.21 ± 0.34	7.19 ± 0.28	7.20 ± 0.38	6.94 ± 0.20	6.93 ± 0.28	6.94 ± 0.18
-35 kPa	7.22 ± 0.41	7.21 ± 0.32	7.19 ± 0.30	6.98 ± 0.18	6.96 ± 0.26	6.90 ± 0.27
-85 kPa	7.47 ± 0.54	7.39 ± 0.40	7.42 ± 0.39	7.14 ± 0.19	6.99 ± 0.31	6.98 ± 0.26

THS=Tensión de humedad en el suelo. No se detectaron diferencias estadísticas entre tratamientos ($p > 0.05$; $n=9$).

Cuadro 6. Sólidos solubles totales (°Brix) del jugo de frutos de limón persa (*Citrus x latifolia* Tanaka ex Q. Jiménez) a uno y veinte días después de la cosecha, por código de tamaño de fruto, en tres tensiones de humedad del suelo.

THS	1ddc			20ddc		
	Código 1 (58-67mm)	Código 2 (53-62mm)	Código 3 (48-57mm)	Código 1 (58-67mm)	Código 2 (53-62mm)	Código 3 (48-57mm)
-10 kPa	$9.2 \pm 0.48a$	$9.2 \pm 0.46a$	$9.2 \pm 0.40a$	$9.4 \pm 0.28a$	$9.5 \pm 0.16a$	$9.5 \pm 0.19a$
-35 kPa	$9.2 \pm 0.41a$	$9.3 \pm 0.44a$	$9.3 \pm 0.87a$	$9.4 \pm 0.16a$	$9.5 \pm 0.18a$	$9.5 \pm 0.17a$
-85 kPa	$9.8 \pm 0.48b$	$9.9 \pm 0.51b$	$9.8 \pm 0.82b$	$10.1 \pm 0.28a$	$10.0 \pm 0.14a$	$10.1 \pm 0.22a$

THS=Tensión de humedad en el suelo. Valores con la misma letra en columna son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$; $n=9$).

Cuadro 7. Relación entre sólidos solubles totales (SST) y acidez titulable (AT) (SST/AT) a uno y veinte días después de la cosecha en el jugo de frutos de limón persa (*Citrus x latifolia* Tanaka ex Q. Jiménez) en tres tensiones de humedad del suelo.

THS	1ddc			20ddc		
	Código 1 (58-67mm)	Código 2 (53-62mm)	Código 3 (48-57mm)	Código 1 (58-67mm)	Código 2 (53-62mm)	Código 3 (48-57mm)
-10 kPa	1.27 ± 0.08	1.27 ± 0.06	1.27 ± 0.07	1.35 ± 0.08	1.37 ± 0.06	1.36 ± 0.07
-35 kPa	1.27 ± 0.09	1.28 ± 0.11	1.28 ± 0.09	1.34 ± 0.09	1.36 ± 0.11	1.37 ± 0.09
-85 kPa	1.31 ± 0.07	1.34 ± 0.10	1.33 ± 0.08	1.41 ± 0.07	1.43 ± 0.10	1.46 ± 0.08

THS=Tensión de humedad en el suelo. No se detectaron diferencias estadísticas entre tratamientos ($p > 0.05$; $n=9$).

contenido de acidez titulable y la relación acidez titulable y sólidos solubles totales no se modificaron con las tensiones de humedad en el suelo estudiadas en este trabajo.

LITERATURA CITADA

- Almaguer-Vargas, G., Espinoza-Espinoza, J.R. & Quirós-García, J.L. (2011). Desfasamiento de cosecha de limón persa. Revista Chapingo Serie Horticultura 17(3):197-205.
- Ambriz-Cervantes, R., Ariza-Flores, R., Tejacal, I.A., Michel-Aceves, A.C., Barrios-Ayala, A. & Otero-Sánchez, M.A. (2018). Effect of banding and biostimulants in the flowering, production and quality of Persian lime (*Citrus Latifolia* Tan.) in winter. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 9(4):711-722.
- Arévalo, P.A., Parra-Coronado, A. & Orduz-Rodríguez, J.O. (2016). Postharvest physicochemical characterization of different materials of Tahiti acid lime (*Citrus latifolia* Tanaka) for exports. Revista Colombiana Ciencias Hortícolas 10(2):241-251.
- Ariza, F.R., Cruzaley, S.R., Vázquez, G.E., Barrios, A.A. & Alarcón, C.N. (2004). Efecto de las labores culturales en la producción y calidad del limón mexicano de invernadero. Revista Fitotecnia Mexicana 27(1):73-76.
- Bassan, M.M., Mourão, F.F.A., Cristina, C.V., Zarate, C.H.T. & Jacomino, A.P. (2013). The harvesting system affects the quality and conservation of the 'Tahiti' acid lime. Scientia Horticulturae 155:72-77.
- García-López, F.M., Herrera-Corredo, J.A., Pérez-Sato, J.A., Alariste-Pérez, I., & Contreras-Oliva, A. (2017). Relación entre color y parámetros fisicoquímicos del limón persa (*Citrus latifolia* T.) del centro de Veracruz, México. Agroproductividad 10(9):9-14.
- Kluge, R.A., Jomori, M.L.L., Vitti, M.C.D. & Padula, M. (2003). Intermittent warming in 'Tahiti' lime treated with an ethylene inhibitor. Postharvest Biology and Technology 29:195-203.
- Neto, H.B., Filho F.A.A.M., Stuchi, E.S., Spinoza-Nunez, E. & Cantuarias-Avilés, T. (2013). The horticultural performance of five Tahiti lime selections grafted onto Swingle citrumelo under irrigated and non-irrigated conditions. Scientia Horticulturae 150:181-186.
- NMX-FF-011-1982. Productos alimenticios no industrializados, para uso humano. fruta fresca. determinación de acidez titulable. método de titulación. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas. 4 p.
- NMX-FF-077-1996. Productos alimenticios no industrializados para consume humano fruta fresca. Limón persa (*Citrus latifolia* L.). Especificaciones. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas. 10 p.
- Pranamornkith, T., Mawson, A. & Heyes, J.A. (2010). Effects of CA and alternative postharvest treatments on quality of lime (*Citrus latifolia* Tan) fruit. Acta Horticulturae 857:306-312.
- Rivera-Cabrera, F., Ponce-Valadez, M., Díaz de León, F., Buentello, B., Villegas-Monter, A. & Pérez-Flores, L.J. (2010). Acid limes: a review. Fresh Produce 4:116-122.
- SIAP. (2019). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Atlas Agroalimentario. <https://nube.siap.gob.mx/gobmx>.
- Statistical Analysis System (2003). Statistical Analysis System (SAS) for Windows 9 1.3. Service Pack 2. SAS Institute Inc Cary, NC, USA.
- Yilmaz, B., Cimen, B., Esiloglu, T.Y., Incesu, M., Kamiloglu, M.U. & Yilmaz, M. (2018). Effects of 2,4-DP- P (2,4-Dichlorophenoxypropionic Acid-P) Plant Growth Regulator on Fruit Size and Yield of Star Ruby Grapefruit (*Citrus paradisi* Osb.). Journal of Agriculture-Food Science and Technology 6(9):1279-1284.

Use and appropriation of information and communication technologies (ICTs) in the commercialization of rural accommodation services

Uso y apropiación de tecnologías de información y comunicación (TICs) en la comercialización de servicios de alojamiento rural

García-Rodea, Luis Felipe¹; Thomé-Ortiz, Humberto^{1*}; González-Domínguez, Irais²; López-Carré, Elizabeth²

¹Universidad Autónoma del Estado de México. Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR). El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca. Estado de México. México. CP. 50200. ²Universidad Autónoma del Estado de México Facultad de Turismo y Gastronomía. Cerro de Coatepec s/n, Ciudad Universitaria, Toluca de Lerdo, Méx. C.P. 50110.

*Autor de correspondencia: humberthome@hotmail.com

ABSTRACT

Objective: To identify the use and appropriation of Information and Communication Technologies (ICTs) in rural accommodation services in the State of Mexico.

Design/methodology/approach: A multiple case study with a qualitative approach was carried out through random sampling for convenience.

Results: It was identified that there is a lack of appropriation in tourism projects, as well as a low diffusion and commercialization of tourism services from the use of Information and Communication Technologies (ICTs).

Limitations of the study/implications: The study focuses only on projects generated from government initiatives, leaving a large field of opportunity to analyze other rural accommodation initiatives.

Findings/conclusions: Rural pluriactivity has allowed tourism to be incorporated into the social dynamics of the communities, which contributes to the family economy.

Keywords: Rural tourism, rural accommodation, ICTs, marketing, rural zones.

RESUMEN

Objetivo: Identificar el uso y apropiación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs) en los servicios de alojamiento rural en el Estado de México.

Diseño/metodología/aproximación: Se llevó a cabo un estudio de caso múltiple con enfoque cualitativo, a través de un muestreo aleatorio por conveniencia.

Resultados: Se identificó que falta apropiación en los proyectos turísticos, además de baja difusión y comercialización de servicios turísticos a partir del uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs).

Limitaciones del estudio/implicaciones: El estudio se enfocó únicamente en los proyectos generados a partir de iniciativas gubernamentales, quedando un gran campo de oportunidad al analizar otros alojamientos rurales.

Hallazgos/conclusiones: La pluri actividad rural ha permitido que el turismo se incorpore en la dinámica social de las comunidades, lo cual contribuye a la economía familiar.

Palabras clave: Turismo rural, alojamiento rural, TICs, comercialización, zonas rurales.

Agroproductividad: Vol. 13, Núm. 2, febrero, 2020. pp: 89-94.

Recibido: octubre, 2019. **Aceptado:** enero, 2020.

INTRODUCCIÓN

A partir de las transformaciones sociales, económicas, culturales y políticas experimentadas por las sociedades rurales, los núcleos agrarios han tenido que adaptarse a las transformaciones socioeconómicas considerando nuevas alternativas para realizar actividades, siendo una de ellas el turismo rural, a través del cual se busca generar una derrama económica para las poblaciones, así como el aumento en la demanda turística que busca alternativas de ocio y recreación.

En el contexto de la globalización, se ha generado una concepción multifuncional del espacio rural, que es dada no sólo por la creciente insatisfacción con las políticas agrarias neoliberales, de orientación productivista, sino también como consecuencia de las perspectivas no comerciales sobre el territorio, tales como la defensa del medio ambiente, seguridad alimentaria, alivio de la pobreza y el desarrollo rural (Reig, 2002).

Dicha multifuncionalidad se relaciona con las expresiones de la llamada nueva ruralidad, que busca la revalorización del capital rural más allá de su papel como proveedor de alimentos (Trpin, 2005) lo que ha provocado que las actividades económicas desarrolladas por las poblaciones sean más diversas. Ello ha aumentado la incidencia del Empleo Rural No Agrícola (ERNA), que resulta atractivo para la población rural por varios motivos, entre los que destacan (Barrera y Muñoz, 2003), que es una alternativa a la pobreza estructural del campo, que permite estabilizar los ingresos, compensando la estacionalidad agrícola y diversificar las fuentes de ingreso, y que estimula la modernización de la agricultura, al vincularla con la industria, el comercio y otros servicios.

Aunado a lo anterior, Juan y Solsona (2004) afirman que un turismo rural racional y sostenible puede generar diferentes aportaciones en el medio rural, destacando la generación de ingresos complementarios; estabilidad demográfica de la población local; mantenimiento de actividades agropecuarias y artesanales, además de incorporar mujeres y jóvenes al trabajo digno remunerado.

El turismo rural puede representar ventajas para la transformación socioeconómica de los espacios rurales, tal es el caso de las características positivas que establecen en su estudio Millán *et al.* (2014) a través del cual destacan que es posible aliviar la estacionalidad de las activi-

dades rurales; generar un efecto multiplicador a través del apoyo al crecimiento de otros sectores y propiciar una disminución en la migración poblacional.

En este sentido, y partiendo de que el turismo debe de ser una actividad basada en experiencias y en la imagen asociada al territorio, algunos autores como Ivars (2000) y Peña y Jiménez (2005) indican que dentro de los espacios rurales, se pueden establecer sinergias entre los turistas y la comunidad local, que generen diversas modalidades turísticas, tales como el agroturismo, turismo rural comunitario, etnoturismo y turismo agroalimentario.

Para poder hacer uso y disfrute de cada una de las modalidades mencionadas se debe tener en consideración la infraestructura necesaria para la prestación de servicios, definidos en el Diario Oficial de la Federación (DOF, 2016) como aquellos que dan fortaleza a la infraestructura turística, que permiten consolidar los destinos turísticos o con vocación turística, que dan a conocer mejor el mercado y establecen una comunicación con las empresas turísticas y satisfacen las necesidades de los turistas.

El DOF (2016) incorpora un catálogo de prestadores de servicios turísticos, en el cual se establecen las pautas reglamentarias y normativas para dar seguimiento a las actividades realizadas; y como parte de este catálogo se consideran algunos establecimientos que pueden brindar servicios tales como las agencias de viajes; alimentos y bebidas; guías de turistas; operadoras de aventura; parques temáticos; y establecimientos de hospedaje; entre otros. En este catálogo se retoma la categoría de hospedaje, la cual es definida como "...aquel que provee la infraestructura y equipamiento para prestar el servicio de alojamiento con fines turísticos y, en su caso, alimentación y servicios complementarios demandados por el turista; ubicados principalmente en áreas circundantes o dentro de aeropuertos... así como en otros espacios con vocación turística..." (DOF, 2016).

De esta manera, la oferta que se ha realizado en los espacios rurales con respecto al alojamiento, puede ser identificada a partir de tres grandes categorías con características particulares, tales como, segunda residencia, oferta del turismo convencional y alojamientos rurales. Para esta investigación se retomará la tipología de alojamientos rurales, definidos según Juan y Solsona (2004) como aquellas pequeñas empresas o unidades de negocio que se gestionan en gran parte por familias

o por cooperativas; lo cual genera un tipo de alojamiento diferenciado al resto.

No obstante, el gran potencial del turismo para dinamizar las economías rurales y la existencia de diversos programas gubernamentales para impulsar esta actividad, los beneficios generados en las comunidades son mínimos. Ello se debe a múltiples rezagos que impiden el correcto funcionamiento y comercialización de los destinos turísticos, entre los que sobresale la falta de acceso a las TICs como herramientas de comercialización.

Al respecto es importante considerar que el acceso a las TICs se ha democratizado a partir de su amplia difusión mediante redes sociales y medios digitales, a partir de la accesibilidad a diversos dispositivos que permiten la conectividad de los usuarios.

Ciertamente, la expansión de estas aplicaciones se ha extendido hasta los ámbitos rurales donde es posible establecer vinculaciones entre el uso de Tecnologías de Información y Comunicación y los procesos de desarrollo rural. Algunos trabajos que han apuntado dicha relación (Felizzola, 2010; Zhou, 2014; Morrison et al., 2001; Castañeda et al., 2007) indican que, si bien las TICs no han sido la panacea en el medio rural, sí han sido un mecanismo importante para el posicionamiento de los destinos turísticos, la generación de confianza entre consumidores, oferta especializada de servicios y comercialización por internet, aspectos que han permitido la transformación socioeconómica de los territorios. Con base en lo anterior, se buscó identificar el uso y apropiación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs)

en los servicios de alojamiento rural en el Estado de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para esta investigación se realizó un diagnóstico sobre las condiciones de comercialización de establecimientos de turismo rural en el Estado de México, a partir del uso de las TICs; y mediante un estudio de caso múltiple, se definieron las unidades de observación a partir de un muestreo aleatorio por conveniencia; cabe mencionar que el método de estudio de caso es una estrategia metodológica de investigación científica que posibilita el fortalecimiento, crecimiento y desarrollo de nuevos paradigmas científicos, por tanto, se muestra apto para el desarrollo de investigaciones en cualquier campo de la ciencia a partir de una serie de observaciones de la realidad del objeto de estudio y que, en ocasiones, se parte de un estado nulo o limitado de la teoría (Martínez-Carazo, 2006). Dicho lo anterior, el método de estudio de caso es una herramienta factible para identificar, de forma empírica, cómo se realiza la comercialización de alojamientos rurales en el Estado de México, debido a que no existe información documentada acerca de esta actividad y por tanto el fenómeno del turismo rural en la zona de estudio, tiene ciertas limitantes. Se abarcaron 19 unidades de observación (Figura 1) que forman parte de los centros ecoturísticos impulsados por el Programa de Turismo Alternativo en Zonas Indígenas (PTAZI) promovido por la entonces Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas.

Se aplicaron entrevistas semiestructuradas (n=19) a actores involucrados en la prestación de servicios turísticos dentro de las unidades de observación. Las entrevistas fueron grabadas transcritas y los datos fueron codificados en una base para su análisis. Para complementar la información obtenida en las entrevistas se realizó observación en campo que fue documentada mediante notas, que permitieron aclarar cuestiones no verbales y conductas sobre los temas explorados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Estado de México se han realizado proyectos que consideran la construcción de infraestructura turística en diferentes municipios con ascendencia étnica a partir del Programa de Turismo Alternativo en Zonas Indígenas (PTAZI), que en su momento operó la entonces Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas (CDI); lo cual generó profundos cambios en la estructura social de las comunidades, a partir de la incorporación del turismo a sus labores diarias.

La función del PTAZI era contribuir al desarrollo económico de la población indígena, a través del aprovechamiento de recursos naturales, otorgando subsidios para la formulación y diseño de proyectos de inversión en materia turística, dotación de infraestructura y equipamiento, fortalecimiento de capacidades y promoción de los proyectos (CDI, 2015).

De acuerdo con González-Domínguez et al. (2018), entre 2012 y 2016, el PTAZI apoyó la construcción de 24 parques ecoturísticos, de los cuales solo operaba el 65%; sin embargo, una actualización derivada de este estudio indicó que actualmente sólo se encuentran en operación el 38% (Figura 2);

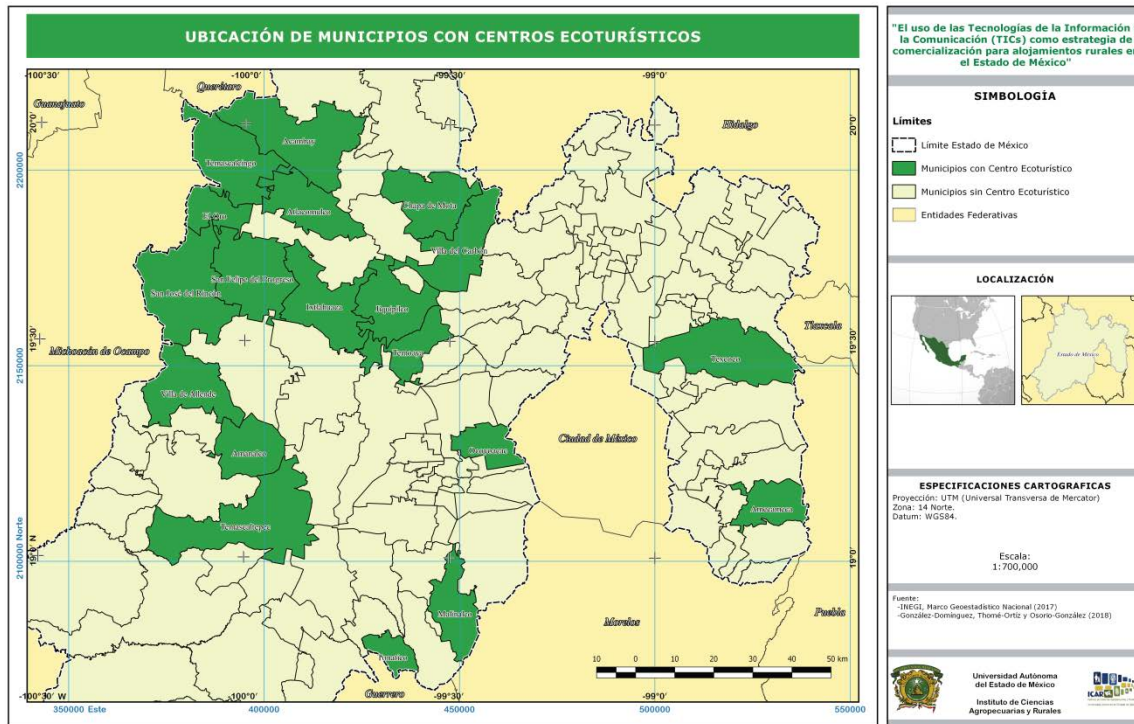


Figura 1. Zona de estudio para el diagnóstico. Fuente: Elaboración propia, con base en INEGI (2017) y González-Domínguez et al. (2018).

aspecto que eventualmente sugiere falta de construcción social de las capacidades y de apropiación de los proyectos.

En color verde se muestran los municipios donde operan los parques construidos; en color naranja los parques que ya no están en operación, y finalmente con

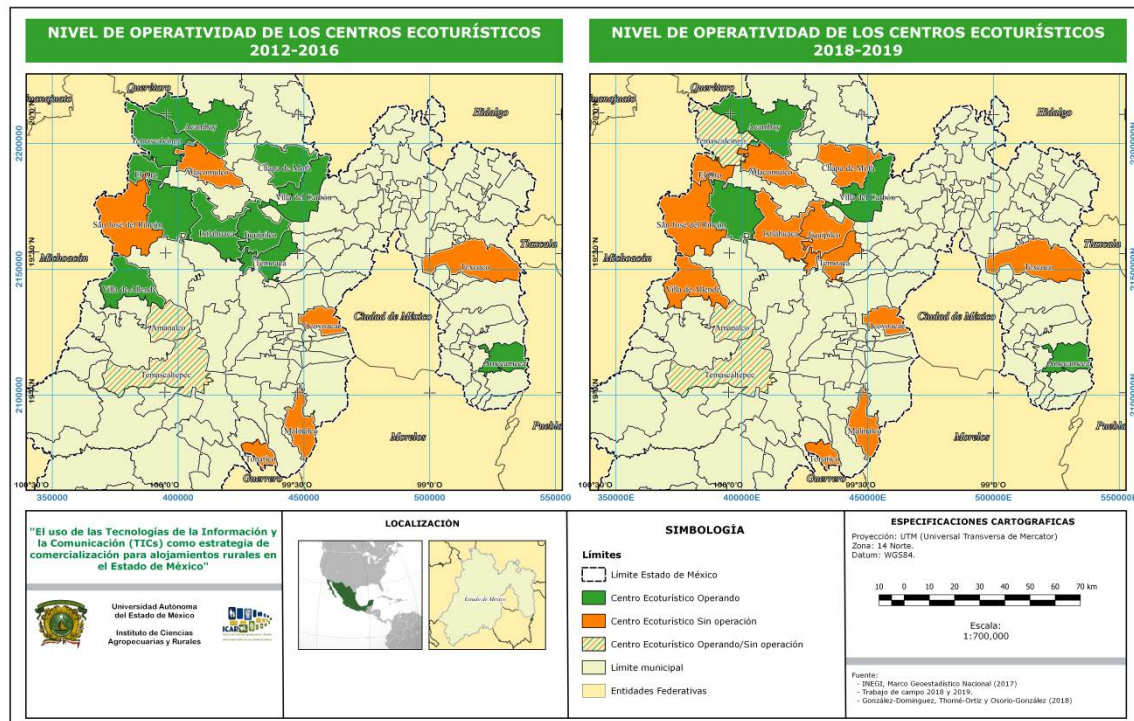


Figura 2. Comparativo de operación de Centros Ecoturísticos en el Estado de México Fuente: Elaboración propia, con base en INEGI (2017), González-Domínguez et al. (2018) y trabajo de campo (2018-2019).

rayas naranjas y verdes, los municipios donde se construyeron dos parques, y opera únicamente uno. Se puede inferir que el éxito o fracaso de cada iniciativa depende en gran medida, de la gestión interna en los núcleos agrarios, cuyas principales problemáticas se ilustran en la Figura 3.

Es importante generar acciones de fortalecimiento para la gestión y administración de los parques ecoturísticos estudiados para que, en conjunto con los núcleos agrarios, se tenga un aprovechamiento de los recursos (financieros, naturales y culturales) de manera óptima; y que de manera paulatina se incremente la demanda de alojamientos rurales y servicios complementarios. La experiencia que se ha tenido en la adopción de las TICs como en diversas dimensiones de la vida campesina y de las comunidades rurales, ha propiciado diversas adecuaciones en las dinámicas productivas y formas de relacionarse con el mundo para las esferas locales, todo ello a partir de la conformación de nuevos ambientes de enseñanza y aprendizaje (Aguilar y Quispe, 2007).

De esta manera, a partir del diagnóstico, se identificó que de los ocho proyectos que están en operación ofreciendo servicios de alojamiento rural, no todos cuentan con páginas web para su comercialización o promoción. Tomando como base estos comparativos, se corrobora la información brindada por los informantes clave respecto a la poca difusión y comercialización realizada a través de las TICs, misma que se ve reflejada en las redes sociales de cada uno de los proyectos. Esta situación implica que hasta el momento, las TICs no han sido adoptadas por los representantes ni integrantes de los



Figura 3. Problemáticas que enfrentan los parques ecoturísticos Fuente: Trabajo de campo 2018-2019.

núcleos agrarios como se muestra en la Figura 4.

Una vez identificados estos elementos, se precisa que no existen canales de comunicación apropiados que permitan establecer condiciones adecuadas para el intercambio de información entre los destinos rurales y turistas, motivo por el cual no se consolida una relación efectiva con el cliente. Aunado a ello, la gestión de redes sociales y los contenidos para venta de los servicios de alojamiento es muy baja o nula, de tal forma que no se logra concretar la integración de comunicación

y comercialización en el proceso de interacción con los clientes potenciales. En este sentido, se propone que la creación de plataformas virtuales de comercialización de alojamientos rurales es un mecanismo para el aprovechamiento óptimo las TICs, aumentando los ingresos económicos de las familias rurales mediante el incremento en las reservaciones de alojamiento rural. Se observó que estos procesos de comercialización a partir de las TICs, están fuertemente regulados por las opiniones de las comunidades y la calificación colectiva de los servicios adquiridos, por lo que una es-



Figura 4. Elementos que influyen en la falta de apropiación de TICs en los proyectos de turismo rural Fuente: Elaboración propia con base en trabajo de campo.

trategia de calidad debe ser el eje articulador de las plataformas. A partir de esta propuesta se refuerzan los principios metodológicos sobre los cuales es posible construir una estrategia de comercialización del alojamiento rural. Dichos principios pueden ser reproducidos en múltiples espacios donde las infraestructuras turísticas se han convertido en elefantes blancos, dado su desconocimiento por parte de la demanda y su falta de operatividad por parte de las comunidades. La infraestructura desarrollada a partir de la inversión económica captada de los programas gubernamentales, no ha tenido un uso adecuado para los fines que buscan las políticas públicas, observándose que en los espacios que ya no se encuentran en funcionamiento es por abandono, mientras que los espacios en operación, presentan problemáticas relacionadas con la gestión de la actividad turística, el desarrollo de capacidades, la organización colectiva y la falta de una estructura robusta de promoción y comercialización turística. El desarrollo de modelos de TICs, orientados a la promoción y comercialización de turismo rural, son una herramienta útil para la activación de los proyectos de desarrollo y una manera de reactivar las inversiones que el Estado ha realizado en materia turística y que actualmente permanecen ociosas. Una política integral de diversificación productiva de los territorios rurales, en la que se integre el componente turístico, debe considerar la centralidad que las nuevas tecnologías de la información y la comunicación pueden jugar en la difusión e intermediación en el consumo turístico.

CONCLUSIONES

La gestión del negocio turístico es un reto en los núcleos agrarios que intentan incursionar en el sector de servicios. Ello se traduce en un escaso impacto de la actividad turística para las comunidades y familias que integran dichos proyectos. Lo anterior sugiere que el uso de las TICs en el medio rural puede mejorar la comunicación y difusión de los destinos rurales, a través de vinculaciones entre actores internos y externos al territorio.

LITERATURA CITADA

- Aguilar, L. y Quispe, S. (2007). Las TIC en la construcción de conocimientos como instrumento de gestión. En Burch, S. (Coord.), *Compartir conocimientos para el desarrollo rural: retos, experiencias y métodos*. Quito: Agencia Latinoamericana de Información.
- Barrera, E. y Muñoz, R. (2003). *Manual del turismo rural para micro, pequeños y medianos empresarios rurales*. Programa de apoyo a la microempresa rural en América Latina y el Caribe (PROMER).
- Castañeda, J., Frías, D., y Rodríguez, A. (2007). The influence of the Internet on destination satisfaction. *Internet Research*, vol. 17 (4), 402-420.
- Diario Oficial de la Federación (DOF). (2016). *Catálogo de los diferentes servicios turísticos cuyos prestadores de servicios turísticos deberán inscribirse en el Registro Nacional de Turismo*. México: Diario Oficial de la Federación.
- Felizola, Y. (2010). Tecnologías de información y comunicación para el desarrollo rural en Colombia. *Economía, Gestión y Desarrollo*, (10), 97-124.
- González-Domínguez, I., Thomé-Ortiz, H., y Osorio-González, R. (2018). Políticas turísticas y etnoturismo: entre la rururbanización y el desarrollo de capacidades. *Revista Pasos*, vol. 16 (1), 21-36.
- Ivars, J. (2000). Turismo y espacios rurales: conceptos, filosofía y realidades. *Investigaciones Geográficas*, (23), 58-88.
- Juan, F., y Solsona, J. (2004). *Alojamiento turístico rural*. Madrid, España: Editorial Síntesis.
- Martínez-Carazo, P. (2006). El método de estudio de caso: estrategia metodológica en la investigación científica. *Pensamiento y gestión*, (20), 165-193.
- Millán, G., Morales, E., y Pérez, L. (2014). Turismo gastronómico, denominaciones de origen y desarrollo rural en Andalucía: situación actual. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, vol. 65 (65), 113-137.
- Morrison, A., Jing, S., O'Leary, J. y Cai, L. (2001). Predicting usage of the internet for travel bookings: an exploratory study. *Information Technology & Tourism*, vol. 4, 15-30.
- Peña, M. y Jiménez, P. (2015). *Manual del gestor de alojamientos rurales*. España: Almuzara.
- Reig, E. (2002). La multifuncionalidad del mundo rural. *ICE Globalización y mundo rural*, (803), 33-44.
- Trpin, V. (2005). El desarrollo rural ante la nueva ruralidad. Algunos aportes desde los métodos cualitativos. *Revista Antropología Iberoamericana*, (42), 1-15.
- Zhou, L. (2014). Online rural destination images: Tourism and rurality. *Journal of Destination Marketing & Management*, 1-14.



Quality certification for rural tourism in indigenous communities of central Mexico

Certificación de calidad para el turismo rural en comunidades indígenas del centro de México

Miranda-Rodríguez, Stephanie¹; Thomé-Ortiz, Humberto^{1*}; González-Domínguez, Irais²;
Ovando-Flores, Huitzilihuit¹; Jouault, Samuel François³

¹Universidad Autónoma del Estado de México. Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR). El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca. Estado de México. México. CP. 50200. ²Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Turismo y Gastronomía. Cerro de Coatepec s/n, Ciudad Universitaria, Toluca de Lerdo, México C.P. 50110. ³Universidad Autónoma de Yucatán. Carretera, Facultad de Ciencias Antropológicas. Mérida-Tizimin, Cholul, Mérida, Yucatán. C.P. 97305.

*Autor de correspondencia: humbertothome@hotmail.com

ABSTRACT

Objective: to evaluate the conditions for applying a tourism quality certification in two rural communities in central Mexico.

Design/methodology/approach: From the perspective of action research, a multiple case study was carried out, recovering qualitative and quantitative elements. Observation and interviews were the tools for obtaining data, which were interpreted from the economy of quality.

Results: In the State of Mexico there are ecotourism parks with possibilities to implement quality labels but for them it is crucial to develop comprehensive training strategies.

Limitations of the study/implications: The study is limited to the ethno-tourism projects of the State of Mexico, so it is important to assess whether certification processes are viable in other rural tourism modalities and in other socio-cultural contexts.

Findings/conclusions: It is noted that the development and implementation of a quality label serves as a differentiation strategy for tourism services offered in a territory, thereby contributing to the diversification of the rural economy.

Keywords: Differentiated quality, ethnic tourism, territory, alternative markets

RESUMEN

Objetivo: evaluar las condiciones para aplicar una certificación de calidad turística en dos comunidades rurales del centro de México.

Diseño/metodología/aproximación: Desde la perspectiva de la investigación-acción, se llevó a cabo un estudio de caso múltiple, recuperando elementos cualitativos y cuantitativos. La observación y las entrevistas fueron las herramientas para la obtención de datos, los cuales fueron interpretados desde la economía de la calidad.

Resultados: En el Estado de México existen parques ecoturísticos con posibilidades para implementar sellos de calidad, y para ello, es crucial desarrollar estrategias de capacitación integral.

Limitaciones del estudio/implicaciones: El estudio se limita a los proyectos etnoturísticos del Estado de México, por lo que es importante valorar si los procesos de certificación son viables en otras modalidades de turismo rural y en otros contextos socioculturales.

Hallazgos/conclusiones: Se observa que el desarrollo y la implementación de un sello de calidad sirve para diferenciar e los servicios turísticos que se ofertan en un territorio, contribuyendo con ello a la diversificación de la economía rural.

Palabras clave: Calidad diferenciada, turismo étnico, territorio, mercados alternativos.

INTRODUCCIÓN

La definición clásica del espacio rural ha tenido una estrecha relación con las actividades primarias y se ha construido en oposición a las concepciones sobre el espacio urbano. Sin embargo, esta visión sectorial se ha ido transformando a lo largo de los años, incorporando gran diversidad de actividades e interacciones que vinculan al campo con los centros urbanos y al sector terciario (Cartón de Grammont, 2004). Estas nuevas articulaciones han producido cambios significativos en los espacios rurales que se expresan a partir de modelos de pluri actividad campesina, multifuncionalidad de los territorios y feminización del trabajo rural (Babilonia, 2014; Pérez, 2001, Cartón de Grammont, 2004). Lo anterior, ha generado configuraciones más complejas y la ruptura del paradigma rural como espacio de producción primaria, abriendo la posibilidad de considerar al campo como un escenario industrial y de servicios (CEDRSSA, 2006).

De esta manera, el campo adquiere nuevas funciones como las residenciales, turísticas, de conservación y valoración del patrimonio, o se vuelve referente ecológico (CEDRSSA, 2006; Cartón de Grammont, 2004; Pérez, 2001). Dichas funciones suponen el surgimiento de actividades distintas a las agrícolas, como una respuesta a las manifestaciones de exclusión social que presenta la globalización para el medio rural, representando estrategias de supervivencia (CEDRSSA, 2006). Lo anterior se traduce en unidades de producción diversificadas y fuerzas de trabajo pluriactivas, debido a que la población se ocupa de las distintas actividades económicas del territorio (Aguilar, 2014; Rosas, 2013; Cartón de Grammont, 2004).

La implementación de la actividad turística representa un gran potencial para las zonas rurales de países en desarrollo, convirtiéndose en algunos casos en una de sus principales actividades económicas (Lima *et al.*, 2012; Quintero, 2004). Se le considera herramienta de crecimiento económico y desarrollo, ya que contribuye a mitigar la pobreza, el hambre y mejora la calidad de vida de los habitantes, mediante el correcto aprovechamiento de los recursos naturales y culturales de las localidades (Lima *et al.*, 2012).

Sellos de certificación turística

Desde el ámbito internacional hasta el regional se han instituido diversos mecanismos de certificación, tales como los sellos, normas, certificacio-

nes, distintivos y nombramientos que evalúan la calidad de los productos y servicios turísticos en términos de gestión, infraestructura, desarrollo, servicios, productos, actividades y sustentabilidad, todos ellos pretenden otorgar prestigio y diferenciación, siendo un elemento clave para la competitividad de los destinos (Kompula, 2014). El ejemplo de la marca "Q", de España, se basa en impulsar la mejora de calidad para satisfacción del cliente y de este modo diferenciar de sus competidores a los destinos auténticos: (Álvarez-García *et al.*, 2013; ISQ, 2012), Costa Rica cuenta con la Certificación para la Sostenibilidad Turística (CST), cuyo principal objetivo es fomentar la sustentabilidad en el contexto de la competitividad turística, certificación que pretende diferenciar a las empresas turísticas de acuerdo al grado de sostenibilidad que presentan con relación al manejo de los recursos naturales, culturales y sociales, (CST, 2016). En México existen las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) en materia de turismo y un certificado de calidad ambiental turística otorgado por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). En Querétaro, México, el Grupo Ecológico Sierra Gorda I.A.P., diseñó su distintivo "el Sello Sabino", el cual comprende la certificación de fondas y alojamientos, principalmente cabañas; otorgándose los a quienes cuentan con los mejores estándares de calidad, resaltando que el sello está orientado a la sustentabilidad. (GESIAP, 2016)

El Estado de México cuenta con varios proyectos ecoturísticos con potencial considerable para implementar estrategias de desarrollo

local que generen inversiones y favorezcan la conservación del territorio, y que, al mismo tiempo logren mantener los atributos naturales y culturales del territorio, que son los elementos sustantivos con los que pueden generar propuestas de turismo rural. Ciertamente, la conservación y apropiada gestión de los recursos endógenos, está supeditada a buenas prácticas que incorporen la calidad en su sentido más amplio. Para ello es necesario desarrollar distintivos de calidad que generen identidad y construyan lazos de confianza con los consumidores (Skálová y Peruthova, 2016). El objetivo de este trabajo fue determinar la viabilidad para aplicar un proceso de certificación de la calidad de turismo rural en dos comunidades indígenas del centro de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se buscó la distinción mediante un sello que promoviera la calidad en los productos y servicios de tres parques ecoturísticos en el Estado de México. Para el logro de tal objetivo se desarrolló un estudio de caso múltiple. Se desarrolló una estrategia de intervención con un enfoque IAP (Investigación Acción Participante) que de acuerdo con Ander Egg (2003) es una metodología social de tipo cualitativa, cuyo objetivo es resolver problemas de un colectivo a través de la integración y participación de los propios actores locales. Esta perspectiva metodológica privilegió la participación de los actores sociales para que, a través de sus prácticas y el entendimiento propio del mundo, proponiendo una estrategia de desarrollo (Murillo-Torrecilla, 2012).

Para la aplicación de la IAP se diseñó un estudio de caso múltiple en tres parques ecoturísticos consolidados, que se encuentran en el Estado de México y que fueron impulsados y financiados por la CDI (Comisión para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas). La investigación se dividió en tres fases: i) investigación bibliográfica, ii) trabajo de campo donde se aplicaron cuestionarios a turistas y expertos a partir del método Delphi (Ander Egg, 2003b) y iii) la construcción colectiva de una propuesta de sello de calidad. Las tres unidades de observación se seleccionaron tomando en cuenta los siguientes criterios: que

fueran parques ecoturísticos consolidados a través de demostrar una operación turística frecuente, contar con personal capacitado y tener la candidatura o pertenencia al distintivo Paraisos Indígenas. Los parques elegidos fueron Ha-Maaloma y Presa del Llano en Villa del Carbón; y Corral de Piedra en Amanalco de Becerra (Figura 1).

El parque Ha-Maaloma se ubica en San Luis Anáhuac dentro del municipio de Villa del Carbón. Se encuentra a 2352 m de altitud, clima templado frío y temperatura media anual de 20 °C (SEDESOL, 2011). Su tenencia de la tierra es ejidal, incursionó en el turismo en el año 2015, es administrado y operado por un comité representativo de 80 ejidatarios.

Presa del Llano se encuentra al suroeste de Villa del Carbón, en la localidad de San Jerónimo Zacapexco, a una altitud de 2800 m, clima templado-frío (SEDESOL, 2011), se inscribe en tierras comunales y es parte de un proyecto en el que están involucrados 1500 comuneros.

Corral de Piedra se ubica en la cuenca Amanalco-Valle de Bravo, al sur del volcán Nevado de Toluca, en el municipio Amanalco de Becerra, a 2,780 m de altitud, clima subhúmedo con lluvias en verano, temperatura media anual de 13 °C (Suárez, 2018). El parque es propiedad ejidal, e involucra 50 ejidatarios.

En las localidades donde se ubican los tres parques estudiados existen asentamientos indígenas otomíes involucrados directamente con la actividad turística (González-Domínguez et al., 2018). De acuerdo con la Secretaría de

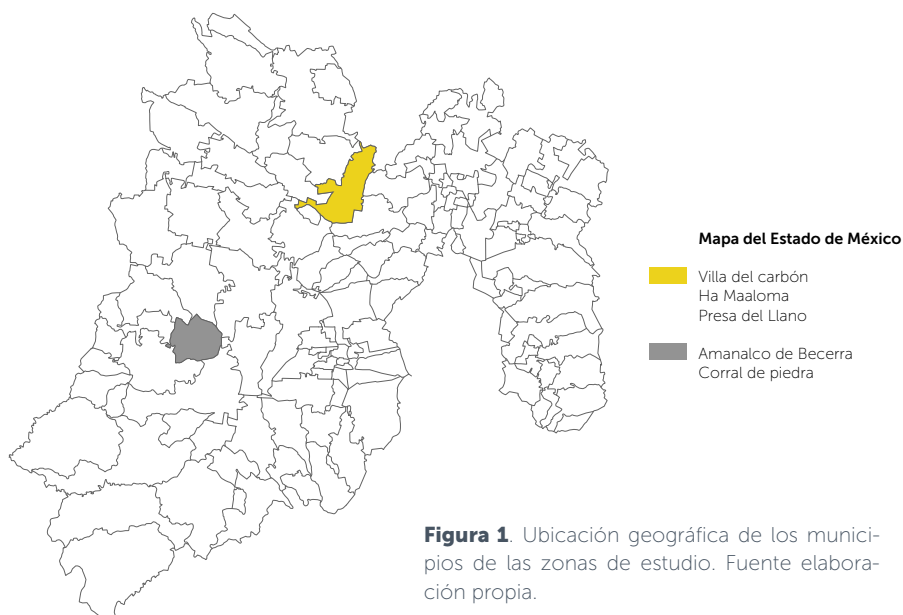


Figura 1. Ubicación geográfica de los municipios de las zonas de estudio. Fuente elaboración propia.

Desarrollo Social (SEDESOL, 2013) y las localidades donde se ubican son catalogadas como zonas rurales con alto grado de marginación y rezago social medio-alto.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Componentes de calidad reconocidos en los parques ecoturísticos

Los parques estudiados presentan una infraestructura similar consistente de cabañas, oferta alimentaria, asadores y sanitarios. También las actividades ofrecidas muestran similitudes, tales como la tirolesa, deportes acuáticos, senderismo, ciclismo, pesca y camping. Esto representa una constante en los elementos cuantificables de los parques, a lo que se debe agregar que los recursos naturales y culturales también guardan similitudes. Lo anterior, genera una oferta turística medianamente homogénea que no representa una propuesta de valor en el mercado, siendo evidente la necesidad de encontrar los atributos diferenciados en cada parque. Los casos observados muestran que ninguno de los parques se ha preocupado por desarrollar una propuesta de valor, basada en la calidad diferenciada.

Las principales carencias que se presentan están relacionadas con la falta de especialización por parte de los actores locales, tales como la falta de adopción y aplicación de medidas de seguridad, falta de mantenimiento en el equipo e instalaciones y desconocimiento de los riesgos en la actividad turística. Además de una falta de integración de las cocinas locales, puesto que la oferta de alimentos, sobre todo en fines de semana, es genérica y está sujeta a la labor que desempeñan las mujeres.

Se debe tomar en cuenta que, a pesar de dichas carencias, los parques cuentan con visitantes que hacen uso de los servicios, y en la medida de que los prestadores de servicios se vayan especializando pueden incentivar la visita de nichos de turistas especializados (Roberts y Hall, 2004). Se observa que un común denominador para el éxito del turismo rural es la presencia de un capital rural bien conservado y un entramado de bienes y servicios, que funcionan como un vehículo para articular experiencias significativas y de calidad, vinculadas con la naturaleza y la cultura (Alejandre-Castellanos *et al.*, 2019). Los parques cuentan con fortalezas y oportunidades que los benefician para consolidarse como detonantes del desarrollo y la dinamización económica del territorio, pero ello no es factible sino se acompaña de una estrategia de calidad.

Sello de certificación en comunidades indígenas

La elaboración de un sello de calidad, enfocado al turismo rural, presenta una alternativa al modelo

empresarial, ya que su elaboración está centrada en las características de los proyectos que se encuentran en el medio rural y en los actores sociales involucrados. En este sentido, se vuelve relevante contar con elementos que permitan afianzar el proyecto, tales como el objetivo general, objetivos particulares, misión, visión, planeación estratégica para el desarrollo e implementación de un sello (Figura 2).

La etapa de selección, comprende los siguientes pasos: i) Solicitud y firma de carta compromiso donde se dan a conocer los derechos y obligaciones de la organización y sus miembros. ii) Se establecen los requisitos legales y organizacionales, tales como acta constitutiva, registro de la Secretaria de Hacienda, inscrito en el Registro Nacional de Turismo, tener una antigüedad de dos años, estar catalogado como comunidad rural y contar con una clave de municipio. iii) Conformar un comité interno de selección, el cual estará encargado de la aplicación y seguimiento de la certificación para garantizar la adecuada implementación del proceso.



Figura 2. Etapas para la obtención de sellos de calidad. Fuente elaboración propia.

La siguiente etapa es la de diagnóstico, donde una vez que se conoce el destino turístico se evalúan aspectos, tales como la identificación del destino, la organización, sus integrantes, la propuesta de valor, la infraestructura, las actividades, los tipos de recorrido y la señalética, entre otros. A esta etapa le sigue la de planificación estratégica la cual comprende aspectos como el análisis de la organización (mediante matriz FODA), identificación de puntos de mejora, propuestas de mejora, selección del programa de capacitación y visitas de validación. Aquí es relevante que exista la participación de los involucrados en el destino turístico, ya que ellos realizarán las propuestas de mejora.

La etapa tres incluye la mejora de la calidad, en donde se busca enriquecer las condiciones de calidad a través de auditorías externas y la aplicación de propuestas de mejora interna, cumpliendo con los indicadores de la calidad turística, tales como las sociales, empresariales, culturales, ambientales, de higiene, servicio y de seguridad. La etapa cuatro considera la validación-certificación del proceso, en la cual se hace entrega de un expediente para poder evaluar el cumplimiento de las etapas previas, una vez que se realizó este proceso, se otorga la certificación, misma que estará sujeta a continuar con el programa mediante la autorregulación de sus procesos.

CONCLUSIONES

Lograr que los sellos sean parte de la comunidad, se traduce en una ventaja hacia la gestión del turismo, debido a que los procesos de regulación y verificación no son ajenos, sino que forman parte del desarrollo e implementación del mismo sello. Los sellos de calidad son de carácter voluntario, tanto aquellos que se desarrollan y auto gestionan, como aquellos que cuentan con un aval institucional. El presente diseño se enfoca en los parques eco turísticos del Estado de México; sin embargo, esto no significa que el modelo pueda desarrollarse en otros lugares. La adecuada implementación de un sello puede significar un beneficio para los habitantes, el territorio y visitantes. Reconocer un sello que otorgue seguridad sobre los servicios y actividades turísticas dentro de un territorio, traería consigo captar un mayor número de visitantes y, hasta cierto punto, volver la atención del parque una actividad económica principal.

LITERATURA CITADA

Aguilar, E. (2014) Los nuevos territorios rurales. De la agricultura a la multifuncionalidad. Endoxa: Series Filosóficas. 33: 73-98

- Alejandro-Castellanos, L. R., Deveze-Murillo, P., Mora-Brito, Á. H., & Villagómez-Cortés, J. A. (2019). Potencial del agroturismo como actividad emergente en el municipio de Cuicláhuac, Veracruz, México. *Estudios Sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 30(55).
- Álvarez-García, J., Fraiz-Brea, J. A. & Del Río-Rama, M. C. (2013) «Q DE CALIDAD TURÍSTICA». *BARRERAS A LA IMPLANTACIÓN Y CERTIFICACIÓN*. Cuadernos de Turismo, (32). 11-35 Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=39827029001>. (02 de septiembre de 2017).
- Ander-Egg, E. (2003a). Repensando la investigación-acción-participativa. Comentarios, críticas y sugerencias. *Lumen Humanitas*.
- Ander-Egg, E. (2003b). Métodos y técnicas de investigación social IV. Técnicas para la recogida de datos e información. *Lumen Humanitas*.
- Babilonia, R. (2014). Estudios e investigaciones: nueva ruralidad; enfoques y propuestas para América Latina. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 23(1), 189-193.
- Cartón de Grammont, H. (2004). La nueva ruralidad en América Latina, *Revista Mexicana de Sociología*. 66: 279-300.
- CEDRSSA (Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria) (2006) Escenarios y actores en el medio rural.
- CST (Certificación para la Sostenibilidad Turística). (2016). Certificación para la Sostenibilidad. Recuperado de: <http://www.turismo-sostenible.co.cr/index.php>. Turística. (02 de noviembre de 2017).
- GESIAP (Grupo Ecológico Sierra Gorda I.A.P.). (2016). Sierra Gorda Ecotours. Grupo Ecológico Sierra Gorda I.A.P. Recuperado de: <http://sierragordaecotours.com/es/quienes-somos/>. (20 de septiembre de 2017).
- González-Domínguez, I., Thomé-Ortiz, H. & Osorio-González, R. (2018) Políticas turísticas y etnoturismo: entre la rururbanización y el desarrollo de capacidades. *Revista de Turismo y Patrimonio Cultural PASOS*. 6 (1), 21-36. Recuperado de: http://www.pasosonline.org/Publicados/16118/PS118_02.pdf. (10 de febrero de 2018).
- ISQ (Implantació de Sistemes de Qualitat S. L. N. E.) (2012). Q de Calidad Turística. Implantació de Sistemes de Qualitat S. L. N. E. Recuperado de: <https://www.isq-turistica.com/servicios/q-de-calidad-tur%C3%ADstica/>. (02 de noviembre de 2017).
- Kompula, R. (2014). The role of individual entrepreneurs in the development of competitiveness for a rural tourism destination – A case study. *Tourism Management*. 40: 361-371.
- Lima, Susana., García-Gómez, Cecilia S., Gómez-López, Domingo. & Eusébio, Celeste. (2012). El Turismo como una estrategia para el mundo en desarrollo: el Programa UNWTO. *Volunteers. PASOS Revista de Turismo y Patrimonio Cultural*, 10 (3). 303-314.
- Murillo-Torrecilla, F. (2012). Propósitos de la investigación acción. En *Investigación Acción*. Disponible en: https://www.uam.es/personal_pdi/stmaria/jmurillo/InvestigacionEE/Presentaciones/Curso_10/Inv_accion_trabajo.pdf. (10 de noviembre de 2017)
- Pérez, E. (2001). Hacia una nueva visión de lo rural. *Una nueva ruralidad en América Latina*, 3(2), 17-29.
- Quintero, J. L. (2004). Los impactos económicos, socioculturales y medioambientales del turismo y sus vínculos con el turismo sostenible. In *Anales del museo de América*. 12, 263-274

- Roberts, L., & Hall, D. (2004). Consuming the countryside: Marketing for 'rural tourism.' *Journal of Vacation Marketing*, 10(3), 253–263.
- Rosas, M. (2013). Nueva ruralidad desde dos visiones de progreso rural y sustentabilidad: *Economía Ambiental y Economía Ecológica*. Polis: *Revista Latinoamericana*, 12(34), 24.
- SECTUR (Secretaría de Turismo) Gobierno de México (2020) Certificación Turística. Recuperado de: <https://www.datatur.sectur.gob.mx/SitePages/CertificacionTuristica.aspx> (06 de febrero de 2020)
- SEDESOL (Secretaría de Desarrollo Social). (2013). Catálogo de Localidades. Secretaría de Desarrollo Social. Recuperado de: <http://www.microrregiones.gob.mx/catloc/contenido.aspx?refnac=151120002>. (25 de septiembre de 2018).
- SEDESOL (Secretaría de Desarrollo Social). (2011) Atlas de Riesgos del Municipio de Villa del Carbón, Estado DE MÉXICO 2011. Recuperado de: http://rmgir.proyectomesoamerica.org/PDFMunicipales/2011/vr_15112_AR_VILLA_CARBON.pdf (10 de febrero de 2020)
- Skálová, E. & Peruthova, A. (2016). Quality in Rural Tourism Services. *International Scientific Days*. 1: 1-8.
- Suárez, G. (18, enero 2018) Parque Ecoturístico Corral de Piedra: el ecoturismo como actividad económica sostenible para los ejidos forestales [Mensaje en un blog] Recuperado de: <https://www.ccmss.org.mx/parque-ecoturistico-corral-piedra-ecoturismo-actividad-economica-sostenible-los-ejidos-forestales/> (10 de febrero de 2020).



Multi-criteria decision model to select the best productive projects in rural Mexico

Modelo de decisión multicriterio para seleccionar los mejores proyectos productivos en el medio rural mexicano

Pérez-Ramírez, Rodrigo¹; Martínez-Damián, Miguel Ángel^{1*}

¹Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. C. P. 56230.

*Autor para correspondencia: angel01@colpos.mx

ABSTRACT

Objective: To propose a multicriteria model for the selection and prioritization of projects that will be financed by competitive public funds.

Design/methodology/approach: The methodological proposal includes the use of two multicriteria decision tools: AHP and TOPSIS. The model determines a series of criteria that must be considered to evaluate the investment proposals and, with the help of the AHP tool, weighs these criteria, because not all of them have the same importance when evaluating. To select the best proposals, the TOPSIS tool has been used. A demonstration of the application of these methods in a hypothetical problem is presented.

Results: The proposed model has been applied to a practical case and it was found that the tool allows the prioritization of the proposals so that the best evaluated projects, according to the established set of criteria, must be the first to be financed.

Limitations on study/implications: Although the model improves the process of selecting the best projects, the process becomes more complex, requiring the evaluator a greater amount of time in the evaluation.

Findings/conclusions: This methodology can be replicable to any system of evaluation of projects where multiple investment criteria are present, but it is necessary that the financing agency has clarity in its objectives.

Keywords: Multi-criteria analysis, AHP-TOPSIS, prioritization and selection projects.

RESUMEN

Objetivo: Proponer un modelo multicriterio para la selección y priorización de proyectos a financiarse con fondos públicos concursables.

Diseño/metodología/aproximación: La propuesta metodológica comprende el uso de dos herramientas de decisión multicriterio: AHP y TOPSIS. El modelo define una serie de criterios que se consideran importantes a la hora de la evaluación de las propuestas de inversión y mediante la herramienta AHP se ponderan para que tengan las mismas unidades de valoración, ya que son de carácter y tipo distinto. Para seleccionar las mejores propuestas, se ha utilizado la herramienta TOPSIS. Se presenta una demostración de la aplicación del modelo en un portafolio de ocho proyectos.

Resultados: El modelo desarrollado ha sido aplicado a un caso práctico y se ha encontrado que permite realizar la priorización de las propuestas de manera que los proyectos mejor evaluados, según el conjunto de criterios establecidos, deben ser las primeras en ser financiadas.

Limitaciones del estudio/implicaciones: Aunque el modelo mejora el proceso de evaluación integral de las propuestas de inversión, añade complejidad al procedimiento, requiriendo al evaluador una mayor cantidad de tiempo en la toma de decisiones.

Agroproductividad: Vol. 13, Núm. 2, febrero, 2020. pp: 101-X.

Recibido: julio, 2019. **Aceptado:** enero, 2020.

Hallazgos/conclusiones: Esta metodología puede ser replicable a cualquier sistema de evaluación de propuestas de inversión en donde están presentes múltiples criterios de inversión, siempre y cuando se cuente con la claridad de los objetivos del organismo financiador.

Palabras Clave: análisis multicriterio, AHP-TOPSIS, priorización y selección de proyectos.

INTRODUCCIÓN

A partir de información pública disponible en la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP, 2014), para el año 2019, se presenta una oferta de 2,003 apoyos del gobierno distribuidos en 13 sectores como educación, salud, desarrollo social, economía, entre otros. El organismo con mayor oferta de programas es la Secretaría de Educación Pública con 490 programas. Le siguen la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) con 385, la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) con 290 programas, Desarrollo Social con 231, Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano con 165 y Economía con 105.

Generalmente, el mecanismo para acceder a la mayoría de estos apoyos es a través de la emisión pública de unas reglas de operación donde se exponen criterios de elegibilidad, selección y evaluación de cada propuesta. Por lo regular, el proceso de selección consta de tres etapas, en la primera se aplican los criterios de elegibilidad para descartar aquellas propuestas que no cumplen los criterios mínimos de participación. En la segunda, se evalúan las propuestas con base en criterios establecidos por el programa, principalmente son del tipo técnico y económico. La tercera etapa es la priorización de los proyectos que han superado la etapa de evaluación para determinar qué proyectos son de interés para programa para apoyar, independientemente si fueron mejor evaluados o no. Cada uno de estos procesos tiene como objetivo descartar alternativas y no para seleccionar las mejores alternativas de inversión.

De una revisión de las reglas de operación de 290 programas del Gobierno Federal, se observa una debilidad en la asignación de puntajes (pesos) para cada criterio establecido. Estos pesos se asignan sin ningún método, dejando de lado una evaluación multicriterio de la pro-

puesta de inversión, esto a pesar de que cada perfil de proyecto requiere del solicitante información técnica, social, económica y ambiental.

Varios estudios se han centrado en el uso de técnicas de toma de decisiones multicriterio para resolver este tipo de problemas (Agarwal, P., M. Sahai, *et al.*, 2011). Por su parte, Mahmoodzadeh *et al.* (2007) ofrecieron un marco estructurado para la selección de proyectos usando dos herramientas de análisis multicriterio: Proceso de Análisis Jerárquico (The Analytic Hierarchy Process, AHP) y el TOPSIS (Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution). Es en este marco donde se circunscribe nuestra investigación.

En este contexto, se propone un modelo de decisión multicriterio cuya finalidad es seleccionar las mejores propuestas de inversión considerando múltiples criterios de evaluación. El proceso consta de tres pasos: 1) determinación de criterios y subcriterios, 2) evaluación de las propuestas y 3) selección de los mejores proyectos.

El objetivo del modelo es proporcionar una herramienta de evaluación de proyectos de inversión con base fundamentalmente en criterios económicos, técnicos, sociales y ambientales, de utilidad para los responsables de la toma de decisiones en la implementación de proyectos productivos financiados con fondo gubernamentales concursables. Para la demostración del modelo, se ha realizado un ejemplo numérico.

MATERIALES Y MÉTODOS

El modelo que combina dos herramientas multicriterio utilizadas con mayor frecuencia en problemas de selección y evaluación de proyectos (AHP y TOPSIS). El modelo propuesto en este artículo consiste en el desarrollo de tres pasos principales:

- Paso 1. Identificación de los criterios considerados como los más importantes en la evaluación de proyectos.
- Paso 2. Construcción de la matriz jerárquica de los criterios de evaluación y pesos de ponderación usando el método AHP.
- Paso 3. Aplicación del método TOPSIS para la selección y priorización de los proyectos.

En la Figura 1, se puede observar el resumen de estos pasos.

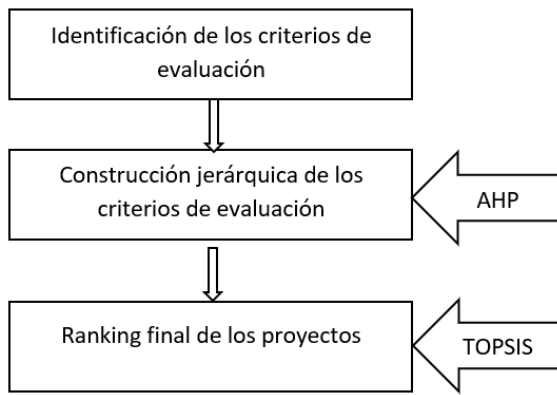


Figura 1. Pasos modelo de decisión multicriterio para seleccionar los mejores proyectos productivos en el medio rural mexicano.

La descripción de cada uno de los pasos se detalla en las siguientes secciones.

Determinación de los criterios y ponderaciones usando el método AHP

El proceso de jerarquía analítica (AHP) es una herramienta de toma de decisiones del tipo de multicriterio desarrollado por el matemático Thomas Saaty y consiste en formalizar la comprensión intuitiva de problemas complejos mediante la construcción de un Modelo Jerárquico (Saaty, 1990). Los componentes esenciales del modelo jerárquico son la meta u objetivo principal, los criterios que afectan la meta general, los subcriterios que influyen en los criterios principales y, finalmente, las alternativas disponibles para el problema. Una vez construido el Modelo Jerárquico, se realizan comparaciones por pares de cada una de las alternativas en evaluación (criterios y subcriterios) y se atribuyen valores numéricos a las preferencias utilizando la escala de preferencia Saaty (Cuadro 1). Una vez obtenido la Matriz de Comparaciones pareadas, se obtiene el vector propio asociado al mayor valor propio de la matriz (λ_{max}). Con el valor propio se calcula la relación de consistencia (CR) de la matriz y con ello validar si se proporciona una evaluación completamente consistente.

Cuadro 1. Escala de preferencias Saaty.

ESCALA NUMÉRICA	ESCALA VERBAL
1	Ambos elementos son de igual importancia.
3	Moderada importancia de un elemento sobre otro.
5	Fuerte importancia de un elemento sobre otro.
7	Muy fuerte importancia de un elemento sobre otro.
9	Extrema importancia de un elemento sobre otro.
2,4,6,8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes.

Los pasos para la aplicación del método AHP en nuestra investigación son:

Paso 1. Estructuración del modelo jerárquico.

Paso 2. Construcción de la matriz de comparaciones pareadas.

$$A_{n \times n} = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & \dots & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots & \dots & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & \dots & \dots & a_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ n & a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \dots & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

Paso 3. Construcción de la matriz de decisión normalizada.

$$c_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{j=1}^n a_{ij}} \quad (1)$$

$i=1,2,3,\dots,n, \quad j=1,2,3,\dots,n$

Paso 4. Cálculo del vector de prioridades de los criterios.

$$w_1 = \sum_{j=1}^n c_{ij} \quad | \quad n, i=1,2,3,\dots,n \quad (2)$$

$$W = \begin{bmatrix} w_1 \\ \dots \\ w_n \end{bmatrix} \quad (3)$$

Paso 5. Cálculo del autovalor principal de A.

$$\lambda_{max} = Aw / w, \quad \text{con} \quad \sum_j w_j = 1 \quad (4)$$

Donde $A=(a_{ij})$ es la matriz recíproca de comparaciones pareadas, λ_{max} el autovalor principal de A, y $w=(w_1, w_2, \dots, w_n)$

Paso 6. Cálculo del índice de consistencia y radio de consistencia

$$CI = (\lambda_{max} - n) / (n - 1) \quad (5)$$

$$CR = CI / RI \quad (6)$$

Evaluación y selección de los proyectos con TOPSIS

TOPSIS fue desarrollado por Hwang y Yoon (1981) y su base matemática se fundamenta en que la mejor alternativa es aquella que minimiza la distancia a la Solución



Positiva Ideal (NIS) y a la maximiza la distancia a la Solución Negativa Ideal (NIS).

Los pasos a seguir para aplicar TOPSIS a nuestro modelo incluyen:

Paso 1. Se construye la matriz de decisión A^k para el experto k .

$$A^k = \begin{pmatrix} x_{11} & \dots & x_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & \dots & x_{mn} \end{pmatrix}$$

Donde $1, 2, \dots, m$ son las alternativas y C_1, C_2, \dots, C_n son los criterios, x_{ij} indica la puntuación de la alternativa i para el criterio C_j , de acuerdo al criterio de los evaluadores y a la escala de valores definida para los números triangulares difusos.

Paso 2. Se debe encontrar una matriz promedio A , que no es más que el promedio de todas las calificaciones otorgadas por los evaluadores:

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^l \tilde{x}_{ij}^k}{l} \quad (7)$$

Paso 3. Cálculo de la matriz normalizada ponderada $P = [\tilde{p}_{ij}]_{m \times n}$ con $i=1, \dots, m$ y $j=1, \dots, n$ multiplicando la matriz de decisión normalizada por el vector de pesos:

$$\tilde{p}_{ij} = w_j \times \tilde{x}_{ij} \quad (8)$$

Paso 4. Se identifican las soluciones positivas y negativas ideales, A^+ y A^- (PIS y NIS), respectivamente:

$$A^+ = (\max \tilde{p}_{ij} / j \in J, i = 1, \dots, m) \quad (9)$$

$$A^- = (\min \tilde{p}_{ij} / j \in J, i = 1, \dots, m) \quad (10)$$

Paso 5. Se construyen dos vectores con los valores máximos y mínimos de p_{ij} para cada alternativa:

$$A^+ = (\widetilde{p_1}, \widetilde{p_2}, \dots, \widetilde{p_m}), \text{ donde } p_{ij} = w_j \times \tilde{x}_{ij} \quad (11)$$

$$A^- = (\widetilde{p_1}, \widetilde{p_2}, \dots, \widetilde{p_m}), \text{ donde } p_{ij} = w_j \times \tilde{x}_{ij} \quad (12)$$

Paso 6. Se calculan las distancias euclidianas a la solución ideal A^+ y a la solución negativa ideal A^- :

$$d_i^+ = \sum_{j=1}^n d(\tilde{p}_{ij}, \tilde{p}_j^+), \text{ para } i=1, \dots, m. \quad (13)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d(\tilde{p}_{ij}, \tilde{p}_j^-), \text{ para } i=1, \dots, m. \quad (14)$$

Paso 7. Finalmente se calcula el Coeficiente de Cercanía CC_i a la solución ideal, para cada alternativa A_i :

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \quad (15)$$

Desarrollo del caso numérico

Una vez analizados los principales criterios utilizados para la evaluación de propuestas de inversión a través de una revisión de literatura y de las reglas de operación de los principales programas del Gobierno Federal (SHCP, 2014), se determina que para realizar un ejercicio práctico del modelo se utilizará un conjunto de cuatro criterios principales (económico, técnico, social y ambiental) y 16 subcriterios.

Determinación de los criterios y ponderaciones usando el método AHP

En el Cuadro 2 se presentan los resultados obtenidos de la aplicación del método AHP al conjunto criterios y 16 subcriterios seleccionados, obteniéndose las ponderaciones globales y locales. Se indica además el tipo y dimensión de cada uno de los subcriterios, así como la referencia bibliográfica principal de su uso en la evaluación de proyectos.

Evaluación y selección de los proyectos con TOPSIS

Para esta etapa, cada proyecto será dictaminado por dos evaluadores que seguirán dos sistemas de evaluación, el uso de los números reales cuando el criterio tiene dimensión cuantitativa, y el uso de cinco términos lingüísticos cuando el criterio tiene dimensión cualitativa (Cuadro 3). Los términos lingüísticos medirán el nivel de rendimiento de cada evaluador respecto a cada criterio cualitativo (Cuadro 4).

Si el subcriterio es de dimensión cuantitativa la calificación es el mismo valor del indicador cuantitativo (Cuadro 5) y dependiendo de su dimensión (beneficio o costo) se otorga una calificación relativa a todas las alternativas, respecto al máximo si es de beneficio o al mínimo si es de costo. Para operar matemáticamente el proceso, todos los criterios deberán transformarse en sus correspondientes números difusos con $a=b=c$ (Cuadro 6).

Cuadro 2. Ponderaciones obtenidas por el método AHP.

Criterio / Peso	Subcriterio	Símbolo	Referente principal	Tipo / Dimensión	Peso local	Peso global
Económico 25.80%	Inversión inicial (fija y diferida)	SC1	Candia <i>et al.</i> (2015)	Costo - Cuantitativo	9.30%	2.40%
	$VAN > 0$, $TIR > T_o$, $RBC > 1$	SC2	Vecino <i>et al.</i> (2015)	Costo - Cualitativo	43.40%	11.20%
	Periodo de recuperación de la inversión	SC3	Mongrut M. & Wong C. (2005)	Costo - Cuantitativo	27.10%	6.99%
	Incremento en la productividad	SC4	ECONOMÍA (2018)*	Beneficio - Cualitativo	20.20%	5.21%
Social 11.40%	Grado de marginación	SC5	SAGARPA (2018)*	Beneficio - Cualitativo	8.30%	0.95%
	Incremento de cobertura	SC6	Martínez (2005)	Beneficio - Cualitativo	11.80%	1.35%
	Número de beneficiarios	SC7	SAGARPA (2018)*	Beneficio - Cuantitativo	24.90%	2.84%
	Número de empleos generados	SC8	Ramírez <i>et al.</i> (2017)	Beneficio - Cuantitativo	55.00%	6.27%
Técnico 29.90%	Localización óptima	SC9	Medina <i>et al.</i> (2009)	Beneficio - Cualitativo	15.90%	4.75%
	Cercanía del mercado objetivo	SC10	Hurtado (2011)	Beneficio - Cualitativo	28.60%	8.55%
	Disponibilidad de materias primas	SC11	Corrillo <i>et al.</i> (2006)	Beneficio - Cualitativo	19.70%	5.89%
	Disponibilidad de mano de obra	SC12	Medina <i>et al.</i> (2009)	Beneficio - Cualitativo	35.80%	10.70%
Ambiental 32.90%	Nivel de significancia de los impactos	SC13	INAES (2017)*	Beneficio - Cualitativo	17.00%	5.59%
	Uso sustentable de los recursos naturales	SC14	SAGARPA, 2018*	Beneficio - Cualitativo	42.90%	14.11%
	Generación de descargas líquidas	SC15	LGEEPA, 2015	Beneficio - Cualitativo	9.80%	3.22%
	Desmonte permanente de la vegetación	SC16	LGEEPA, 2015	Beneficio - Cualitativo	30.30%	9.97%

*Reglas de operación.

Cuadro 3. Variables lingüísticas para nivel de satisfacción de las alternativas

Variable lingüística	Número difuso
Muy bueno	(0.75, 1.0, 1.0)
Bueno	(0.50, 0.75, 1.0)
Aceptable	(0.25, 0.5, 0.75)
Pobre	(0.0, 0.25, 0.5)
Muy pobre	(0.0, 0.0, 0.25)

Cuadro 5. Calificaciones de criterios cuantitativos.

Alternativa	SC1*	SC3**	SC7***	SC8***
Proyecto 1	170,986.00	2.8	16	16
Proyecto 2	232,001.00	2.0	5	7
Proyecto 3	229,473.00	1.0	5	7
Proyecto 4	188,030.00	2.1	7	10
Proyecto 5	152,475.00	3.5	5	5
Proyecto 6	170,000.00	2.1	10	10
Proyecto 7	343,470.00	6.0	14	14
Proyecto 8	500,000.00	4.1	13	13

*Valor dado en pesos; **Valor dado en años; ***Valor dado en número de personas.

Cuadro 4. Calificaciones de criterios cualitativos realizado por dos evaluadores.

Alternativa	SC2		SC4		SC5	
	Evaluador 1	Evaluador 2	Evaluador 1	Evaluador 2	Evaluador 1	Evaluador 2
Proyecto 1	Aceptable	Bueno	Pobre	Aceptable	Bueno	Bueno
Proyecto 2	Aceptable	Aceptable	Muy bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Proyecto 3	Pobre	Bueno	Muy bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Proyecto 4	Aceptable	Aceptable	Muy bueno	Bueno	Aceptable	Aceptable
Proyecto 5	Bueno	Pobre	Aceptable	Pobre	Bueno	Bueno
Proyecto 6	Pobre	Aceptable	Bueno	Aceptable	Bueno	Bueno
Proyecto 7	Bueno	Bueno	Bueno	Aceptable	Bueno	Bueno
Proyecto 8	Muy bueno	Bueno	Pobre	Aceptable	Bueno	Bueno



Cuadro 6. Equivalencia en números difusos de un indicador cualitativo y un cuantitativo.

Subcriterios	SC1*						SC2**					
	EVALUADOR 1			EVALUADOR 2			EVALUADOR 1			EVALUADOR 2		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c	A	b	c
Proyecto 1	0.892	0.892	0.892	0.892	0.892	0.892	0.25	0.50	0.75	0.50	0.75	1.00
Proyecto 2	0.657	0.657	0.657	0.657	0.657	0.657	0.25	0.50	0.75	0.25	0.50	0.75
Proyecto 3	0.664	0.664	0.664	0.664	0.664	0.664	0.00	0.25	0.50	0.50	0.75	1.00
Proyecto 4	0.811	0.811	0.811	0.811	0.811	0.811	0.25	0.50	0.75	0.25	0.50	0.75
Proyecto 5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.50	0.75	1.00	0.00	0.25	0.50
Proyecto 6	0.897	0.897	0.897	0.897	0.897	0.897	0.00	0.25	0.50	0.25	0.50	0.75
Proyecto 7	0.444	0.444	0.444	0.444	0.444	0.444	0.50	0.75	1.00	0.50	0.75	1.00
Proyecto 8	0.305	0.305	0.305	0.305	0.305	0.305	0.75	1.00	1.00	0.50	0.75	1.00

*Subcriterio cuantitativo; **Subcriterio cualitativo.

Con base en la ecuación (7) se calcula la matriz de calificaciones promedio con $l=2$ evaluadores. Posteriormente, con la ecuación (8) se calcula la matriz de decisión promedio ponderada, según los pesos globales de cada subcriterio, producto de la aplicación del método AHP en el paso uno del modelo propuesto. En el Cuadro 7 se presentan los valores obtenidos para los primeros cuatro subcriterios.

Ahora se identifican las soluciones positivas y negativas ideales A^+ y A^- (PIS y NIS), aplicando las ecuaciones del (9) al (12). Estas soluciones constituyen el mejor y peor escenario posible de acuerdo con las evaluaciones de todos

los proyectos en cada uno de los subcriterios (Cuadro 8). Con estos valores, se calcula ahora la distancia euclidiana de cada alternativa a la solución positiva y negativa ideal con las ecuaciones (13) y (14). Finalmente se calcula el coeficiente de cercanía CC_i con la ecuación (15). Este último valor es el puntaje que define su priorización (Cuadro 9).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con base en los criterios establecidos y a la ponderación de cada uno de ellos realizada por el método AHP, el proyecto 8 se convierte en la alternativa más dominante del portafolio de los proyectos evaluados, con el valor

Cuadro 7. Calificaciones promedio ponderadas.

Alternativa	SC1			SC2			SC3			SC4		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
Proyecto 1	0.021	0.021	0.021	0.042	0.070	0.098	0.025	0.025	0.025	0.007	0.020	0.033
Proyecto 2	0.016	0.016	0.016	0.028	0.056	0.084	0.035	0.035	0.035	0.033	0.046	0.052
Proyecto 3	0.016	0.016	0.016	0.028	0.056	0.084	0.070	0.070	0.070	0.033	0.046	0.052
Proyecto 4	0.019	0.019	0.019	0.028	0.056	0.084	0.033	0.033	0.033	0.033	0.046	0.052
Proyecto 5	0.024	0.024	0.024	0.028	0.056	0.084	0.020	0.020	0.020	0.007	0.020	0.033
Proyecto 6	0.022	0.022	0.022	0.014	0.042	0.070	0.033	0.033	0.033	0.020	0.033	0.046
Proyecto 7	0.011	0.011	0.011	0.056	0.084	0.112	0.012	0.012	0.012	0.020	0.033	0.046
Proyecto 8	0.007	0.007	0.007	0.070	0.098	0.112	0.017	0.017	0.017	0.007	0.020	0.033

Cuadro 8. Soluciones positivas y negativas ideales de cuatro subcriterios.

Alternativa	SC1			SC2			SC3			SC4		
	a	b	c	A	b	c	a	b	c	a	b	C
A^+	0.024	0.024	0.024	0.070	0.098	0.112	0.070	0.070	0.070	0.033	0.046	0.052
A^-	0.007	0.007	0.007	0.014	0.042	0.070	0.012	0.012	0.012	0.007	0.02	0.033

de CC_i más alto de 0.6531. El proyecto que debe financiarse primero es el 8 y posteriormente el resto de acuerdo con su valor de CC_i .

CONCLUSIONES

Seleccionar los proyectos más adecuados se convierte en una tarea difícil debido a la cantidad de criterios que hay que tener cuenta al momento de evaluar y a la dificultad de analizar propuestas provenientes de diferentes contextos. El uso de combinado de dos herramientas de análisis multicriterio, como lo son el AHP y TOPSIS, permite obtener un modelo que resuelve estos dos problemas. AHP determina los pesos de cada criterio y subcriterio en el proceso de evaluación y TOPSIS permite seleccionar los mejores proyectos con base en su CC_i . Aunque el modelo requerirá que el evaluador destine más tiempo para analizar cada propuesta, se puede aplicar y adaptar a cualquier sistema de evaluación donde están inmersos múltiples criterios de evaluación y exista claridad de los objetivos del organismo financiador.

LITERATURA CITADA

Agarwal, P., Sahai, M., Mishra, V., Bag, M., & Singh, V. (2011). A review of multi-criteria decision making techniques for supplier evaluation and selection. *International journal of industrial engineering computations*, 2(4), 801-810.

Candia, J., Perrotti, D. E., & Aldunate, E. (2015). Evaluación social de proyectos: un resumen de las principales metodologías oficiales utilizadas en América Latina y el Caribe.

CONAGUA. (2018). Reglas de Operación para los Programas de Infraestructura Hidroagrícola y de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento a cargo de la Comisión Nacional del Agua, aplicables a partir de 2019.

Corrillo Machicado, F., & Gutiérrez Quiroga, M. (2016). Estudio de localización de un proyecto. *Revista Ventana Científica*, 7, 29-33.

LGEEPA (2015). Diario Oficial de la Federación. Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA).

ECONOMIA. (2018). Reglas de Operación para los Programas de Fomento a la Economía Social a cargo de la Secretaría de Economía, aplicables a partir de 2019.

Hwang, C. L., & Yoon, K. (1981). Methods for multiple attribute decision making. In *Multiple attribute decision making* (pp. 58-191). Springer, Berlin, Heidelberg.

Hurtado, J. M. C. (2011). Los proyectos y los planes de negocios. *Perspectivas*, (27), 23-45.

Cuadro 9. Distancias Euclidianas a las soluciones positivas y negativas ideales y cálculo del coeficiente de cercanía.

Alternativa	d*	d-	Ci	Ranking
Proyecto 1	1.2105	0.7657	0.3875	7
Proyecto 2	1.3732	1.0068	0.4230	4
Proyecto 3	1.5044	1.1148	0.4256	3
Proyecto 4	1.4237	0.9524	0.4008	6
Proyecto 5	1.2761	0.3274	0.2042	8
Proyecto 6	1.4995	1.1395	0.4318	2
Proyecto 7	1.3888	0.9995	0.4185	5
Proyecto 8	0.6863	1.2919	0.6531	1

Mahmoodzadeh, S., Shahrabi, J., Pariazar, M., & Zaeri, M. S. (2007). Project selection by using fuzzy AHP and TOPSIS technique. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 30, 333-338.

Martínez, R. (2005). Evaluación de programas y proyectos sociales. División de Desarrollo Social, CEPAL.

Medina, J. R., Romero, R. L., & Pérez, G. A. (2009). Localización de una planta industrial: Revisión crítica y adecuación de los criterios empleados en esta decisión. *Revista Mexicana De Ingeniería Química*, 8(3), 271-274.

Mongrut Montalvan, S., & Wong Cam, D. (2005). Un examen empírico de las prácticas de presupuesto de capital en el Perú. *Estudios Gerenciales*, 21(95), 95-111.

Ramírez Angulo, N., Mungaray Lagarda, A., Aguilar Barceló, J. G., Anaya, F., & Zulith, Y. (2017). Microemprendimientos como instrumento de combate a la pobreza: una evaluación social para el caso mexicano. *Innovar*, 27(64), 63-74.

Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: the analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 48(1), 9-26.

SAGARPA. (2017). Reglas de Operación del Programa de Estímulos a la Actividad Ganadera (PROGAN) y reglas de Operación. Diario Oficial de la Federación.

Secretaría de Hacienda y Crédito Público (2014). Apoyos del Gobierno Federal, versión ciudadana. Consultado en <https://www.transparenciapresupuestaria.gob.mx> el 2019-04-01

Vecino, C. E., Rojas, S. C., & Muñoz, Y. (2015). Prácticas de evaluación financiera de inversiones en Colombia. *Estudios Gerenciales*, 31(134), 41-49.

