

Producción de basidiomas de
Schizophyllum commune
 (Fungi: Basidiomycota) en
 subproductos agrícolas de
 Tabasco, México

pág. 65

Año 13 • Volumen 13 • Número 5 • mayo, 2020

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) y ayocote (*Phaseolus coccineus* L.): Opciones productivas para los pequeños agricultores de la microrregión Los Volcanes en Puebla, México

3

Actividad antifúngica de la hierba de tomento [*Gnaphalium luteo-album* L. (*Pseudognaphalium luteo-album* (L.) Hilliard & Burt)] contra *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* raza 3

11

Caracterización y diagnóstico participativo para el ordenamiento territorial comunitario con enfoque agroforestal en Xaltepuxtla, Puebla, México

17

Análisis económico del mercado de la naranja (*Citrus × sinensis* Osbeck) en fresco en México, periodo 1980-2018

27

Carbón vegetal como mejorador de un Acrisol cultivado con caña de azúcar (*Saccharum* spp.)

35

Evaluación de la fertilización convencional y de liberación controlada, sobre la calidad de plantas de jagua (*Genipa americana* L.) en vivero

43

y más artículos de interés...

3	The common bean (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) and the runner bean (<i>Phaseolus coccineus</i> L.): Productive options for small farmers at Los Volcanes micro-region in Puebla, Mexico / El frijol común (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) y ayocote (<i>Phaseolus coccineus</i> L.): Opciones productivas para los pequeños agricultores de la microrregión Los Volcanes en Puebla, México
11	Antifungal activity of winged cudweed [<i>Gnaphalium luteo-album</i> L. (<i>Pseudognaphalium luteo-album</i> (L.) Hilliard & Burt)] against <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i> race 3 / Actividad antifúngica de la hierba de tomento [<i>Gnaphalium luteo-album</i> L. (<i>Pseudognaphalium luteo-album</i> (L.) Hilliard & Burt)] contra <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>lycopersici</i> raza 3
17	Participatory characterization and diagnosis for community territorial planning with an agroforestry approach in Xaltepuxtle, Puebla, Mexico / Caracterización y diagnóstico participativo para el ordenamiento territorial comunitario con enfoque agroforestal en Xaltepuxtle, Puebla, México
27	Economic analysis of the orange market (<i>Citrus × sinensis</i> Osbeck) in fresh in Mexico, period 1980-2018 / Análisis económico del mercado de la naranja (<i>Citrus × sinensis</i> Osbeck) en fresco en México, periodo 1980-2018
35	Charcoal as improvement of an Acrisol cultivated with sugarcane (<i>Saccharum</i> spp.) / Carbón vegetal como mejorador de un Acrisol cultivado con caña de azúcar (<i>Saccharum</i> spp.)
43	Evaluation of the conventional and controlled release fertilization, on the quality of jagua plants (<i>Genipa americana</i> L.) in nursery / Evaluación de la fertilización convencional y de liberación controlada, sobre la calidad de plantas de jagua (<i>Genipa americana</i> L.) en vivero
51	Effect of sulphatic salinity in quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) / Efecto de salinidad sulfática en quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.)
59	Production and marketing of taro (<i>Colocasia esculenta</i> (L.) Shott) in Actopan, Veracruz, Mexico: Value chain perspective / Producción y comercialización de malanga (<i>Colocasia esculenta</i> (L.) Shott) en Actopan, Veracruz, México: Perspectiva de cadena de valor
65	Production of basidiomes of <i>Schizophyllum commune</i> (Fungi: Basidiomycota) in agricultural by-products of Tabasco, Mexico / Producción de basidiomas de <i>Schizophyllum commune</i> (Fungi: Basidiomycota) en subproductos agrícolas de Tabasco, México
73	The mushroom <i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq. ex Fr.) , and their added value: case study / El hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq. ex Fr.) y su valor agregado: caso de estudio
79	Tomato quality (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) produced in aquaponics complemented with foliar fertilization of micronutrients / Calidad de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) producido en acuaponía complementado con fertilización foliar de micronutrientes
87	First record of <i>Neospora caninum</i> in cattle in southeast Guerrero, Mexico / Primer reporte de <i>Neospora caninum</i> en el ganado bovino de la Costa Chica de Guerrero, México
91	Biotechnology of inoculation of trees of forest importance with edible ectomycorrhizal fungi / Biotecnología de inoculación de árboles de importancia forestal con hongos ectomicorrízicos comestibles

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 5, mayo 2020, Agro productividad es una publicación mensual editada por el Colegio de Postgraduados. Carretera México-Tezcoco Km. 36.5, Montecillo, Tezcoco, Estado de México. CP 56230. Tel. 5959284427. www.colpos.mx. Editor responsable: Dr. Jorge Cadena Iñiguez. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2017-031313492200-203. ISSN: 2594-0252, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, M.C. Valeria Abigail Martínez Sias. Fecha de última modificación, 31 de mayo 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, Tezcoco, 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.

The common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and the runner bean (*Phaseolus coccineus* L.): Productive options for small farmers at Los Volcanes micro-region in Puebla, Mexico

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) y ayocote (*Phaseolus coccineus* L.): Opciones productivas para los pequeños agricultores de la microrregión Los Volcanes en Puebla, México

Mendoza-Robles, Ricardo^{1*}; Hernández-Romero, Ernesto¹

¹Colegio de Postgraduados Campus Puebla. Boulevard Forjadores de Puebla No. 205, San Pedro Cholula, Puebla, México. C. P. 72760.

*Autor para correspondencia: rimeros52@hotmail.com

ABSTRACT

Objective: To analyze the productive efficiency of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and the runner bean (*Phaseolus coccineus* L.) as single crop and associated with corn, and compare the current productions with those of experimental studies previously done at Los volcanes micro-region in the state of Puebla, Mexico.

Design/methodology/approach: The commercial yields of 2015-2018 were estimated, and to evaluate the single crops with associates, their productive efficiency-PE (land equivalent ratio) was calculated. These results were compared with those of trials carried out in 1978-1984, when the technology for common bean and runner bean was generated.

Results: When long guide common bean were associated with corn, the average total PE was higher (1.74), indicating that the association increased yields by 74% in comparison to single bean and corn crops. The average yields of bush common beans, runner bean and hybrid corn under irrigation as single crops were 2.2, 4.4 and 11.8 tons per hectare, respectively.

Limitations/implications: Case study, carried out in a plot, where the commercial productive potential is estimated, among other investigations.

Findings/conclusions: The best productive options are common bean and runner bean in association with corn due to their higher PE. The runner bean associated to corn, due to its high biomass production, causes greater competition in corn than common bean, but the yields of corn+bean and corn+runner bean are similar. The single cultivation of these legumes is also important because the prices they reach, which are higher than those of corn. The technology experimentally generated in bush beans and trellises (supports made of wood, wire and thread), in a previously stage, is considered that it has been incorporated by small farmers currently involved.

Keywords: Legumes, productive efficiency, associated crops.

RESUMEN

Objetivo: Analizar la eficiencia productiva del frijol común y ayocote en cultivo simple y en asociación con maíz, y comparar las producciones actuales con aquellas de trabajos experimentales realizados previamente en la microrregión de Los Volcanes, Puebla, México.

Diseño/metodología/aproximación: Se estimaron los rendimientos comerciales de 2015-2018, y para evaluar los cultivos simples con los asociados se calculó su eficiencia productiva-EP (relación de superficie equivalente). Estos resultados se confrontaron con los de trabajos realizados de 1978-1984, cuando se generó la tecnología para frijol y ayocote.

Resultados: Cuando el frijol se asoció al maíz la EP total promedio fue mayor (1.74), lo que indica que la asociación incrementó los rendimientos en 74% en comparación con los cultivos simples de frijol y maíz. En la asociación maíz-ayocote la EP fue menor (1.45). Los rendimientos promedio de frijol arbustivo, ayocote y maíz híbrido bajo riego como cultivos únicos fueron de 2.2, 4.4 y 11.8 t ha⁻¹, respectivamente.

Limitaciones/implicaciones: Estudio de caso, realizado en una parcela, donde se estima el potencial productivo comercial, entre otros trabajos.

Hallazgos/conclusiones: Las mejores opciones productivas son el frijol y ayocote en asociación con maíz debido a su mayor EP. El ayocote asociado al maíz, por su elevada producción de biomasa, provoca una mayor competencia en el maíz que el frijol, pero los rendimientos de maíz+frijol y maíz+ayocote son similares. El cultivo simple de estas leguminosas es importante también por los precios que alcanzan, superiores a los del maíz. La tecnología generada experimentalmente en frijol arbustivo y en espalderas, en una etapa anterior, ha sido incorporada por productores involucrados actualmente.

Palabras clave: Leguminosas, eficiencia productiva, cultivos asociados.

segunda mitad fue a la baja, lo que pareciera que los precios de garantía habían proveído un mejor incentivo para incrementar la superficie en el primer periodo, si bien en el segundo continuó aumentando la producción de maíz y se mantuvo la de frijol como consecuencia del incremento en los rendimientos, asociado esto al uso de un mejor nivel tecnológico.

Empero, el precio del maíz criollo y mejorado con una alta calidad nixtamalera, actualmente se ha estancado dado que en la Sierra Nevada del estado de Puebla, llega a ser muy bajo (\$3.00-3.50 por kg), cuando el precio de la tortilla es de \$10.00 kg o mayor. Y por otra parte, es un cultivo muy demandante de insumos y mano de obra durante la cosecha, la cual es escasa, lo que ha desestimulado a los productores en relación con su siembra. Por el contrario, el frijol presenta mejores precios (cinco veces el valor del maíz) y resulta ser significativamente menos costoso en cuanto a uso de semilla (criolla, no se cuenta con variedades mejoradas), de fertilizantes (dosis más bajas) y en la cosecha, si bien es menos productivo que el maíz. Por lo que existe una tendencia, según el testimonio de productores, hacia una reconversión productiva que consiste en reducir la proporción de siembras de maíz y a incrementar en lo posible el cultivo de leguminosas: frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) y frijol ayocote (*Phaseolus coccineus* L.), entre otras especies.

El objetivo de este trabajo fue analizar la eficiencia productiva del frijol y ayocote, en cultivo simple y en asociación con maíz, frente al maíz sembrado como cultivo único, como una forma de ofrecer alternativas de producción a los agricultores

INTRODUCCIÓN

En el estado de Puebla, México, la importancia del maíz (*Zea mays* L.) y frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) queda demostrada por las superficies destinadas a sus cultivos (70 y 15%, respectivamente) y porque siguen siendo la base de la dieta de la población rural. A nivel nacional, entre los granos y oleaginosas, el maíz y frijol representan el 66.7 y 2.6% de la producción obtenida, donde el principal productor es el estado de Sinaloa con un rendimiento promedio de 10.9 t ha⁻¹ de maíz mejorado en 472,000 ha, mientras que el estado de Puebla contribuye con un rendimiento de 1.9 t ha⁻¹ en 555,000 ha (el 58% con semilla criolla) (GCMA, 2019).

También en maíz, en el ámbito nacional, la superficie promedio anual sembrada entre 1980 y 2017 fue aproximadamente de 8 millones de hectáreas, lo que se asoció a una fluctuación en el volumen de producción de 12.4 a 27.8 millones de toneladas (esto indica un incremento en los rendimientos), en el mismo periodo, y un promedio de alrededor de 18 millones de toneladas (CEDRSSA, 2019). En el caso de frijol en ese periodo, la superficie sembrada fue de más o menos 2.0 millones de ha y una producción de 1.0 millones de ton, anualmente, con fluctuaciones de 1.5 a 2.4 millones de ha y 0.6 a 1.4 millones de ton.

En ambos cultivos, maíz y frijol, la tendencia en la superficie sembrada durante la primera mitad del periodo indicado fue al alza, sin embargo, durante la

de la Sierra Nevada. Así como también, comparar las producciones de frijol arbustivo, enredador y ayocote que se están obteniendo actualmente con aquellas de trabajos experimentales realizados previamente, cuando se generó tecnología y recomendaciones sobre prácticas de producción en estos cultivos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante el periodo de 2015-2018 se evaluó la producción comercial de frijol, ayocote y maíz establecidos entre hileras de frutales, tanto en cultivo simple como en forma asociada (maíz-frijol y maíz-ayocote) (Mendoza y Hernández, 2018). El trabajo se realizó en una parcela de 2.4 ha de San Lorenzo Chiautzingo, Puebla, mientras que en 2018 se estimó la producción de frijol enredador en espalderas en San Felipe Teotlalcingo, donde este cultivo se ha venido estableciendo en pequeños lotes comerciales (3-6 hileras de 150 m aproximadamente). Esto con el propósito de medir la eficiencia relativa de la tierra (ERT) o eficiencia productiva asociada a dichos sistemas agrícolas (Mead y Willey, 1980).

En este estudio la eficiencia se calcula con la siguiente expresión:

$$ERT = [(RMI / RMS) + (RFI / RFS)]$$

donde R =Rendimiento, M =Maíz, F =Frijol, I =Intercalado y S =Solo o simple; en el caso de ayocote (A) se sustituye la A en lugar de la F en la ecuación anterior.

Por otra parte, en este documento se analizan trabajos experimentales realizados en un periodo anterior (1978-1984) con el propósito de generar y difundir tecnología en frijol y ayocote (Mondragón *et al.*, 1978-1984; Caballero *et al.*, 1976), cuyos rendimientos se comparan con los obtenidos actualmente (2015-2018), y de esta forma poder evaluar los logros actuales en el tema de apropiación de tecnología en relación con el uso de recomendaciones generadas previamente. Tanto las parcelas comerciales evaluadas recientemente como aquellas experimentales del periodo anterior, han sido establecidas en condiciones similares de suelo, clima y manejo, o sea, en el agrosistema de suelos profundos, con textura suelta (arena limosa) y que se manejan en humedad residual (CIMMYT, 1974). En la Figura 1 se presenta un mosaico fo-

tográfico de los tipos de cultivos de frijol y ayocote que fueron evaluados (Castillo *et al.*, 2016).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Establecimiento de lotes y estimación de rendimientos en cultivos cíclicos

En el Cuadro 1 se observa que las eficiencias productivas de las asociaciones de maíz híbrido-frijol y maíz híbrido-ayocote son significativamente superiores, en todos los casos, a las de cultivos simples de cada especie (maíz, frijol y ayocote), que son de 1.0 en los tres casos (Figura 2). Sin embargo, está clara la mayor eficiencia productiva a favor de la asociación maíz-frijol sobre la de maíz-ayocote, como es lógico, por la mayor cantidad de biomasa que produce el ayocote (rendimiento de grano y de paja), lo que provoca un mayor acame o un más intenso doblado de las puntas del maíz, por lo que el ayocote ejerce una mayor competencia que el frijol al maíz.

En cambio, los rendimientos de ayocote superan en 50% a los de frijol en el sistema de asociación y en 100% en el caso de cultivo simple (Figura 3), por lo que la mayor o menor importancia de cada una de estas especies va



Figura 1. Sistemas de producción de frijol estudiados en Puebla (fotos de 2018).

Cuadro 1. Rendimientos comerciales (kg ha⁻¹) de ayocote, frijol común criollo y maíz híbrido bajo riego y Eficiencias Relativas de la Tierra (ERT) en Chiautzingo, Puebla, México.

Ciclo agrícola	Ayocote-1		Maíz Niebla [®]		ERT asociación ayocote-maíz ¹		
	Simple ²	Asociado	Simple	Asociado Ay	Ayocote	Maíz Ni	Total
2015 ³	2,944 b	2,270 b	16,160 a	11,120 a	0.77	0.69	1.46
2016	5,167 a	3,786 a	12,573 b	9,430 a	0.73	0.75	1.48
2017	4,662 a	2,960 ab	10,676 c	7,399 b	0.63	0.77	1.41
2018	4,786 a	No aplica	8,877 bc	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Promedio	4,390 a	3,005 b	12,072 a	9,316 b	0.68	0.79	1.47
Ciclo	Ayocote-2		Maíz Cacahuacintle		Ayocote	M Cahah	Total
2018	4,786	817	2,686	1,026	0.17	0.38	0.55
Ciclo agrícola ³	Frijol-1		Maíz Niebla [®]		ERT asociación frijol-maíz ¹		
	Simple ²	Asociado	Simple	Asociado Fr	Frijol	Maíz Ni	Total
2015	1,597 b	1,473 a	16,160 a	12,899 a	0.92	0.8	1.72
2016	2,727 a	2,235 a	12,573 b	10,375 b	0.82	0.83	1.64
2017	1,962 ab	2,232 a	10,676 c	9,595 b	1.14	0.9	2.04
2018	2,484 ab	1,684 a	8,877 c	7,530 c	0.68	0.85	1.53
Promedio	2,193 c	1,906 c	12,072 a	10,100 b	0.89	0.84	1.73
Ciclo	Frijol-2		Maíz Criollo		Frijol	Maíz Cr	Total
2016	2,727	1,434	13,681	10,568	0.53	0.77	1.3

¹ Las ERT de maíz híbrido, frijol y ayocote como cultivos simples son de 1.0, valor que es considerablemente menor a las ERT totales de las asociaciones, lo que indica la medida en que estas son más productivas que los cultivos simples (en promedio 73% más en maíz-frijol y 47% más en maíz-ayocote). En el caso de la asociación maíz criollo-frijol la ERT es aún menor (30%), por lo cual este policultivo también es viable, en cambio, la asociación maíz cacahuacintle-ayocote no es factible porque su ERT es menor a 1.0 (fluctuó de 0.23-0.55). Lo que indica que su eficiencia es negativa (este maíz no sirve de soporte al ayocote y seguramente tampoco al frijol dado el rendimiento tan bajo de ayocote obtenido en asociación), por lo que en este caso el cultivo simple de maíz cacahuacintle (harinoso, para pozole) es una mejor opción.

² Los sistemas de cultivo de frijol y ayocote (cursiva), maíz (negrita) y los ciclos agrícolas (años) con las mismas letras son similares estadísticamente según la prueba de rango estudentizado de Tukey ($\alpha=0.05$).

³ La fórmula de fertilización aplicada en maíz durante 2015 fue la 200-70 (kg ha⁻¹ de N-P₂O₅), en frijol de mata la 60-40 y en ayocote arbustivo la 150-46 (estimada por entrevista), y en los años subsecuentes se aplicó aproximadamente lo mismo. Las densidades de población promedio estimadas de 2015-2018 fueron: 37,700 plantas ha⁻¹ en maíz asociado al frijol, 11,800 en frijol asociado al maíz, 42,200 en maíz asociado al ayocote, 13,000 en ayocote asociado al maíz, 47,000 en maíz solo, 85,400 en frijol solo y 48,400 en ayocote solo. Las variedades nativas empleadas en frijol y ayocote arbustivo y ayocote enredador fueron: pinto, morado y multicolor; en frijol enredador fueron el negro (2015, 2017 y 2018) y el mantequilla (2016).

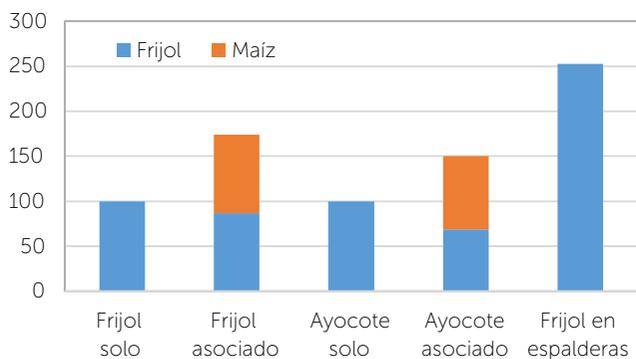


Figura 2. Eficiencia productiva (%) por cultivo.

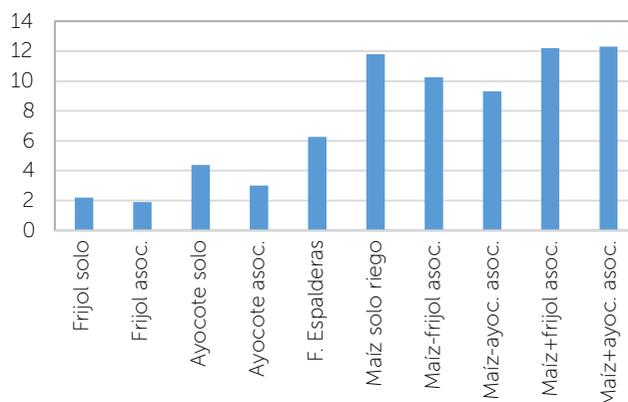


Figura 3. Rendimiento (t ha⁻¹) por cultivo.

a depender de los riesgos, usos e ingresos que de ellas se puedan generar. La mayor eficiencia en el caso de las asociaciones se constata al observar la suma de los rendimientos de maíz y frijol y los de maíz y ayocote, que igualan o superan al rendimiento de maíz como cultivo único, más aún si se considera el aspecto económico, por el mayor precio que alcanzan el frijol y ayocote. Y es que además se ha constatado que el sistema de frijol asociado al maíz puede darse en un marco de cultivo sedentarizado, o sea, de su producción en forma continua a través del tiempo, lo cual no es así en el caso de las fabáceas que implican el uso de esquemas de rotación anual con gramíneas (Díaz y Ocampo, 2016), principalmente con el maíz, lo que es una deficiencia cuando se requiere producir frijol o ayocote en cada ciclo agrícola en el mismo terreno.

Los resultados anteriores indican que es posible alcanzar, tanto en maíz como frijol en cultivo simple, rendimientos muy superiores a los que se obtienen en México y el estado de Puebla (menos de 3 t ha^{-1} de maíz y menos de 1 t de frijol) (Carranza y Jaramillo, 2017; Ayala *et al.*, 2008). Sin embargo, esto resulta complejo de comparar debido a las diferencias de escala (una parcela contra los promedios nacional y estatal), aunque por otro lado es un indicador del potencial productivo comercial de la región de Los Volcanes cuando estos cultivos reciben un manejo técnico adecuado, además de riego en maíz o bien en temporal (Regalado *et al.*, 2017).

En las Figuras 4 y 5 se presentan las tendencias en cuanto al cambio de cultivos en la parcela por razones de precios y del valor de los productos, principalmente. Se observa que hay una predisposición de los productores al incremento de las siembras asociadas de maíz híbrido-frijol (por su resistencia al acame), de ayocote y amaranto; a mantenerse en maíz criollo y frijol, y a reducir las en maíz criollo-calabaza, maíz híbrido-ayocote (por mayor competencia) y chile (por enfermedades en este caso). O sea, una tendencia a disminuir la proporción de siembras donde se incluye al maíz (25%), a aumentar las de frijol y ayocote (48%) y a utilizar otras especies como el amaranto y chile (34%).

Investigación realizada previamente en la microrregión

Uno de los objetivos, entre otros, para obtener la información del Cuadro 1 ha sido el de comparar los rendimientos de frijol que han venido generando recientemente las familias involucradas en la parcela de estudio,

con los rendimientos también comerciales logrados en parcelas demostrativas y experimentales en un periodo anterior, conjuntamente entre investigadores y productores. En esa época el propósito fue estudiar la respuesta del frijol a varios factores de la producción, así como, estimar el potencial de producción comercial, y promover su utilización (Cuadros 2 y 3).

Lo que se observa es una respuesta importante y positiva a la fertilización con nitrógeno y fósforo y a la densidad de población de frijol de mata (Cuadro 2), con un rendimiento promedio de 2.2 t ha^{-1} asociado al mejor tratamiento, lo cual coincide con la producción del mismo tipo de frijol en la parcela actual. Dicha producción supera ampliamente las de frijol negro mejorado (con origen criollo) obtenidas en varias regiones del país, en promedio de 1.4 t ha^{-1} (López *et al.*, 2011), si bien en algunos ambientes se lograron rendimientos semejantes a los de este trabajo (parcelas de Puebla).

Lo anterior indica que algunos productores como los de este estudio ya alcanzaron dicho potencial productivo de frijol, y que por lo tanto han duplicado o triplicado las producciones que se obtenían antes de la instrumentación de acciones sobre generación y difusión de

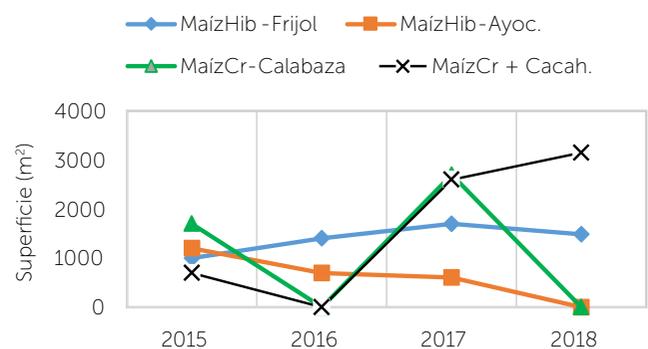


Figura 4. Siembras de maíz híbrido y criollo y su asociación con frijol, ayocote y calabaza.

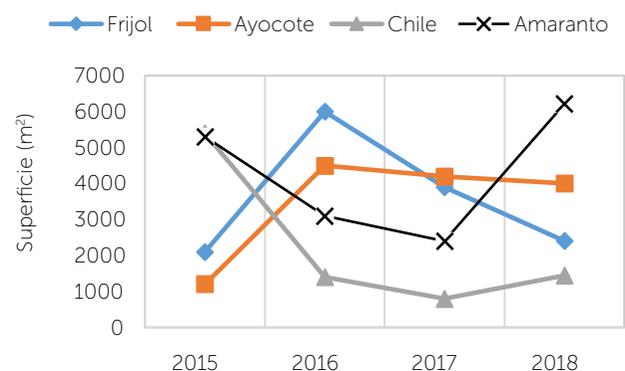


Figura 5. Siembras de cultivos simples de frijol, ayocote, chile y amaranto.

Cuadro 2. Rendimientos comerciales de frijol arbustivo (mata) asociados a varios tratamientos de fertilización y densidad de población en lotes demostrativos.

Periodo	N (kg ha ⁻¹)	P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	Gallinaza (t ha ⁻¹)	Dens. Pob. (miles pts ha ⁻¹)	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	
					1978	1979
1978-1979	0	0	0	60	1,971	923
	60	60	0	60	2,293	1,385
	60	60	0	120	2,766	1,740
	60	60	3	120	2,260	1,892
Año	N (kg ha ⁻¹)	P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	Gallinaza (t ha ⁻¹)	Densidad de Población (miles plantas ha ⁻¹)	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	
					Sitio 1	Sitio 2
1981	60	60	0	120	2,412	2,574
1982	60	60	0	120	1,631	2,240
1984	60	60	0	120	2,159	2,513
Promedio	60	60	0-3	120	2,246	2,192

tecnología en la región (CIMMYT, 1974). Aun tomando en cuenta que esos rendimientos fueron logrados bajo el régimen de temporal o seco, donde se presentaron condiciones limitativas, dado que en un ciclo agrícola la precipitación pluvial fue del 50% del promedio anual (1982) y en otro se presentó una fuerte helada en la etapa reproductiva del cultivo (1979).

Por otra parte, información del Cuadro 3, referente a parcelas demostrativas de frijol de guía larga en espalderas, también en parte de un periodo anterior en que se realizó investigación para generar y difundir tecnología para este cultivo, indica que es factible lograr producciones de más de 3.5 t ha⁻¹ de frijol común y del orden de 7 t ha⁻¹ de ayocote. En estos casos se puede considerar que el frijol fue afectado por la altura de la espaldera (menor), entre otros factores relacionados con plagas y enfermedades, no así el ayocote, si bien en 1979 ambos cultivos sufrieron fuertes daños por una helada de septiembre, que redujo los rendimientos de frijol a una quinta parte y los de ayocote a la mitad de lo esperado.

En el Cuadro 4, también en frijol enredador en espalderas, se observa una respuesta (tendencia clara) a niveles de fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio de 100,

150 y 80 (kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O), a la aplicación de gallinaza de 15 t ha⁻¹ y a distancias entre plantas sobre la hilera de 10-15 cm. Se aprecia también que las variedades de frijol presentan la misma respuesta mientras que la especie sí influye en forma preponderante, dado que el ayocote supera al frijol en 3.5 t ha⁻¹ (diferencia altamente significativa), donde el frijol se asocia con rendimientos que fluctúan de 5.0-6.8 t ha⁻¹, con promedio de 5.7, en el caso de los mejores tratamientos de cada factor de la producción.

Estos resultados son muy aproximados a los registrados en 2018 en una parcela comercial de frijol en espalderas (600 m²) de San Felipe Teotlalcingo, donde se estimó una producción equivalente de 6.2 t ha⁻¹ (Figura 3), que superó estadísticamente a los demás sistemas de cultivo de frijol, en la que el productor proyectaba obtener 1 kg m⁻¹ de frijol (450 kg, correspondiente a 7.5 t ha⁻¹). La fórmula de producción utilizada, ajustada para aplicación comercial, fue la 80-90-60 (kg ha⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O), con una densidad de 22 mil plantas ha⁻¹ y se usó la variedad mantequilla.

Cuadro 3. Rendimientos de frijol y ayocote de guía larga en espalderas en lotes demostrativos.

Año ²	Especie	Rendimiento (kg ha ⁻¹) ¹	
		Sitio 1	Sitio 2
1978	Frijol común	3,262	No aplica
	Ayocote	6,995	
1979	Frijol común	757	No aplica
	Ayocote	3,660	
1981	Frijol común	3,489	2,649
	Ayocote	7,627	6,751

¹Todos los tratamientos incluyeron la fórmula de producción 50-100-100 (kg ha⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O) con 10 t ha⁻¹ de gallinaza, la siembra se realizó a una distancia entre plantas de 10 cm y entre surcos de 1.2 m y la altura de las espalderas fue de 2.0 m.

²En 1979 los rendimientos sufrieron daños severos por la ocurrencia de heladas durante la etapa reproductiva (septiembre).

CONCLUSIONES

Las mejores opciones tecnológicas son el frijol y ayocote en asociación con maíz debido a su

Cuadro 4. Respuesta del frijol enredador en espalderas a varios factores controlables de la producción en Capultitlán, Puebla, México, 1976.

N ¹ (kg ha ⁻¹)	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	K ₂ O (kg ha ⁻¹)	Rendimiento (kg ha ⁻¹)
100	6,044 c	100	4,857 c	0	5,134 c
150	5,134 c	150	5,134 c	40	5,245 c
200	6,037 c	200	5,060 c	80	6,057 c
Gallinaza (t ha ⁻¹) ²	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Dist. Plantas (cm)	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Variedad Especie ²	Rendimiento (kg ha ⁻¹)
5	5,040 c	5	5,041 c	Mantequilla	5,021 c
10	5,134 c	10	5,134 c	Amarillo	5,102 c
15	6,779 c	15	3,471 c	Ayocote-3m	8,495 b
No aplica	No aplica	20	4,887 c	Ayocote-5m	11,749 a

¹ Los significados de los tratamientos son: N=Nitrógeno, P₂O₅=Fósforo, K₂O=Potasio, Gallinaza=Estiércol de gallina, Distancia entre plantas (densidades de 167, 83, 62 y 42 mil plantas ha⁻¹, respectivamente), Ayocote 3 m y 5 m=Alturas de las espalderas de 3 y 5 metros.

² Todos los demás tratamientos incluyeron 10 t ha⁻¹ de gallinaza y una altura de espaldera de 3 m.

a,b,c: Tratamientos con las mismas letras son estadísticamente similares, prueba de DMS ($\alpha=0.01$).

mayor eficiencia productiva, y porque mediante la asociación estas leguminosas pueden producirse en forma sedentaria (más continua en el mismo terreno).

El cultivo simple y asociado de maíz híbrido bajo riego se asocia con una alta productividad, pero tiene la desventaja de su menor precio de venta y, cuando se cultiva asociado con frijol o ayocote, se presenta un efecto depresivo en su rendimiento.

Los cultivos simples de frijol y ayocote también son buenas prácticas productivas, tanto en forma arbustiva como en espalderas.

El esquema práctico observado en la parcela actual, basado en rotaciones anuales de leguminosas con maíz solo y asociado, y en una reconversión productiva consistente en reducir la superficie de maíz, incrementar la de frijol y ayocote e incluir otras especies de importancia económica, como amaranto y chile, se considera acertado.

Se observan más ventajas en el frijol común porque su consumo está más generalizado (tiene mayor preferencia) que el de ayocote (orientado principalmente a elaborar tlacoyos), si bien los precios de venta de ambos son parecidos y mucho mayores que los de maíz, aun cuando el ayocote rinde bastante más que el frijol en todas las formas de cultivo (arbustivo, asociado y en espalderas).

La tecnología generada experimentalmente en frijol de mata y en frijol de guía en espalderas en una etapa anterior, se considera que ya ha sido incorporada en condiciones específicas, en este caso por los productores involucrados en la parcela, dado que los rendimientos comerciales que obtienen son similares a los experimentales.

LITERATURA CITADA

- Ayala G., A. V., Schwentesius R., R. E., & Almaguer V., G. (2008). La competitividad del frijol en México. *El Cotidiano*, 147, 81-89.
- Caballero, R., Mendoza, R., & Turrent F., A. (1978). Informe anual del programa de investigación del Plan Puebla, ciclo agrícola 1976. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Chapingo, México: Editorial del Colegio de Postgraduados.
- Castillo M., M., Ramírez V., P., Castillo G., F., & Miranda C., S. (2006). Diversidad morfológica de poblaciones nativas de frijol común y frijol ayocote del oriente del Estado de México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 29(2), 111-119.
- Carranza C., I., & Jaramillo V., J. L. (2017). Análisis de la producción y rentabilidad económica de granos básicos en el estado de Puebla. En: J. L. Jaramillo V., J. S. Escobedo G., & I. Carranza C. (Eds.). *Sistemas de producción y procesos de agregación de valor* (pp. 87-154). México, D.F.: Ed. Plaza y Valdés, S.A. de C.V.
- CEDRSSA. (2019). Los precios de garantía en México. Palacio Legislativo de San Lázaro, Cámara de Diputados, LXIII Legislatura. Ciudad de México: Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria.
- CIMMYT. (1974). *The Puebla Project: Seven years of experience: 1967-1973. Analysis of a program to assist small subsistence farmers to increase crops production in a rainfed area of Mexico*. El Batán, México: International Maize and Wheat Improvement Center.

- Díaz R., R., & Ocampo M., J. (2016). Agricultural technologies for crop production. En: J. F. Álvarez G., L. Aguirre A., J. A. Paredes S., & B. Salcido R. (Coords.). Lessons on family agriculture and its contribution to food safety (pp. 121-136). Puebla, México: Colegio de Postgraduados, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- GCMA. (2019). Perspectivas agroalimentarias 2019: Cierres 2017, estimaciones 2018 y proyecciones a 2019. Grupo Consultor de Mercados Agrícolas, S.A. de C.V. Ciudad de México. Disponible en: www.gcma.com.mx
- López S., E., Acosta G., J. A., Tosquy V., O. H., Salinas P., R. A., Sánchez G., B. M., Rosales S., R.,...& Zandate H., R. (2011). Yield stability of improved mesoamerican genotypes of black common bean in Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2(1), 29-40.
- Mead, R., & Willey, R. W. (1980). The concept of a "land equivalent ratio" and advantages in yield from intercropping. *Experimental Agriculture*, 16, 217-228.
- Mendoza R., R., & Hernández R., E. (2018). Productividad de la agricultura familiar en Chiautzingo, Puebla: estudio de caso. *Agroproductividad*, 11 (9), 111-117.
- Mondragón J., C., Montellano G., P., González D., J. L., Mendoza R., R., & Turrent F., A. (1978-1984). Informes del programa de investigación en cultivos anuales del Plan Puebla, ciclos agrícolas 1978, 1979, 1981, 1982 y 1984. Puebla, México: CEICADAR-Colegio de Postgraduados.
- Regalado L., J., Perez R., N., Méndez E., A., & Ramírez J., J. (2017). Innovación para la integración de la red de valor en la agricultura familiar del valle de Puebla: El caso del maíz HS-2 para incrementar la producción y el ingreso. En: A. Carzola, & R. Stratta (Coords.). *La universidad: Motor de transformación de la sociedad* (pp. 142-160). Madrid, España: Grupo GESPLAN-UPM



Antifungal activity of winged cudweed [*Gnaphalium luteo-album* L. (*Pseudognaphalium luteo-album* (L.) Hilliard & Burt)] against *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* race 3

Actividad antifúngica de la hierba de tomento [*Gnaphalium luteo-album* L. (*Pseudognaphalium luteo-album* (L.) Hilliard & Burt)] contra *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* raza 3

Sombra-Argüelles, Víctor I.^{1*}; Ruiz-Posadas, Lucero del Mar^{1*}; Nava-Díaz, Cristian¹;
Delgadillo-Martínez, Julián¹; San-Miguel-Chávez, Rubén¹

¹Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México. C. P. 56230.

*Autores para correspondencia: navictor2@gmail.com; lucpo@colpos.mx

ABSTRACT

Objective: To describe the antifungal activity of propanone, hexane, methylene chloride and methanol extracts of winged cudweed [*Gnaphalium luteo-album* L. (*Pseudognaphalium luteo-album* (L.) Hilliard & Burt)] against *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* race 3.

Design/methodology/approach: Winged cudweed individuals were grown from seed and extracts were obtained using propanone, hexane, methylene chloride and methanol from the aerial part of mature plants. The extracts were subjected to antifungal activity tests against *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* race 3 corresponding to the agar disk diffusion method for mycelium, a microconidia germination test and a Riddell test. It was also carried out a test for toxicity of acetone and dimethyl sulfoxide.

Results: None of the extracts of winged cudweed showed antifungal activity against *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* race 3. Acetone and dimethyl sulfoxide were toxic to the fungus from 15%.

Limitations on study/implications: The results are restrained to the tested genotypes of winged cudweed, their growth environmental conditions and the fungus *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* race 3.

Findings/conclusions: It is not recommended to use any extract of *P. luteoalbum* to control *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* race 3.

Key words: Winged cudweed, extracts, disk diffusion test, microconidia germination.

RESUMEN

Objetivo: Describir la actividad antifúngica de los extractos de la hierba de tomento [*Gnaphalium luteo-album* L. (*Pseudognaphalium luteo-album* (L.) Hilliard & Burt)] obtenidos con propanona, hexano, cloruro de metileno y metanol contra *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* raza 3.

Agroproductividad: Vol. 13, Núm. 5, mayo. 2020. pp: 11-16.

Recibido: junio, 2019. **Aceptado:** marzo, 2020.

Diseño/metodología/aproximación: Se cultivaron ejemplares de la hierba de tomento establecidos a partir de semilla y se obtuvieron extractos con propanona, hexano, cloruro de metileno y metanol de la parte aérea de plantas maduras. Los extractos fueron sometidos a pruebas de actividad antifúngica contra *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* raza 3 correspondientes al método de difusión de disco en agar para micelio, una prueba de germinación de microconidios y una prueba de Riddell. También se realizó una prueba de toxicidad de los disolventes acetona y dimetilsulfóxido

Resultados: Ninguno de los extractos de la hierba de tomento mostró actividad antifúngica contra *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* raza 3. La acetona y el dimetil sulfóxido fueron tóxicos para el hongo a una concentración desde 15%.

Limitaciones del estudio/implicaciones: Los resultados obtenidos se limitan a los genotipos probados de la hierba de tomento, así como a sus condiciones ambientales durante su crecimiento y al hongo *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* raza 3.

Hallazgos/conclusiones: No se recomienda utilizar ningún extracto de la hierba de tomento para controlar a *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* raza 3.

Palabras clave: Hierba del tomento, extractos, difusión en agar, germinación de microconidios.

mejores solventes para obtener estos compuestos (Goli *et al.*, 2005; Roby *et al.*, 2013).

En la investigación de Aderogba *et al.* (2014) no se especifica sobre qué parte del hongo se llevó a cabo la prueba, pero se presume que el ensayo se realizó sobre micelio, pues se reporta una incubación por 12 h. El efecto antifúngico sobre los hongos puede diferir dependiendo de la estructura predominante en el inóculo (Fernández-Torres *et al.*, 2003).

En contraste, en algunos casos se ha reportado que los flavonoides pueden estimular la germinación de microconidios, como es el caso de la luteolina que en *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* incrementó el porcentaje de germinación de los microconidios a partir de 25 μM (Steinkellner & Mammerler, 2007).

En el presente estudio se probaron los extractos obtenidos de la hierba de tomento con hexano, cloruro de metileno, propanona, metanol y la mezcla de todos ellos en contra de *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* (Sacc.) mediante: 1) prueba de difusión en agar, 2) medición del porcentaje de germinación de microconidios y, 3) para los extractos obtenidos con propanona y cloruro de metileno, una prueba antifúngica de cultivo en portaobjetos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Cultivo y cosecha. Las semillas fueron colectadas de un individuo de la hierba del tomento ubicado en una parcela en el Campus Montecillos del Colegio de Postgraduados, en las coordenadas 19.4670°, -98.9188°. El 9 de octubre del 2017 se sembraron diez semillas en cada una de 40 bolsas para vivero de 30×30 cm que contenían una

INTRODUCCIÓN

El extracto de la hierba de tomento [*Gnaphalium luteo-album* L. (*Pseudognaphalium luteo-album* (L.) Hilliard & Burt)] con propanona fue probado por Aderogba *et al.* (2014) contra *Fusarium oxysporum* Schltdl, quienes reportan la inhibición del hongo a una concentración del extracto de 0.16 mg mL⁻¹. *Fusarium oxysporum* es la quinta especie más importante (científica y económicamente) de hongos fitopatógenos de acuerdo a la revista *Molecular Plant Pathology* (Dean *et al.*, 2012).

La hierba de tomento es de origen eurasiático pero se encuentra distribuida en todo el mundo (Calderón y Rzedowski, 2005). Es una especie ruderal y en ocasiones crece en grandes manchones, por lo que podría recolectarse en grandes cantidades o bien cultivarse fácilmente, sin necesidad de agroquímicos o cuidados especiales. En el estudio de Aderogba *et al.* (2014) se utilizó propanona como extractante basado en un artículo previamente publicado en el que se comparan los resultados obtenidos de solo dos especies (Eloff, 1998). Con el objeto de corroborar el efecto antifúngico de individuos de esta especie que crecen en México, se decidió evaluar los extractos obtenidos con otros solventes como hexano, cloruro de metileno, propanona y metanol que son de uso común y se encuentran distribuidos en la escala de polaridad (Snyder, 1974).

La mayor parte de los fitoquímicos reportados en *P. luteoalbum* son compuestos fenólicos (Saleh *et al.*, 1988; Cuadra *et al.*, 1997; Aderogba *et al.*, 2014). En otros cultivos se ha observado que el agua y el metanol son los

mezcla de tezontle y suelo agrícola (70:30 v/v). El sustrato fue previamente humedecido y durante el primer mes se mantuvo la humedad regando dos o tres veces al día con atomizador. Posteriormente los riegos se espaciaron gradualmente a cada dos o tres días, conforme a las condiciones ambientales y la edad de la planta. Se mantuvieron dos plantas por bolsa, las más homogéneas, y el resto se eliminaron.

A los 158 días después de la siembra, cuando la última planta finalizó su primera fructificación, se cortó la parte aérea de las plantas. El material se colocó en bolsas de papel kraft y en un horno (Blue M) a 45 °C, y fue retirado al alcanzar un peso constante.

Obtención de extractos. El material vegetal seco se trituró dos veces en un molino de mano. Se determinó su masa (254.3 g) y fue colocado en frascos para cubrirlo con hexano para la primera extracción. Los frascos se agitaron cada 24 horas durante 3 días. Los extractos se filtraron con papel filtro de poro grueso (Whatman No. 1). El hexano residual del material vegetal fue evaporado durante cinco horas para posteriormente adicionar cloruro de metileno. Éste se procesó mediante rotavapor a 45 °C y entre 20 y 30 cm Hg de presión. El extracto crudo se recogió en un frasco previamente etiquetado y pesado, donde se dejó evaporar el cloruro de metileno. El procedimiento de extracción se repitió de la misma manera para los solventes hexano, cloruro de metileno, propanona y metanol, en ese orden (dejando macerar siempre por al menos dos días y agitando los frascos), salvo que las temperaturas y presiones negativas para evaporar los extractos fueron: 40 °C y alrededor de 20 cm Hg, 45 °C y alrededor de 10 cm Hg, y 60 °C y de 0 a 30 cm Hg para cloruro de metileno, propanona y metanol, respectivamente.

Prueba antifúngica de los extractos mediante difusión en agar. Se utilizó la técnica de difusión en agar (o Kirby-Bauer) (Bauer et al., 1966, con modificaciones). Para ello, se utilizaron los cuatro extractos obtenidos (hexano, cloruro de metileno, propanona y metanol), un testigo positivo (fungicida Captán), la mezcla de los cuatro extractos en partes iguales y agua. Para poder mezclar los cuatro extractos se encontró una mezcla de cloruro de metileno y metanol 1:1 (v/v) que logra disolver todos los extractos, además de que esta mezcla de solventes se evapora rápidamente, en menos de 1 min si se coloca en papel filtro seco. Se utilizaron cajas Petri de 5 cm de diámetro, en las cuales se colocó por un lado el papel

filtro impregnado de 10 μL del respectivo tratamiento y del lado opuesto un disco de agar de papa y dextrosa (PDA por sus siglas en inglés) con micelio de Fol 3 de aproximadamente 2 mm de diámetro. Se realizaron 3 repeticiones. Después de 5 días de incubación a 25 °C se cuantificaron los halos de inhibición.

Prueba de germinación de microconidios. La medición de la germinación de microconidios se realizó mediante observación microscópica como propusieron Steinkellner et al. (2005), con modificaciones. Para este experimento se probaron los siguientes tratamientos: Cuatro extractos obtenidos (hexano, cloruro de metileno, propanona y metanol); un testigo positivo (fungicida Captán); la mezcla de los cuatro extractos; y un testigo negativo (agua). Para cada tratamiento se realizaron cuatro repeticiones. Los extractos fueron disueltos a una concentración de 100 mg mL⁻¹ con el disolvente utilizado para su extracción. El fungicida Captán se disolvió en agua a una concentración de 30 mg mL⁻¹ y la mezcla se compuso de partes iguales de los cuatro extractos disueltos en una mezcla de cloruro de metileno y metanol (1:1 v/v).

Para cada repetición se colocaron en un portaobjetos 100 μL de agar de papa y dextrosa estéril no solidificado (caliente), procurando esparcirlo en un círculo. Una vez solidificado se colocaron 10 μL del extracto o tratamiento en este círculo.

Con el solvente ya evaporado de los tratamientos se adicionaron 10 μL de una suspensión de microconidios a una concentración de 1×10^5 microconidios mL⁻¹.

Los portaobjetos fueron cubiertos e incubados durante 36 h a 28 °C antes de evaluar la germinación de microconidios bajo microscopio compuesto a 40x, contando el número de microconidios germinados de un total de 100 por cada repetición, con el fin de obtener porcentajes de germinación.

A los datos obtenidos se les aplicó el análisis de varianza de una vía y la comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) mediante el programa informático InfoStat y las herramientas de Microsoft Office Excel.

Prueba de Riddell. La prueba de Riddell (1950) o cultivo en portaobjetos es más sensible para la detección de actividad antifúngica. Se realizaron tres repeticiones por cada uno de los tratamientos: extracto obtenido y

disuelto con propanona (100 mg mL⁻¹), extracto obtenido y disuelto con cloruro de metileno (100 mg mL⁻¹), propanona (testigo negativo) y Captán disuelto en agua (30 mg mL⁻¹, testigo positivo).

Cada repetición constó de una caja Petri, una varilla de vidrio en forma de "u" o "v", un portaobjetos, un cubreobjetos, un disco de papel filtro, 10 µL del tratamiento a probar y 15 mL de glicerol al 10%. También se prepararon cajas Petri con medio de cultivo PDA. De este medio de cultivo solidificado se obtuvieron discos de 1 cm de diámetro.

En una campana de flujo laminar en condiciones asépticas se colocó la varilla de vidrio dentro de la caja de Petri, y encima de la varilla se colocó el portaobjetos, se adicionó glicerol al 10% procurando que no toque el portaobjetos. Posteriormente se colocó el disco de PDA al centro del portaobjetos. En un extremo de este disco se colocó el disco de papel filtro, mientras que en el extremo opuesto se colocaron hifas de Fol 3. Sobre el disco de papel se aplicaron 10 µL del tratamiento.

Se observó el crecimiento del hongo cada 12 h. A las 36 h se observó al microscopio para determinar si había inhibición del crecimiento o algún daño o modificación en las estructuras del hongo ocasionado por los tratamientos.

Para la evaluación, los efectos se agruparon en cuatro categorías: Sin inhibición (hifas sin modificaciones), inhibición no evidente (modificaciones sólo perceptibles con microscopio), inhibición evidente (macroscópicamente) e inhibición total (las hifas no crecerían o casi no crecerían desde su punto de colocación).

Prueba de toxicidad del solvente. Para determinar el efecto tóxico del solvente se preparó agar de papa y dextrosa (PDA) conforme a las instrucciones del fabricante. Antes de solidificarse, el medio fue mezclado con el solvente a probar, para obtener concentraciones finales de propanona 25%, 15% y 5%; y dimetilsulfóxido 25%, 15% y 5%. El medio de cultivo se utilizó como testigo. Al centro de cajas Petri con medio solidificado se adicionaron discos de medio de cultivo de 0.2 cm de diámetro con micelio de Fol 3, con 3 repeticiones por tratamiento. Se incubaron a 27 °C durante 4 días con evaluaciones cada 24 h.

A los datos obtenidos se les aplicaron las pruebas de homogeneidad de varianzas conforme a la prueba de Levene y de normalidad de Shaphiro-Wilks, para posteriormente ejecutar el análisis de varianza de una vía y finalmente la comparación de medias de Tukey (P≤0.05) mediante el programa informático InfoStat y corroborando mediante las herramientas de Microsoft Office Excel.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvieron 254.3 g de materia seca del total de 80 plantas cultivadas de la hierba de tomento. Los rendimientos de los extractos con los distintos solventes empleados fueron: 1.6 con hexano, 7.6 con cloruro de metileno, 9.6 con propanona y 30.1 mg/g de materia seca con metanol.

Prueba antifúngica de los extractos mediante difusión en agar. Ningún extracto utilizado en esta prueba mostró actividad sobre Fol 3, como muestra el Cuadro 1.

Es posible que, a diferencia de lo reportado por Aderogba *et al.* (2014), ninguno de los extractos presentara

Cuadro 1. Actividad antifúngica de los extractos obtenidos de la hierba de tomento con metanol, cloruro de metileno, hexano, propanona y la mezcla de todos ellos contra *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* raza 3.

Extracto	Inhibición en la prueba de difusión en agar (mm)	Germinación de microconidios (%)	Categoría en la prueba de Riddell
Metanol	0.00	99.25 a*	Sin inhibición
Cloruro de metileno	0.00	94.75 a	Sin inhibición
Hexano	0.00	96.50 a	-
Propanona	0.00	96.50 a	-
Mezcla de extractos	0.00	99.00 a	-
Testigo negativo (agua o propanona)	0.00	99.75 a	Sin inhibición
Testigo positivo (Captán)	1.67	3.25 b	Inhibición total

*Los valores medios con la misma letra son estadísticamente iguales para la prueba de Tukey (α=0.05). Los resultados de la prueba de Riddell fueron iguales por tratamiento para las tres repeticiones empleadas.

actividad contra Fol 3 debido a diferentes condiciones ambientales de crecimiento de las plantas, a la variación genética de las mismas, de la cepa de hongo utilizada o a algún fallo en la metodología de origen.

En cuanto a los cambios en las propiedades de las plantas de acuerdo a diferencias geográficas de crecimiento, son diversos los reportes, como lo muestran los estudios de Nguyen et al. (2019) en *Nigella sativa*; Mostafavi, Asadi-Gharneh, y Miransari (2019) en albahaca (*Ocimum basilicum*); y Pham et al. (2018) en *Gymnema sylvestre*.

Otro posible factor explicativo es el mencionado por Harborne (1984) que al evaporarse un extracto obtenido con etanol, los lípidos y la clorofila permanecen a un lado del matraz, pudiéndose recuperar el concentrado acuoso separado. En el presente estudio se redisolviaron y mezclaron los concentrados, mientras que en el de Aderogba et al. (2014) no se menciona si estas fracciones fueron separadas.

Prueba de germinación de microconidios. El Cuadro 1 presenta los resultados de la prueba de germinación. En la prueba para determinar el efecto sobre la germinación de microconidios no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre todos los tratamientos, a excepción del fungicida Captán, el cual inhibió casi por completo la germinación de los microconidios. Los resultados mostraron nula actividad de los extractos sobre la germinación de microconidios de Fol 3. La germinación de Fol 3 obtenida en el presente estudio para los extractos y el testigo negativo es muy similar a la reportada por Steinkellner et al. (2008) quienes encontraron valores cercanos al 90% para una cepa Fol en caldo Czapek-Dox.

Los resultados indican que el tipo de inóculo no es la causa de la discrepancia observada en pruebas anteriores del presente estudio respecto a lo reportado por Aderogba et al. (2014). Es posible que esta discrepancia sea debida a diferentes condiciones ambientales, a la variación genética de las especies empleadas, o a algún fallo en la metodología de origen, como se comentó en el apartado anterior.

Respecto al uso de cepas diferentes del hongo, Steinkellner et al. (2008) encontraron diferencias en los porcentajes de germinación ante la presencia de exudados de la raíz de jitomate

(*Solanum lycopersicum*) entre las formas especiales *F. oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici*, Fol y *F. oxysporum*. Sin embargo, los resultados para dos cepas de *F. oxysporum* fueron similares.

En relación a los factores ambientales, también existe evidencia de que estas diferencias de cultivo pueden modificar los porcentajes de germinación. Singh et al. (2010), reportaron diferencias en la actividad de los exudados de la raíz de jitomate ante la micorrización de la planta con *Rhizophagus fasciculatus*.

Prueba de Riddell. Los resultados se resumen en el Cuadro 1. Como se puede observar, la técnica de Riddell muestra que ninguno de los extractos tiene actividad antifúngica contra Fol 3. Las diferencias genéticas del hongo o la planta (en el estudio de referencia no se especifica cepa, forma especial o raza de *F. oxysporum*) pudieran ayudar a explicar la discrepancia entre estos resultados y los obtenidos por Aderogba et al. (2014). De acuerdo con Aderogba et al. (2014), la concentración de propanona al 25% no es tóxica para *F. oxysporum*; sin embargo, en esta investigación se reporta la toxicidad del compuesto incluso a menor concentración. Es posible que en ese estudio la actividad antifúngica observada haya sido debida a la toxicidad de la propanona.

Prueba de toxicidad del solvente. Los resultados de esta prueba (Figura 1) mostraron que la propanona presenta fungistasis contra *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* raza

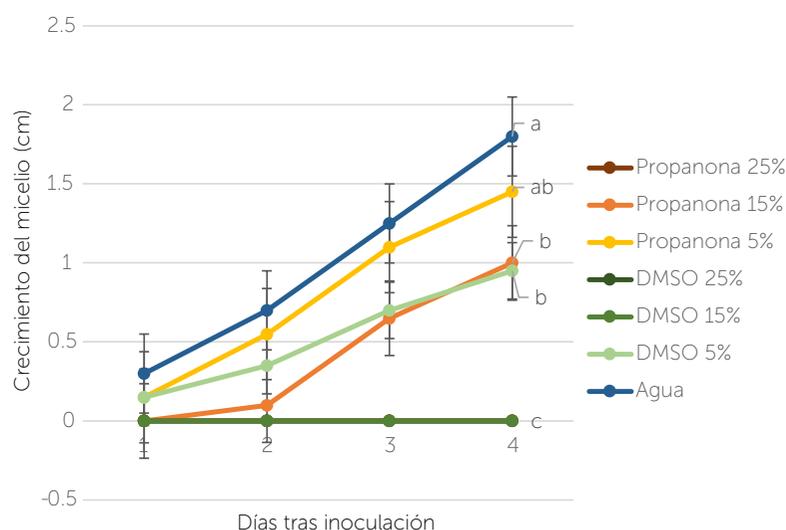


Figura 1. Crecimiento del micelio de Fol 3 en agar de papa y dextrosa con diferentes concentraciones de propanona y dimetilsulfóxido (DMSO). Letras diferentes representan diferencias estadísticamente significativas conforme a la prueba de comparación de medias de Tukey. Las líneas de DMSO a 25% y 15%, y propanona a 25% se encuentran superpuestas en los 0 cm.

3 a partir de una concentración de 15 % si se disuelve en el medio de cultivo. Esto contrasta con lo reportado por Aderogba *et al.* (2014), quienes mencionan que una concentración de 25 % no es tóxica para el hongo. Dicha afirmación es una generalización apresurada de un estudio realizado con sólo cinco especies de hongos patógenos de animales (Eloff *et al.*, 2007).

CONCLUSIONES

Ningún extracto obtenido de la hierba de tomento presentó actividad antifúngica en contra *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* raza 3. Se recomienda obtener plantas crecidas bajo condiciones silvestres, así como probar dichos extractos en cepas de distintas razas de *F. oxysporum*.

La propanona mostró toxicidad a concentraciones de 15% y 25% contra Fol 3.

Con base en los resultados obtenidos en el presente estudio, se concluye que no es recomendable utilizar extractos de *P. luteoalbum* del Valle de México para controlar a *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* raza 3.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el financiamiento del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

LITERATURA CITADA

- Aderogba, M. A., McGaw, L. J., Bagla, V. P., Eloff, J. N., & Abegaz, B. M. (2014). *In vitro* antifungal activity of the acetone extract and two isolated compounds from the weed, *Pseudognaphalium luteoalbum*. *South African Journal of Botany*, 94, 74-78. doi: 10.1016/j.sajb.2014.06.003
- Bauer, A. W., Kirby, W. M. M., Sherris, J. C., & Turck, M. (1966). Antibiotic Susceptibility Testing by a Standardized Single Disk Method. *American Journal of Clinical Pathology*, 45(4), 493-496. doi: 10.1093/ajcp/45.4_ts.493
- Calderón, G., & Rzedowski, J. (2005). *Flora fanerogámica del Valle de México* (2a ed.). Michoacán, México: Comisión Nacional para el Estudio de la Biodiversidad e Instituto de Ecología.
- Cuadra, P., Harborne, J. B., & Waterman, P. G. (1997). Increases in surface flavonols and photosynthetic pigments in *Gnaphalium luteo-album* in response to UV-B radiation. *Phytochemistry*, 45(7), 1377-1383. doi: 10.1016/S0031-9422(97)00183-0
- Dean, R., Van Kan, J. A., Pretorius, Z. A., Hammond-Kosack, K. E., Di Pietro, A., Spanu, P. D., ... Ellis, J. (2012). The Top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology. *Molecular plant pathology*, 13(4), 414-430. doi: 10.1111/j.1364-3703.2011.00783.x
- Eloff, J. N. (1998). Which extractant should be used for the screening and isolation of antimicrobial components from plants? *Journal of Ethnopharmacology*, 60(1), 1-8. doi: 10.1016/S0378-8741(97)00123-2
- Eloff, J. N., Masoko, P., & Picard, J. (2007). Resistance of animal fungal pathogens to solvents used in bioassays. *South African Journal of Botany*, 73(4), 667-669. doi: 10.1016/j.sajb.2007.06.002
- Fernández-Torres, B., Inza, I., & Guarro, J. (2003). Comparison of *in vitro* antifungal susceptibilities of conidia and hyphae of dermatophytes with thick-wall macroconidia | Antimicrobial Agents and Chemotherapy. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 47(10), 3371-3372. doi: 10.1128/AAC.47.10.3371-3372.2003
- Goli, A. H., Barzegar, M., & Sahari, M. A. (2005). Antioxidant activity and total phenolic compounds of pistachio (*Pistachia vera*) hull extracts. *Food Chemistry*, 92(3), 521-525. doi: 10.1016/j.foodchem.2004.08.020
- Harborne, J. B. (1984). Phenolic Compounds. En J. B. Harborne (Ed.), *Phytochemical Methods: A Guide to Modern Techniques of Plant Analysis* (pp. 37-99). London, UK: Springer. doi: 10.1007/978-94-009-5570-7_2
- Mostafavi, S., Asadi-Gharneh, H. A., & Miransari, M. (2019). The phytochemical variability of fatty acids in basil seeds (*Ocimum basilicum* L.) affected by genotype and geographical differences. *Food Chemistry*, 276, 700-706. doi.org: 10.1016/j.foodchem.2018.10.027
- Nguyen, T., Talbi, H., Hilali, A., Anthonissen, R., Maes, A., & Verschaeve, L. (2019). *In vitro* toxicity, genotoxicity and antigenotoxicity of *Nigella sativa* extracts from different geographic locations. *South African Journal of Botany*. doi: 10.1016/j.sajb.2019.02.015
- Pham, H. T. T., Hoang, M. C., Ha, T. K. Q., Dang, L. H., Tran, V. O., Nguyen, T. B. T., Oh, W. K. (2018). Discrimination of different geographic varieties of *Gymnema sylvestre*, an anti-sweet plant used for the treatment of type 2 diabetes. *Phytochemistry*, 150, 12-22. doi.org: 10.1016/j.phytochem.2018.02.013
- Riddell, R. W. (1950). Permanent Stained Mycological Preparations Obtained by Slide Culture. *Mycologia*, 42(2), 265-270. doi: 10.2307/3755439
- Roby, M. H. H., Sarhan, M. A., Selim, K. A.-H., & Khalel, K. I. (2013). Evaluation of antioxidant activity, total phenols and phenolic compounds in thyme (*Thymus vulgaris* L.), sage (*Salvia officinalis* L.), and marjoram (*Origanum majorana* L.) extracts. *Industrial Crops and Products*, 43, 827-831. doi: 10.1016/j.indcrop.2012.08.029
- Saleh, N. A. M., Mansour, R. M. A., El-Kareemy, Z. A. R., & Fayed, A. A. (1988). The chemosystematics of local members of the subtribe gnaphaliinae (Compositae). *Biochemical Systematics and Ecology*, 16(7), 615-617. doi: 10.1016/0305-1978(88)90072-5
- Singh, P. K., Mishra, M., & Vyas, D. (2010). Effect of root exudates of mycorrhizal tomato plants on microconidia germination of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 43(15), 1495-1503. doi: 10.1080/03235400802583511
- Snyder, L. R. (1974). Classification of the solvent properties of common liquids. *Journal of Chromatography A*, 92(2), 223-230. doi: 10.1016/S0021-9673(00)85732-5
- Steinkellner, S., Mhammerler, R., & Vierheilig, H. (2005). Microconidia germination of the tomato pathogen *Fusarium oxysporum* in the presence of root exudates. *Journal of Plant Interactions*, 1(1), 23-30. doi: 10.1080/17429140500134334
- Steinkellner, S., & Mhammerler, R. (2007). Effect of flavonoids on the development of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. *Journal of Plant Interactions*, 2(1), 17-23. doi: 10.1080/17429140701409352
- Steinkellner, S., Mhammerler, R., & Vierheilig, H. (2008). Germination of *Fusarium oxysporum* in root exudates from tomato plants challenged with different *Fusarium oxysporum* strains. *European Journal of Plant Pathology*, 122(3), 395-401. doi: 10.1007/s10658-008-9306-1

Participatory characterization and diagnosis for community territorial planning with an agroforestry approach in Xaltepuxtla, Puebla, Mexico

Caracterización y diagnóstico participativo para el ordenamiento territorial comunitario con enfoque agroforestal en Xaltepuxtla, Puebla, México

Valencia-Trejo Guadalupe M.¹, Álvarez-Sánchez María E.^{1*}, Gómez-Díaz Jesús D.¹, Cetina-Alcalá Víctor M.²

¹Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco km 38.5, Chapingo, Texcoco, Estado de México, México. C. P. 56230. ²Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. C. P. 56230.

*Autor para correspondencia: edna_alvarez30@yahoo.com.mx

ABSTRACT

Objective: To identify the main socio-environmental, strategic planning of projects that trigger change in a participatory technique with the owners of the properties under study in Xaltepuxtla, Puebla, Mexico.

Design/methodology/approach: It was carried out based on field trips, semi-structured interviews and participatory workshops that considered the history of the community, maps of the land, natural resources available; problematic and possible solutions, as well as an analysis of Strengths, Opportunities, Weaknesses and Threats (SWOT).

Results: The main socio-environmental problems were identified, the vision of the producers (owners and metayagers), as well as the possible agroforestry projects that triggered change as an alternative to traditional ornamental production systems that have ceased to be profitable. The restoration with endemic species of the Mountain Mesophilic Forest was also considered in the proposals.

Limitations/implications: Participatory characterization and diagnosis is the first phase for the Community Territorial Planning of farms in the community of Xaltepuxtla, Puebla. A participatory methodology for the conversion of production systems at farm level is described step by step.

Findings/conclusions: Participatory mapping and SWOT analysis as diagnostic tools were decisive for the identification, registration and analysis of information at the farm level. These, in addition, considered the biophysical and management variations to propose relevant detonation projects of change and accepted by the owners and metayagers.

Keywords: Territory, planning, productive-reconversion and project-detonators.

RESUMEN

Objetivo: Analizar la problemática socio-ambiental y planeación estratégica de proyectos detonadores de cambio empleando la técnica de desarrollo participativo con los propietarios de los predios en estudio en Xaltepuxtla, Puebla, México.

Agroproductividad: Vol. 13, Núm. 5, mayo, 2020. pp: 17-25.

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



Diseño/metodología/aproximación: Los datos fueron recabados a partir de recorridos de campo, entrevistas semiestructuradas y talleres participativos que consideraron la historia de la comunidad, mapas de los predios, recursos naturales disponibles; problemáticas y posibles soluciones, así como un análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA).

Resultados: Se identificaron las principales problemáticas socioambientales, y la planeación estratégica de los productores (propietarios y medieros), así como los posibles proyectos agroforestales detonadores de cambio como alternativa a los sistemas tradicionales de producción de ornamentales que han dejado de ser rentables. La restauración con especies endémicas del bosque mesófilo de montaña, también se consideró en las propuestas.

Limitaciones/implicaciones: La caracterización y diagnóstico participativo es la primera fase para el Ordenamiento Territorial Comunitario de fincas de la comunidad de Xaltepuxtla, Puebla. Se describe paso a paso una metodología participativa para la reconversión de sistemas de producción a nivel de finca.

Hallazgos/conclusiones: El mapeo participativo y el análisis FODA como herramientas de diagnóstico fueron determinantes para la identificación, registro y análisis de la información a nivel de finca. Éstas, además, consideraron las variaciones biofísicas y de manejo para proponer proyectos detonadores de cambio pertinentes y aceptados por los propietarios y medieros.

Palabras clave: Territorio, ordenación, reconversión-productiva y proyectos-detonadores.

vechamiento del hongo comestible totolcozcatl (*Entoloma abortivum*) en relictos de bosques mesófilos de montaña, especie sobreexplotada en el socioecosistema. Atendiendo la necesidad manifestada por los productores de generar proyectos de diversificación productiva y sistemas alternativos que sean de su interés y conlleven a un manejo sostenible de los sistemas de producción y de los recursos naturales (Negrete & Bocco, 2003), el presente estudio tuvo como finalidad caracterizar, diagnosticar y proponer formas de utilización del territorio y de sus recursos naturales, bajo el enfoque de uso racional, diversificado y participativo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se encuentra en la comunidad de Xaltepuxtla, municipio de Tlaola, en el estado de Puebla, México, entre las coordenadas 97° 57' 47.5" longitud oeste 20° 11' 38.79 " latitud norte y 97° 57' 47.14" longitud oeste 20° 10' 56.12" latitud norte. Cuenta con 89 ha en un rango altitudinal de 1200-1350 m.s.n.m. El esquema metodológico utilizado es el propuesto en el manual básico de Ordenamiento Territorial Comunitario (CONAFOR, 2007), el cual está conformado por las siguientes fases de trabajo: 1. Caracterización-diagnóstico, 2. Pronóstico y 3. Propositiva (Figura 1). Su aplicación precisa en primera instancia, de talleres participativos, entrevistas semiestructuradas, recorridos de campo y muestreo biofísico. A partir de esta información se identificaron las unidades bioproductivas a nivel predio a intervenir y se elaboró el mapa correspondiente. Con base en la evaluación multicriterio de los componentes natural, productivo, social y económico, se construyeron los escenarios actual, tendencial y

INTRODUCCIÓN

Xaltepuxtla es una comunidad enclavada en la Sierra Norte de Puebla. Parte de su territorio pertenece al área de protección de recursos naturales zona protectora forestal vedada de la cuenca hidrográfica del río Necaxa. La vegetación original es un bosque mesófilo de montaña, sin embargo presenta fuertes problemas ambientales principalmente deforestación y cambio de uso del suelo de acuerdo con la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP, 2013). La principal actividad económica de la población es el cultivo de ornamentales caracterizado por la extracción de plantas con cepellón; con repercusiones negativas pérdida de suelo y deterioro de sus propiedades físicas y químicas; actividad que ha dejado de ser rentable (Ruiz-Moreno, 2016). Desde el año 2012 investigadores de la Universidad Autónoma Chapingo y la CONANP, iniciaron intervenciones de atención psicosocial para reestablecer vínculos entre los actores del socioecosistema conformada por propietarios, medieros, usuarios del bosque, instituciones y los recursos naturales (Álvarez-Sánchez *et al.*, 2018). Esta actividad terapéutica contribuyó a la resolución de conflictos, lo que permitió realizar acciones de reforestación y restauración de especies nativas (López-Alfaro, 2013); además del establecimiento de un sistema silvopastoril para producción ovina (López-Alfaro, 2013; Caamal-Canché, 2016) y un sistema modificado para la producción de guayabo. Entre otras acciones, Mateo-Guzmán (2018) sentó las bases para la restauración y apro-

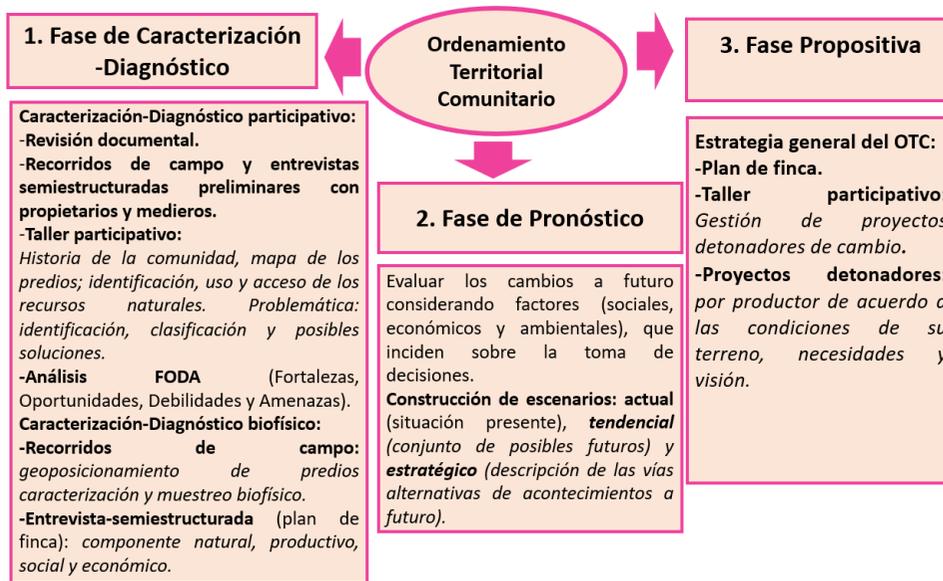


Figura 1. Esquema metodológico del Ordenamiento Territorial Comunitario (OTC) en Xaltepuxtla. Fuente: Elaboración propia a partir de (CONAFOR, 2007).

estratégico. En la fase propositiva se desarrolló el plan de finca que incluyó la preparación y gestión de proyectos ante la institución financiadora.

Previo a los talleres, se realizaron recorridos de campo y entrevistas preliminares con propietarios y medieros interesados en la reconversión productiva y proyectos detonadores de cambio (Figura 2).

Fase 1. Caracterización-diagnóstico participativo del OTC, en esta etapa se identificó el estado de los componentes natural, social y económico (aptitud y conflictos del territorio), los intereses productivos de los propietarios y medieros y las áreas de reconversión productiva. Para ello, se hizo un análisis exhaustivo de la informa-

ción documental existente en la zona y los productos derivados de seis años de trabajo en el área de estudio¹. A partir de esta información se planeó el primer taller participativo, para lo cual se diseñó la guía de trabajo correspondiente (Cuadro 1) conforme al manual de planeación participativa (SEMARNAT-CONANP, 2017).

Se convocó a trece productores propietarios líderes de la comunidad de Xaltepuxtla, de los cuales asistieron seis de los predios: Ocotitla, Xoxocotla, Cupancho, La Hortencia-Calistemo y algunos medieros. Se realizó la presentación del taller (Cuadro 2) y se recapituló la historia de la comunidad enfatizando en los sistemas de producción y sus debilidades. Se expuso el trabajo de investigación realizado en la comunidad durante seis años, así como la necesidad planteada por los productores de diversificar la producción a través del emprendimiento de nuevos proyectos productivos; asimismo, fueron expuestos aspectos básicos del OTC como herramienta para proponer formas de utilización del territorio y de sus recursos naturales para un aprovechamiento racional y ecológico, cuyos proyectos pudieran ser financiados (Cuadro 3).

Con el objeto de analizar la situación actual de los predios, el mapa dibujado por los propietarios y medieros



Figura 2. Recorrido de campo y entrevistas semiestructuradas en Xaltepuxtla.

¹ Proyecto 157302013 Estrategias agroforestales sostenibles para la restauración del bosque mesófilo de montaña, responsable Dra. María Edna Álvarez Sánchez, registrado en la Dirección General de Investigación y Posgrado de la Universidad Autónoma Chapingo.

Cuadro 1. Guía de trabajo del primer taller participativo para organizar el estudio en Xaltepuxtla.

Necesidades de personal: dos coordinadores, un relator, dos colaboradores en apoyo logístico.

1. Identificación de participantes y lista de asistencia (5 min.)
2. Presentación e integración (15 min.)
3. Historia de la comunidad (35 min.)
4. Mapa de tu predio (30 min.)
5. Identificación de recursos naturales (40 min.)
6. Identificación y clasificación de la problemática (20 min.)
7. Ejercicio de elaboración de proyectos (30 min.)
8. Evaluación del taller (5 min.)

Duración: 3 horas.

permitió identificar los componentes en la finca, su distribución y la(s) área(s) que podrían ser destinada(s) a la reconversión productiva y proyectos detonadores (Cuadros 4, 5 y 6).

La última fase del taller consistió en identificar de forma participativa y con ayuda del grupo de técnicos qué proyectos detonadores se pudieran implementar en los predios, considerando los intereses productivos de los participantes y la viabilidad de éstos. Se presentaron veintidós opciones de proyectos (Cuadro 7).

Cuadro 2. Presentación e integración del Taller de Ordenamiento Territorial Comunitario implementado en Xaltepuxtla.

Objetivo: Identificar las principales problemáticas socio-ambientales, visión de los productores, así como los posibles proyectos detonadores de cambio de forma participativa, con los propietarios de los predios en estudio.

Actividad	Desarrollo-Material	Logística	Tiempo (min)
Lista de asistencia	Formato, etiquetas, marcadores para hacer los identificadores.	Un colaborador se encargará del resguardo de la lista de asistentes durante todo el taller y tomar fotografías de evidencia. El equipo técnico apoyará en colocar los identificadores a cada participante.	5
Presentación e integración	Cada uno se presenta y expone su interés de estar en el taller.	Relator: anotará en el rotafolio la información Expositores: coordinadores del taller.	15



Cuadro 3. Estructura del esquema de trabajo para recuperar datos históricos de las comunidades en estudio en Xaltepuxtla.

Objetivo: Recuperar la memoria histórica de la comunidad para entender cómo se han modificado los sistemas de producción en el territorio y sus causas.

Actividad	Desarrollo-Material	Logística	Tiempo (min)
Recapitular la historia de la comunidad	Lap top, proyector, presentaciones en power point, señalador.	Propietario con más antigüedad de participación: presentará la historia de la problemática de producción.	10
		Coordinador del proyecto: recapitulará la historia sobre el trabajo realizado durante seis años de trabajo y la problemática en la zona.	10
		Participación de propietarios ¿De la última visita a la fecha que han hecho los propietarios en sus predios?	10
		Asesor del proyecto Presentación: El Ordenamiento Territorial, concepto y utilidad.	5

Cuadro 4. Estructura de las actividades para elaborar el mapa del predio de las comunidades en estudio en Xaltepuxtla.

Objetivo: Elaborar el mapa del predio de cada productor para identificar las parcelas más adecuadas a intervenir con tecnologías agroforestales y los problemas que podrían interferir en el logro del proyecto.

Actividad 1	Desarrollo-Material	Logística	Tiempo (min)
Dibuja el mapa de tu predio	¿Cómo es su predio?, ¿Cómo lo tiene dividido?, ¿Qué produce en cada parcela?, ¿Qué problemas tiene?, ¿Qué áreas le interesa modificar?	Cada propietario tendrá un papel bond, identificado con su nombre. Marcadores, crayolas, hará el mapa de sus parcelas e indicará puntos de referencia (cruces de caminos, iglesia, centro de salud, vecinos, etc.)	30

Cuadro 5. Identificación de los recursos naturales en los predios.

Actividad 2	Desarrollo-Material	Logística	Tiempo (min)
Identificación de recursos naturales en tu predio ¡El valor de mi tierra!	Suelo: ¿Se ha perdido el suelo en su parcela? ¿Qué pendiente tiene (plano, lomerío, escarpado)? ¿Sus cultivos producen bien en cada sitio? ¿Dónde ya no produce? ¿Hay deslaves? Vegetación: ¿Qué vegetación nativa tiene en su predio? ¿Qué utilidad le das? Fauna: ¿Qué especies ha visto en su terreno? ¿Qué había antes? ¿Cuáles se han convertido en plaga?	En base al mapa elaborado por el participante, numerar sus parcelas e identificar los recursos naturales presentes en su predio (flora, fauna, suelo, y agua) que dispone en sus parcelas. Cada participante contará con dos pliegos de papel bond rotulados para esta actividad.	40



Finalmente, los participantes evaluaron el taller, a través de etiquetas con caritas (feliz, enojado, confundido) referente al estado de ánimo que le confirió la actividad (Cuadro 8).

Con la información del taller participativo, recorrido de campo y entrevistas se elaboró la Matriz FODA de la comunidad a partir de la metodología propuesta (Thompson & Strickland, 1998; Talancón, 2007) modificada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al taller asistieron seis propietarios de los predios: Ocotitla, Xoxocotla, Cucpanco, La hortencia-Calistemo y algunos medieros.

Historia de la comunidad y problemática

Xaltepuxtla, Puebla es una comunidad de origen nahua y totonaco, cuya tierra se dedica al cultivo de café, milpa y silvopastoreo. La caída en los precios del café y pos-

teriormente la desaparición del Instituto Mexicano del Café fueron detonadores del cambio de uso del suelo. De acuerdo con Hernández-Neri et al. (2004) la introducción del cultivo de plantas de ornato en Tenango data aproximadamente de 1931, convirtiéndose desde 1945 en la fuente de empleo de la mayoría de los habitantes de la localidad, que domina actualmente en los predios y en la zona en general (GÍZ-CONANP, 2012), a costa de árboles y arbustos endémicos del bosque mesófilo de montaña.

Debilidades del socioecosistema

Existe un bosque mesófilo de montaña fragmentado, degradado, y con una menor riqueza biológica, fuerte saqueo de leña, hongos y plantas del BMM, llevándolo a su extinción, contaminación de los cuerpos de agua, afectación por tuzas y muérdago, existen malas prácticas de manejo (quemadas, sistemas extractivos, venta de plantas con cepellón).

Cuadro 6. Identificación y clasificación de la problemática en los predios.

Actividad 3	Desarrollo-Material	Logística	Tiempo (min)
Identificación y clasificación de la problemática	<p>Condición agrícola: ¿Mi producción es rentable? ¿Qué especies tengo? ¿Dónde obtengo buena producción? ¿En qué parcela la producción no es buena?</p> <p>Condición pecuaria: ¿Tengo animales en mi terreno (bovinos, borregos, cabras, cerdos, pollos, burros, equinos)? ¿Cómo es el manejo de los animales a lo largo del año?</p> <p>Condición forestal: ¿Tengo árboles maderables en mi terreno? ¿Me interesa sembrar y cosechar otras especies forestales? ¿Estas interesado (a) en la producción de productos no maderables (vida silvestre UMA, bromelias, orquídeas, etc.)? ¿Qué tanto estoy dispuesto a hacer para mejorar mi terreno?</p>	Con base en el mapa elaborado, identificar en cada parcela la problemática de flora, fauna, suelo, agua y ambiente.	40



Cuadro 7. Taller identificación de proyectos detonadores en Xaltepuxtla.

Objetivo: En lluvia de ideas, identificar las actividades productivas que más le interesan a los productores y la viabilidad de dichos proyectos.

Actividad	Propuestas generadas	Tiempo (min)
Taller de identificación de proyectos detonadores	<ol style="list-style-type: none"> Vivero de plantas ornamentales o forestales (corto plazo). Plantación forestal de uso múltiple con especies nativas (largo plazo). Apicultura (abejas con aguijón) (corto plazo). Meliponicultura (abejas sin aguijón) (corto). Producción de café orgánico bajo sombra, amigable con las aves (largo plazo). Producción de vainilla (mediano plazo). Producción de hongos comestibles (corto plazo). Producción de frutales: pagua, pera, manzano, arándano, zarzamora, membrillero (mediano plazo). Producción de bambú (mediano plazo). Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos (SAH) (Áreas conservadas, cascada) (mediano plazo). Ecotecnologías y energías alternativas: baños secos, estufas ahorradoras de leña, hornos solares, deshidratadores solares (mediano plazo). Agroturismo sustentable (mediano plazo). Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMAS). Producción de orquídeas, bromelias y magnolias (mediano plazo). Temazate rojo (Mazama americana), Jabalí de collar (Pecari tajacu) (largo plazo). Ecoturismo, senderos interpretativos (mediano plazo). Barreras vivas, cultivos de cobertera: herbáceas y arbustivas de rápido crecimiento (corto plazo). Cercos vivos, (plantas útiles para leña, fruta y otros) (mediano plazo). Producción de plantas medicinales (corto plazo). Producción de artesanías con bambú, blusas tradicionales, etc. (corto plazo). Áreas destinadas a la producción de semillas forestales certificadas por CONAFOR (largo plazo). Producción de la flor de dalia (Dahlia sp.) para producir camotes (mediano plazo). <p>Otros:</p>	30

Nota: corto (menos de un año a un año), mediano (1-2 años), largo (más de 5 años).

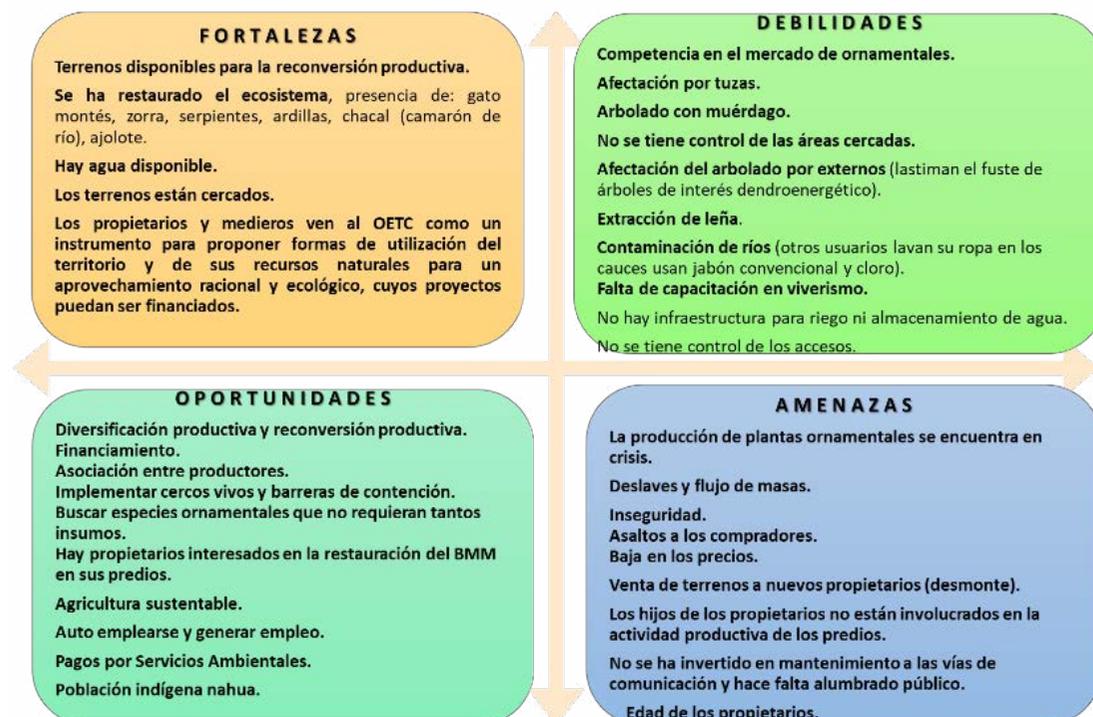
Cuadro 8. Evaluación del taller en Xaltepuxtla.

Actividad	Desarrollo-Material	Logística	Tiempo (min)
Evaluación	<p>Caritas para la evaluación.</p>  <p>Feliz Enojado Confundido</p>	Al cierre del taller se pide a cada participante que comparta con el grupo el estado de ánimo con el que se va, y al menos un aprendizaje que haya adquirido en este taller (apuntarlos en el rotafolio).	5

Problemática de la comunidad

Actualmente el sistema de producción de ornamentales tradicional se encuentra en una fuerte crisis. Las ventas se han desplomado, aunado a la competencia y saturación del mercado, el área se ha visto afectada por problemas de inseguridad principalmente asaltos a los compradores que llegan a las fincas. Esta situación adversa fue el detonante para que los propietarios decidieran iniciar la reordenación de las actividades productivas de sus fincas con base en la vocación potencial del socioecosistema, es decir, optaran por la implementación de nuevos sistemas de producción sostenibles y la ordenación de su finca. El problema de tuzas ha disminuido en las áreas que restauraron pero, continúa siendo una complicación en las áreas tradicionales de cultivo. La comunidad se ha hecho responsable del combate de muérdago a partir del programa de apoyo de la CONANP. El deterioro de la cuenca hidrológica

sigue presente: contaminación puntual en los ríos (usuarios del bosque lavan su ropa en los cauces con jabón convencional y cloro), afectación del fuste de los árboles de interés dendroenergético, fuerte extracción de leña y deslaves en las vías de comunicación, entre otros. Si bien los propietarios han realizado labores de cercado para mayor control de los usuarios del bosque, es de vital importancia implementar estrategias de seguridad y vigilancia dentro de los predios. La evaluación taller mostró que el 75% de los participantes mantuvo un estado de ánimo positivo durante el taller y los identificados como confundidos, en ese momento, no tenían un objetivo claro de otras opciones de producción. Con los resultados de los talleres comunitarios y recorridos de campo se construyó el Análisis FODA (Figura 3). Finalmente, en el Cuadro 9 se presenta la información de las fincas a intervenir en la reordenación de las actividades productivas.

**Figura 3.** Análisis FODA de la comunidad.

Cuadro 9. Fincas intervenidas en la reordenación de las actividades productivas.

Finca	Propietario	Edad (años)	Uso actual	Visión/proyectos detonadores
Xoxocotla	Eleuteria Salas Vázquez	73	Producción de ornamentales con cepellón: arrayán, azálea, cedrela y chima.	Reconversión de 2 hectáreas de chima y azalea para la producción de helecho arborescente (<i>Cyathea salvinii</i>) a través de una UMA y restaurar su finca con especies maderables del BMM.
Xoxocotla	Enrique Salas Eslaba	63	Producción de ornamentales con cepellón: azáleas y chimas.	Enriquecimiento de acahuales en 2 hectáreas. Para su conservación y mejora.
Nanacatl	José Luis Gutiérrez Castelán	64	Producción de ornamentales con cepellón: azáleas y chimas. Producción de hongo seta.	Producir hongo totalcozcatl (<i>Entoloma abortivum</i>) en las áreas restauradas.
	Mediero: Luis Ángel Castillo Luna	20		Mejorar y ampliar módulo de hongo seta (<i>Pleurotus ostreatus</i>).
Cucpanco	José Luis Gutiérrez Castelán	64	Producción de ornamentales con cepellón: azáleas y chimas. Producción de miel de melipona.	Proyecto establecimiento de UMA orquídeas y bromelias.
	Mediero: Juan Castillo Gutiérrez	46		Ampliar colmenares de meliponas (<i>Scaptotrigona mexicana</i>).
Cucpanco	Froilán Salas Vázquez	56	Produce topiarios de arrayán.	Le interesa desarrollar un proyecto piscícola en su finca con tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>).
La Hortencia-Calistemo	Constantino Salas Vázquez	75	Producción de ornamentales con cepellón: gardenias.	Enriquecimiento de acahuales. Reforestar con especies nativas del BMM.

CONCLUSIONES

La etapa de caracterización y diagnóstico para el OTC permitió identificar el estado de los componentes natural, social y económico, los intereses productivos de los propietarios y medieros y las áreas de reconversión productiva. Esta etapa es de vital importancia para seguir con las fases de pronóstico y propositiva del OTC. El mapeo participativo y el análisis FODA como herramientas de diagnóstico fueron determinantes para la identificación, registro y análisis de la información a nivel de finca. Éstas, además, consideraron las variaciones biofísicas y de manejo para proponer proyectos detonadores de cambio pertinentes y aceptados por los propietarios y medieros. El primer taller participativo es clave para la integración del equipo de trabajo entre productores, medieros e investigadores. Además de ser atractivo y novedoso para los productores, genera lazos de amistad, cordialidad y apoyo, con el objeto de mejorar sus sistemas de producción.

LITERATURA CITADA

- Álvarez-Sánchez, M. E., López-Alfaro, R. L., & Torres-Carral, G. A. (2018). Participación en un Socioecosistema Complejo de la Sierra Norte de Puebla, México, con resoluciones sistémicas comunitarias. *Tla-Melau*, 12(44), 142-163.
- Caamal-Canché, H. (2016). Establecimiento y Productividad de un Sistema de Producción Tradicional Modificado a Silvopastoril para Producción Ovina en Xaltepuztla, Puebla. Tesis de Maestría. Departamento de Suelos, Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, México.
- CONAFOR. (2007). Ordenamiento Territorial Comunitario (OTC) Manual básico (1a ed.; CONAFOR-SEMARNAT, Ed.). Jalisco, México: IMPRE-JAL.
- CONANP. (2013). Estudio Previo Justificativo para la modificación de la Declaratoria del Área de Protección de Recursos Naturales "Zona Protectora Forestal Vedada Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa" ubicada en los estados de Hidalgo y Puebla. CONANP, 121 p.
- GIZ-CONANP. (2012). Análisis de los Resultados de la Aplicación de Herramientas de Metodología Participativa para el Análisis de Vulnerabilidad de Estrategias de Vida (AVEV) al Cambio Climático Comunidad de Xaltepec, Huauchinango, Puebla Área de Protección de Recursos Naturales. México, D.F.
- Hernández-Neri, M.; Zapata-Martelo, E.; Alberti-Manzanares, P. & Vázquez-García, V. (2004). Microempresas de plantas en Tenango de las Flores, Puebla, propuestas de análisis con perspectiva de género. *Comunicaciones En Socioeconomía, Estadística e Informática*, 8(1), 57-82.
- López-Alfaro, R. L. (2013). Modelo de intervención metodológico para implementar estrategias agroforestales en el bosque mesófilo de montaña Xaltepuztla, Puebla. Tesis de maestría. Departamento de Suelos, Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, México.
- Mateo-Guzmán, N. (2018). Contribución a la Conservación de "Totalcozcatl" (*Entoloma arbotitum* (Berk & Curtis) Donk, Fungi, Basidiomycotina) en Remanentes de Bosque de Niebla. Tesis de maestría. Departamento de Suelos, Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, México.
- Negrete, G., & Bocco, G. (2003). El Ordenamiento Ecológico Comunitario: una Alternativa de Planeación Participativa en el

- Contexto de la Política Ambiental de México. *Gaceta Ecológica*, (68), 9–22.
- Ruiz-Moreno, S. (2016). *Calidad del Suelo en Sistemas de Producción Tradicionales y con Tecnologías Agroforestales en Xaltepuztla, Puebla*. Tesis de maestría. Departamento de Suelos, Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, México.
- SEMARNAT-CONANP. (2017). *Manual de Planeación Participativa con Enfoque de Equidad en comunidades de Áreas Naturales Protegidas* (Dirección; E. L. & L. B. Torres Robles, Ed.). México.
- Talancón, H. P. (2007). La Matriz FODA: Alternativa de Diagnóstico y Determinación de Estrategias de Intervención en Diversas Organizaciones. *Enseñanza E Investigación en Psicología*, 12(1), 113-130.
- Thompson, A. A., & Strickland, A. J. (1998). *Dirección y administración estratégicas: conceptos, casos y lecturas* (McGraw-Hill, Ed.).



Economic analysis of the orange market (*Citrus × sinensis* Osbeck) in fresh in Mexico, period 1980-2018

Análisis económico del mercado de la naranja (*Citrus × sinensis* Osbeck) en fresco en México, periodo 1980-2018

Bautista-Mayorga, Fidel^{1*}; García-Salazar, José A.¹; Reyes-Santiago, Ester¹

Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. C. P. 56230.

*Autor para correspondencia: bautista.fidel@colpos.mx

ABSTRACT

Objective: To identify the main factors affecting the behavior of production and demand for fresh orange (*Citrus sinensis*) in Mexico, and quantify the effects between different levels of real prices.

Methodology: A model of simultaneous equations was estimated, consisting of an equation of supply, one of demand, three of price transmission and an identity of foreign trade balance, considering annual data from 1980 to 2018.

Results: Orange production and demand in Mexico respond inelastically to their respective prices. With regard to price transmission, the international real price does not significantly affect the average rural price or the average real consumer price (0.2% and 0.4%, respectively); on the contrary, the real wholesale price does affect them (3.8% and 9.7%, respectively).

Limitations: Only some results are contrasted, because literature on the orange market in Mexico is scarce.

Conclusion: The factors that most affected the supply of orange in Mexico are the temperature and the real minimum wage; and the quantity demanded of orange with a year of lag and the real average price of the consumer of melon, are those that affect the demand to a greater extent.

It is recommended that policies consider the real wholesale price, because it significantly affects two main agents in the orange market (consumers and producers) through their respective prices.

Keywords: orange, production, demand, real prices, simultaneous equations.

RESUMEN

Objetivo: Identificar los principales factores que determinan el comportamiento de la producción y demanda de naranja (*Citrus sinensis*) en fresco en México, y cuantificar los efectos entre los diferentes niveles precios reales.

Metodología: Se estimó un modelo de ecuaciones simultáneas, conformado por una ecuación de oferta, una de demanda, tres de transmisión de precios y una identidad de saldo de comercio exterior, considerando datos anuales de 1980 a 2018.

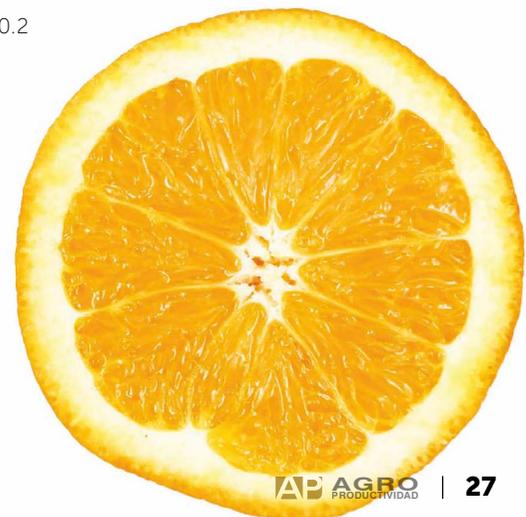
Resultados: La producción y demanda de naranja en México responden de manera inelástica a sus respectivos precios. Respecto a la transmisión de precios, el precio real internacional no afecta de manera importante al precio medio rural ni al precio promedio real al consumidor (0.2 % y 0.4 %, respectivamente); contrariamente, el precio real al mayoreo sí los afecta (3.8 % y 9.7 %, respectivamente).

Limitaciones: Solamente se contrastan algunos resultados, debido a que literatura sobre el mercado de la naranja en México es escasa.

Conclusión: Los factores que más afectaron a la oferta de naranja en México son la temperatura y el salario mínimo real; y la cantidad demanda de naranja con un año de rezago y el precio promedio real del consumidor de melón, son los que afectan a la demanda en mayor medida.

Agroproductividad: Vol. 13, Núm. 5, mayo. 2020. pp: 27-33.

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



Se recomienda que las políticas consideren al precio real al mayoreo, porque afecta de manera importante a dos agentes principales en el mercado de la naranja (consumidores y productores) a través de sus respectivos precios.

Palabras clave: naranja, producción, demanda, precios reales, ecuaciones simultáneas.

INTRODUCCIÓN

La naranja en México es considerada la fruta de mayor importancia de acuerdo a la superficie sembrada, producción y consumo (Franco y Castillo, 2015). Datos recientes señalan que en 2018 la superficie establecida con cítricos en México fue de aproximadamente 582.4 mil hectáreas, de las cuales la naranja abarcó el 58 %, los limones el 35 %, las mandarinas el 4 % y las toronjas el 3 %. De manera similar, la producción total de los principales cítricos en México fue de 8 millones de toneladas, de los cuáles la naranja tiene una participación del 59 %, los limones el 31 %, la mandarina el 4 % y la toronja el 6 % (SIAP, 2017).

En el periodo 2010-2018, la superficie sembrada de naranja en México creció a un ritmo promedio anual de 0.01 %, por ende, la producción del cítrico aumentó en 2.0 %, el rendimiento aumentó en 2.0 % y el precio medio rural de la naranja aumentó en términos reales en 1.2 %. La demanda de naranja fresca en México disminuyó en 2.5 % y el precio promedio real al consumidor de naranja en México aumentó en 4.5 % (promedio anual) (SIAP, 2017).

En el largo plazo se prevé una disminución de los precios agrícolas, debido al avance tecnológico que reduce los costos y hace aumentar la oferta a un ritmo más acelerado que la demanda (movido por el crecimiento demográfico y por el ingreso). Variaciones en la oferta y la demanda repercuten en el precio de los productos, y los efectos de dichas variaciones son más pronunciados debido a las características de los productos agrícolas, tales como la escasa elasticidad de la demanda y de la oferta y el carácter perenne de la producción (FAO, 2004).

Tomando en consideración la importancia económica de la producción de naranja en México, la presente investigación se plantea dos objetivos: primero deter-

minar y analizar de manera econométrica algunos factores que afectan al mercado de la naranja; segundo, cuantificar y analizar los efectos de los distintos precios reales del mercado de la naranja en México, todo esto con la finalidad de poder ofrecer recomendaciones de política económica, que ayude a los agentes económicos participantes en este mercado a tomar mejores decisiones.

MATERIALES Y MÉTODOS

Datos

La serie de datos sobre producción, precio medio rural se obtuvo del SIAP (2017) y la cantidad demandada de naranja en México se obtuvo del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 2019). Los datos acerca del salario mínimo promedio se obtuvo de la Comisión Nacional de Salarios Mínimos (CONASAMI, 2016). La serie de precios del fertilizante se obtuvieron del SNIIM (2019a) y FAOSTAT (2019a). El precio internacional de la naranja se obtuvo de la FAOSTAT (2019b). El ingreso per cápita se obtuvo de INEGI (2019a) y CONAPO (2019). La serie del tipo de cambio promedio anual se obtuvo del Banco de México (BANXICO, 2019). La serie de precipitación pluvial promedio anual provino de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, 2019). La serie de datos sobre la temperatura promedio anual se obtuvo del Servicio Meteorológico Nacional (SMN, 2019). Los precios al consumidor de la naranja, toronja, melón, papaya y plátano se obtuvieron de la Procuraduría Federal del Consumidor (Orozco, comunicación personal, 2019) y de González (2012). Los precios al mayoreo de la naranja se obtuvieron del Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados (SNIIM, 2019b). El Índice Nacional de Precios al Productor (INPP) e Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC) se obtuvieron del INEGI (2019b). La serie de la variable de clasificación D, considera una economía abierta ($D=1$, periodo 1995-2018) y una economía cerrada ($D=0$, periodo 1980-1994).

Representación matemática del modelo

Para alcanzar el objetivo de la investigación se realizó la estimación de un modelo de ecuaciones simultáneas del mercado de la naranja en México, conformado por una ecuación de oferta (producción), una ecuación de demanda, tres ecuaciones de transmisión de precios y una identidad de saldo de comercio exterior de la naranja. En su representación matemática el modelo es el siguiente:

$$QPN_t = \beta_{10} + \beta_{11}PMRNR_{t-4} + \beta_{12}PMRMR_{t-1} + \beta_{13}SMR_t + \beta_{14}PFER_{t-1} + \beta_{15}PP_{t-1} + \beta_{16}TEMP_{t-1} + \beta_{17}QPN_{t-1} + \varepsilon_1 \quad (1)$$

$$QDN_t = \alpha_{20} + \alpha_{21}PCNR_t + \alpha_{22}PCTR_t + \alpha_{23}PCMR_t + \alpha_{24}PCPPAYR_t + \alpha_{25}PCPR_t + \alpha_{26}INGPR_t + \alpha_{27}QDN_{t-1} + \varepsilon_2 \quad (2)$$

$$PMRNR_t = \beta_{30} + \beta_{31}PMNR_t + \beta_{32}PMRNR_{t-1} + \varepsilon_3 \quad (3)$$

$$PMNR_t = \theta_{40} + \theta_{41}PINR_t + \theta_{42}PMNR_{t-1} + \theta_{43}D_t + \varepsilon_4 \quad (4)$$

$$PCNR_t = \alpha_{50} + \alpha_{51}PMNR_t + \alpha_{52}PCNR_{t-1} + \varepsilon_5 \quad (5)$$

$$SCEN_t = QPN_t - QDN_t \quad (6)$$

Donde: QPN_t es la cantidad producida de naranja, en el año t , en toneladas; $PMRNR_{t-4}$ es el precio medio rural real de la naranja, en el año $t-4$, en ($\$/t$); $PMRMR_{t-1}$ es el precio medio rural real del maíz, en el año $t-1$, en ($\$/t$); SMR_t es el salario mínimo real general, en el año t , en ($\$/día$); $PFER_{t-1}$ es el precio promedio real de los fertilizantes (urea, nitrato de amonio, sulfato de amonio, superfosfato de calcio simple), en año $t-1$, en ($\$/t$); PP_{t-1} es la precipitación media anual, en el año $t-1$, en mm; $TEMP_{t-1}$ es la temperatura media anual, en el año $t-1$, en $^{\circ}C$; QPN_{t-1} es la cantidad producida de naranja, en el año $t-1$, en toneladas; QDN_t es la cantidad demanda de naranja, en el año t , en toneladas; $PCNR_t$ es el precio promedio real al consumidor de naranja, en el año t , en ($\$/t$); $PCMR_t$ es el precio promedio real al consumidor de toronja, en el año t , en ($\$/t$); $PCPPAYR_t$ es el precio promedio real al consumidor de papaya, en el año t , en ($\$/t$); $PCPR_t$ es el precio promedio real al consumidor de plátano, en el año t , en ($\$/t$); $INGPR_t$ es el ingreso real per cápita, en el año t , en miles de pesos; QDN_{t-1} es la cantidad demanda de naranja, en el año $t-1$, en toneladas; $PMRNR_t$ es el precio medio rural real de la naranja, en el año t , en ($\$/t$); $PMNR_t$ es el precio real al mayoreo de la naranja, en el año t , en ($\$/t$); $PMRNR_{t-1}$ es el precio medio rural real de la naranja, en el año $t-1$, en ($\$/t$); $PINR_t$ es el precio real internacional de la naranja, en el año t , en ($\$/t$); $PMNR_{t-1}$ es el precio real al mayoreo de la naranja, en el año $t-1$, en ($\$/t$); $PCNR_{t-1}$ es el precio promedio real al consumidor de naranja, en el año $t-1$, en ($\$/t$); D_t es una variable de clasificación; $D=0$ para representar una economía cerrada (período 1980-1994) y $D=1$ para representar una economía abierta (1995-2018); $SCEN_t$ es el saldo de comercio exterior de la naranja, en el año t , en toneladas, y ε_t son los términos de perturbación estocástica.

Estimación del modelo

La estimación de los parámetros se obtuvo a través del Método de Mínimos Cuadrados Ordinarios en dos Etapas (MC2E) (Gujarati y Porter, 2010), empleando el procedimiento PROC SYSLIN contenido en el paquete computacional Statistical Analysis System (SAS, 2013).

Los coeficientes de los parámetros estimados y el promedio de los valores de las series de tiempo de los últimos tres años (2016-2018), permitieron calcular las elasticidades.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1, se muestran los resultados estadísticos del modelo en su forma estructural. Las cinco regresiones presentan un coeficiente de determinación (R^2) aceptable, estas oscilan entre 0.75 y 0.98. La significancia global de los parámetros estimados se proporciona a través de la prueba F, los cuales resultaron significativos al 1 % de probabilidad en todas las regresiones. Para la significancia individual de los parámetros, se emplea la prueba t de student, y se observa que la mayoría son estadísticamente significativas, pues superan la unidad; algunos coeficientes resultaron con valores bajos, pero se decide dejarlos, debido a que tienen el signo esperado según la teoría económica.

Los coeficientes del estadístico de Durbin-Watson (DW) oscilaron entre 1.8 y 2.3, lo que indica que existe un bajo nivel autocorrelación de primer orden en las regresiones.

En el Cuadro 2, se muestran las elasticidades precio propias y de transmisión de los precios del mercado de la naranja. Las elasticidades propias estimadas para la oferta y la demanda resultaron inelásticas, en la oferta el coeficiente de elasticidad fue de 0.05, lo cual indica que si el precio medio rural real de naranja ($PMRNR_{t-4}$) aumenta en 10 %, la cantidad producida aumentará en 0.5 %, y viceversa. El coeficiente de elasticidad para la demanda fue de -0.10 , esto quiere decir que si se considera un aumento del precio promedio real al consumidor



Cuadro 1. Resultados del modelo en su forma estructural del mercado de la naranja en México, 1980-2018.

Variables Endógenas	Variables Exógenas								R ²	Fc	Prob>F	DW
QPN _t	Intercepto	PMRNR _{t-4}	PMRMR _{t-1}	SMR _t	PFER _{t-1}	PP _{t-1}	TEMP _{t-1}	QPN _{t-1}	0.89	31.2	0.0001	2.2
Coeficientes	-2231952	132.4098	-34.9751	-12379	-27.2617	963.4712	236956.2	0.3898				
Error Estándar	2111733	56.4166	62.34879	3384.461	18.15445	616.2891	107488.1	0.169734				
T	-1.06	2.35	-0.56	-3.66	-1.5	1.56	2.2	2.3				
Prob t	0.2999	0.0265	0.5795	0.0011	0.1448	0.1296	0.0362	0.0296				
QDN _t	Intercepto	PCNR _t	PCTR _t	PCMR _t	PCPPAYR _t	PCPR _t	INGPR _t	QDN _{t-1}	0.89	30.6	0.0001	2.1
Coeficientes	2525199	-19.0117	-12.5523	-45.8791	-10.5579	16.0034	152.3605	0.542051				
Error Estándar	763534.6	16.76362	10.89657	20.00099	24.45663	27.07172	3323.673	0.15442				
T	3.31	-1.13	-1.15	-2.29	-0.43	0.59	0.05	3.51				
Prob t	0.0027	0.2667	0.2594	0.0298	0.6694	0.5593	0.9638	0.0016				
PMRNR _t	Intercepto	PMNR _t	PMRNR _{t-1}						0.75	47.9	0.0001	1.8
Coeficientes	214.6773	0.09188	0.630091									
Error Estándar	265.8538	0.037835	0.10271									
T	0.4253	0.021	0.0001									
Prob t	0.4253	0.021	0.0001									
PMNR _t	Intercepto	PINR _t	PMNR _{t-1}	D _t					0.75	31.7	0.0001	2.3
Coeficientes	1350.412	0.51206	0.753856	-96.8552								
Error Estándar	1735.231	0.120589	0.113795	917.0742								
T	0.78	0.42	6.62	-0.11								
Prob t	0.4423	0.674	0.0001	0.9166								
PCNR _t	Intercepto	PMNR _t	PCNR _{t-1}						0.98	901	0.0001	1.8
Coeficientes	235.7699	1.598049	0.052609									
Error Estándar	323.3538	0.090772	0.044032									
T	0.73	17.61	1.19									
Prob t	0.4712	0.0001	0.241									

Fuente: Elaboración propia con datos de la salida del modelo.

de naranja en 10 %, la cantidad demanda disminuye en 1.0 % y viceversa. Lo anterior, coincide con los resultados de los siguientes autores, quienes encuentran una oferta inelástica: Hernández (1996), citado en Vázquez y Martínez (2015) indica un coeficiente de 0.41; mientras que, Vázquez y Martínez (2015) encontraron un coeficiente de 0.09. Asimismo, se citan los coeficientes de una demanda inelástica, encontrado por los siguientes autores: Martínez y Vargas (2004) -0.22, Williams *et al.* (2008) -0.11, y Vázquez y Martínez (2015) -0.31. Se puede percibir que existe una diferencia en las magnitudes de los coeficientes de elasticidad tanto en la oferta como en la demanda, esto es atribuible principalmente a los

métodos empleados para el cálculo de dichas elasticidades y al tiempo considerado en las distintas investigaciones.

Cuadro 2. Elasticidades precio propias y de transmisión de los precios del mercado de la naranja, 2016-2018.

Variables Exógenas	Variables Endógenas				
	QPN _t	QDN _t	PMRNR _t	PMNR _t	PCNR _t
PMRNR _{t-4}	0.05				
PCNR _t		-0.10			
PMRNR _{t-1}			0.60		
PINR _t			0.02	0.45	0.04
PMNR _t			0.38		0.97
PMNR _{t-1}			0.28	0.73	0.71
PCNR _{t-1}					0.05

Fuente: Elaboración propia con datos de la salida del modelo y valores medios de las series de tiempo.

En referencia a los coeficientes de elasticidades de la transmisión de los precios reales, un cambio del 10 % en el precio real al mayoreo de la naranja, provocará que el precio medio rural real de la naranja aumente en 3.8 % y el precio promedio real al consumidor de naranja aumentará en 9.7 %. Asimismo, un cambio del 10 % en el precio real al mayoreo de la naranja con un año de rezago, impactará en el precio medio rural real, en el precio real al mayoreo en el año actual, y en el precio promedio real al consumidor de naranja aumentando en 2.8 %, 7.3 % y 7.1 %, respectivamente. Considerando que el precio medio rural real de la naranja con un año de rezago crezca en 10 %, ocasionará que el precio medio rural real de la naranja en el año actual aumente en 6 %. En este mismo sentido, si el precio promedio real al consumidor de naranja con un año de rezago aumenta en 10 %, originará que el precio promedio real al consumidor de naranja en el año actual incremente en 0.5 %. Sí se considera un incremento del 10 % en el precio real internacional de naranja, esta medida trae como efecto que el precio medio rural real, el precio real al mayoreo y el precio promedio real al consumidor de la naranja en México aumenten en 0.2 %, 4.5 %, y 0.4 %, respectivamente. En este rubro no fue posible hacer la comparación de resultados, la razón es que no se encontró literatura sobre transmisión de precios en el mercado de la naranja en México.

En el Cuadro 3, se presenta el coeficiente de elasticidades de las variables que se relacionan con la oferta y la demanda de la naranja en México. Los coeficientes de elasticidades de los factores que se relacionan con la oferta (elasticidades cruzadas) son los siguientes: el precio medio rural del maíz real con un año de rezago (-0.03), el salario mínimo real (-0.22), el precio promedio real de los fertilizantes (-0.04), la precipitación media pluvial con un año de rezago (0.16), la temperatura con un año de rezago (1.12) y la cantidad producida de naranja con un año de rezago (0.38). Considerando los coeficientes citados anteriormente y un aumento del 10 % en dichos factores, la oferta experimenta los siguientes cambios: disminuye en 0.3 % cuando el precio medio

rural del maíz real aumenta; disminuye en 2.2 % cuando el salario real aumenta; disminuye en 0.4 % cuando el precio del fertilizante con un año de rezago aumenta; incrementa en 1.6 % cuando la precipitación media pluvial aumenta; incrementa en 11.2 % cuando la temperatura con un año de rezago aumenta y aumenta en 3.8 % cuando la producción de naranja con un año de rezago aumenta, y viceversa.

Con la finalidad de poder comparar algunos resultados y tomando en cuenta que no se encontraron artículos publicados sobre el mercado de la naranja en México, se analizaron diversas tesis. Agámez (1983), señala coeficientes de elasticidad del fertilizante y salario mínimo relacionado con la oferta de naranja en

México de -0.42 (en ambos), los cuales son superiores a los encontrados en el presente estudio, posiblemente debido a los años considerados en ambos estudios; asimismo, se recomienda tomar el coeficiente de elasticidad del fertilizante y del salario mínimo que se relacionan con la oferta de naranja en México que arroja esta investigación, por el método usado (ecuaciones simultáneas) que da mayor robustez a dichos coeficientes de elasticidad.

Los factores que más afectan el comportamiento de la producción de naranja en México es la temperatura promedio anual, la cantidad producida con un año de rezago y el salario mínimo real, mientras que el precio medio rural real del

maíz es el que menos efecto causa sobre la producción de este cítrico.

Los coeficientes de elasticidad de las variables que se relacionan con la demanda de naranja en México se enlistan a continuación: el precio promedio real al consumidor de toronja (-0.08); el precio promedio real al consumidor de melón (-0.37); el precio promedio real al consumidor de papaya (-0.09); el precio promedio real al consumidor de plátano (0.09); el ingreso real per cápita (0.01); la cantidad demanda con un año de rezago (0.58). Al igual que en la oferta, si se considera un aumento del 10 % en los factores que determinan la demanda de la

Cuadro 3. Elasticidades relacionadas con la oferta, demanda y saldo de comercio exterior de la naranja, 2016-2018.

Variables Exógenas	Variables Endógenas	
	QPN _t	QDN _t
PMRMR _{t-1}	-0.03	
SMR _t	-0.22	
PFER _{t-1}	-0.04	
PP _{t-1}	0.16	
TEMP _{t-1}	1.12	
QPN _{t-1}	0.38	
PCTR _t		-0.08
PCMR _t		-0.37
PCPPAYR _t		-0.09
PCPR _t		0.09
INGPR _t		0.01
QDN _{t-1}		0.58

Fuente: Elaboración propia con datos de la salida del modelo y valores medios de las series de tiempo.

naranja y tomando en cuenta sus coeficientes de elasticidades, los efectos en la cantidad demanda de naranja son los siguientes: disminuye en 0.8 % si el precio promedio real al consumidor de toronja aumenta, disminuye en 3.7 % si el precio promedio real al consumidor de melón aumenta, disminuye en 0.9 % si el precio promedio real al consumidor de papaya aumenta, aumenta en 0.9 % si el precio promedio real al consumidor de plátano incrementa, aumenta en 0.1 % si el ingreso real per cápita incrementa, y aumenta en 5.8 % cuando la cantidad demanda con un año de rezago incrementa, y viceversa (Cuadro 3).

Debido a la escasa literatura sobre el mercado de la naranja en México, se comparan sólo algunos resultados con la de otros autores. En referencia a la elasticidad ingreso de la demanda de naranja, Martínez y Vargas (2004) indica una elasticidad de 1.40 para México, Williams *et al.* (2004) de 0.69 para los Estados Unidos, Mori *et al.* (2009) de 1.44 para Japón y López *et al.* (2010) de 0.82 para México, dichas elasticidades son superiores al encontrado, esto podría deberse en mucho a la metodología empleada, a la temporalidad y a los diferentes países considerados en cada estudio. Por otra parte, López *et al.* (2010), encuentra una elasticidad precio cruzada de la demanda de -0.03 entre el precio de la naranja con la de la toronja, la cual es ligeramente inferior a la de esta investigación. Martínez y Vargas (2004), señalan una elasticidad precio cruzada de la demanda de -0.40 entre el precio de la naranja con la del melón, resultado levemente superior al encontrado. García-Mata *et al.* (2013), encuentra una elasticidad precio cruzada de la demanda de 0.13 entre el precio del plátano y el de la naranja, valor ligeramente superior al obtenido.

Con base a la magnitud de los coeficientes de las elasticidades encontradas, se puede observar que los factores que afectan en mayor medida a la demanda de naranja en México son la cantidad demanda de naranja con un año de rezago y el precio promedio real del consumidor de melón y el que menos impacto tiene es el ingreso per cápita real.

La información hallada en el presente trabajo, sirve para recomendar que las políticas consideren en dar mayor importancia al precio real al mayoreo de naranja que al precio real internacional, debido a que tiene mayor sensibilidad en el precio medio rural real y al precio promedio real al consumidor de naranja en México. Esta situación podría atribuirse a dos cuestiones; la primera, la

mayor parte de la producción de naranja en fresco en México se destinada o se vende en las centrales de abasto y la segunda, es que México se considera como país exportador (pequeño) de este cítrico a nivel mundial, por lo que la transacción de exportaciones e importaciones de naranja es poca en comparación con los grandes exportadores.

CONCLUSIONES

Los factores que afectan de manera importante a la producción de naranja en México son la temperatura y el salario mínimo real, mientras que el precio medio rural real del maíz es la que menos efecto tiene sobre la producción, lo cual indica que el maíz es un competidor débil de la naranja por el uso de los recursos.

Los factores que más afecta el comportamiento de la demanda de naranja son la cantidad demanda de naranja con un año de rezago y el precio promedio real del consumidor de melón, lo que indica una fuerte relación de sustitución entre ambos productos por el lado del consumo. El ingreso per cápita real tiene un efecto bajo, lo que sugiere que ante un aumento en el ingreso del consumidor la cantidad consumida aumentara muy poco; el incremento en el ingreso se destinará a la compra de otras frutas exóticas menos comunes que la naranja.

Se recomienda que las políticas consideren en dar mayor importancia al precio real al mayoreo de naranja que al precio real internacional, pues esta variable afecta a los principales agentes del mercado de la naranja en México (consumidores y productores) vía precio promedio al consumidor por parte de la demanda y por el lado de oferta a través del precio medio rural real.

LITERATURA CITADA

- Agámez A. P. E. (1983). El mercado de la naranja en México y sus excedentes exportables. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados, Centro de economía. Chapingo, México.
- BANXICO (Banco de México). (2019). Serie histórica del tipo de cambio. Sistema de información económica. <http://www.banxico.org.mx/SielInternet/consultarDirectorioInternetAction.do?accion=consultarCuadro&idCuadro=CF372&locale=es>
- CONAPO (Consejo Nacional de Población). (2019). Proyecciones de la Población de México y de las Entidades Federativas, 2016-2050. <https://datos.gob.mx/busca/dataset/proyecciones-de-la-poblacion-de-mexico-y-de-las-entidades-federativas-2016-2050>
- CONASAMI (Comisión Nacional de Salarios Mínimos). (2016). Salario mínimo general promedio de los estados unidos mexicanos

- 1964-201. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/105354/Salario_Minimo_General_Promedio_de_los_Estados_Unidos_Mexicanos_1964_-_2016.pdf
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (2004). Situación de los Mercados de los Productos Básicos, 2003-2004. <http://www.fao.org/3/y5117s/y5117s00.htm#Contents>
- FAOSTAT (Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database). (2019a). Archivos fertilizantes. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/RA>
- FAOSTAT (Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database). (2019b). Cultivos y productos de ganadería. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/TP>
- Franco, A., y Castillo, S. (2015). Situación de la Citricultura en el Estado de Nuevo León. Corporación para el Desarrollo Agropecuario de Nuevo León. Monterrey, N.L. México. 82 p. <http://www.camponl.gob.mx/oeidrus/docs/citricultura.pdf>
- García-Mata R., González-Machorro, M. F., García-Sánchez, R. C., Mora-Flores, J. S., González-Estrada, A., y Martínez-Damián, M. Á. (2013). EL mercado del plátano (*Musa paradisiaca*) en México, 1971-2017. *Agrociencia*, 47 (4): 399-410.
- González M. M. F. (2012). Mercado del plátano en México 1971-2010, un modelo econométrico. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo, Montecillo, Estado de México, México.
- Gujarati, D. N. y Porter, D. C. (2010). *Econometría*. Quinta Edición. México, D. F.: McGraw-Hill.
- Hernández H. C. S. (1996). Estimación de la oferta y demanda de naranja en México. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2019a). Banco de Información Económica. <https://www.inegi.org.mx/app/indicadores/?tm=0>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2019b). Precios. <https://www.inegi.org.mx/datos/?t=0210>
- López S. M. A., Valdivia A. R., Hernández O. J., y Romo L. J. L. (2010). Elasticidades y flexibilidades de los productos citrícolas en México. *Revista Mexicana de Economía Agrícola y de los Recursos Naturales*. 3 (2): 97-112.
- Martínez D. M. Á., y Vargas O. J. A. (2004). Un sistema de demanda casi ideal (AIDS) aplicado a once frutas en México (1960-1998). *Revista Fitotecnia Mexicana*. 27 (4): 367-375.
- Mori H. D., Clason, K. Ishibashi, W. D. Gorman, & J. Dyck. (2009). Declining Orange Consumption in Japan: Generational Changes or Something Else? Economic Reseach Report-55836, United States Department of Agriculture, Economic Research Service. February 2009. <https://ageconsearch.umn.edu/record/55836/>
- SAS (Statistical Analysis System Institute). (2013). *SAS/ETS User's Guide*, Version 9.2. SAS. NC, USA.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2019). Precipitación media por entidad federativa. http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D3_AGUA01_09&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce&NOMBREENTIDAD=* &NOMBREANIO=*
- SIAP (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2017). Anuario estadístico de la producción agrícola. http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp
- SMN (Servicio Meteorológico Nacional). (2019). Resúmenes Mensuales de Temperaturas y Lluvia. <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/resumenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvias>
- SNIIM, Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados. (2019a). Mercados Nacionales- Insumos Agrícolas. <http://www.economia-sniim.gob.mx/nuevo/Home.aspx?opcion=Consultas/MercadosNacionales/PreciosDeMercado/Agricolas/ConsultaInsumos.aspx?SubOpcion=9|0>
- SNIIM (Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados). (2019b). Mercados Nacionales Frutas y Hortalizas. <http://www.economia-sniim.gob.mx/Nuevo/Home.aspx?opcion=Consultas/MercadosNacionales/PreciosDeMercado/Agricolas/ConsultaFrutasYHortalizas.aspx?SubOpcion=4|0>
- USDA (United State Department of Agriculture). (2019). Market and trade data. <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/downloads>
- Vázquez A. J. M. P., y Martínez D. M. Á. (2015). Estimación empírica de elasticidades de oferta y demanda. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 6 (5): 955-965.
- Williams G. W., Jr, O. C., & Bessler, D. A. (2004). Florida Orange Grower Returns from Orange Juice Advertising. Texas Agribusiness Market Research Center, Consumer and Product Research Report No. CP-01-04. February 2004. <http://afcirc.tamu.edu/publications/Publication-PDFs/CP%2001%2004%20Orange%20Juice.pdf>
- Williams G. W., Jr, O. C., & Palma, M. A. (2008). Effectiveness of Marketing Promotion Programs: The Case of Texas Citrus. *HortScience*. 43 (2): 385-392.



Charcoal as improvement of an Acrisol cultivated with sugarcane (*Saccharum* spp.)

Carbón vegetal como mejorador de un Acrisol cultivado con caña de azúcar (*Saccharum* spp.)

Hernández-Hernández, Maribel¹; Palma-López, David J.¹; Salgado-García, Sergio¹; Palma-Cancino, David J.^{2*}; Rincón-Ramírez, Joaquín A.¹; Hidalgo-Moreno, Claudia I.³; Cuanalo-de la Cerda, Heriberto^{4†}

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

³Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. C. P. 56230.

⁴Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados del IPN Unidad Mérida, Mérida, Yucatán, México. C. P. 97205.

*Autor para correspondencia: plusdpc@gmail.com

ABSTRACT

Objective: To analyze the effect of the addition of charcoal residues on physical and chemical properties of an Acrisol cultivated with sugarcane (*Saccharum* spp.) in the savannah of Huimanguillo, Tabasco, Mexico.

Design/methodology/approach: Unmarketable waste charcoal were used, from the company "El Cocoite", from Villahermosa, Tabasco, Mexico. An incubation with charcoal mixed with 300 g of soil was performed for different treatments: 0, 1.2g, 1.8g, 2.4g, 3.0g, 3.6 g, 4.2 g and 4.8 g. Two samples were made at 45 and 90 days, in each sample the soil moisture (SM), bulk density (Bd), pH (H₂O), organic carbon (OC), C/N, cation exchange capacity was measured (CEC), exchangeables bases, and exchangeable acidity were evaluating.

Results: The soil was improved in physical properties: by increasing soil moisture and keeping an appropriate Bd. The chemical properties such as CO, pH, CIC, Ca²⁺, Mg²⁺ Na⁺ and K⁺, were improved, and the exchangeable acidity reduced.

Limitations/study implications: Low crop yield in Acrisols used for sugarcane cultivation, limit the sustainability of this high economic impact agricultural activity in the Southeast of Mexico.

Findings/conclusions: This would help improve the availability of plant nutrients in the Ferric Acrisol cultivated with sugarcane.

Keywords: Charcoal residue, coal, biochar, Acrisol, soil degradation.

RESUMEN

Objetivo: Analizar el efecto de la adición de residuos de carbón vegetal sobre las propiedades físicas y químicas de un suelo Acrisol cultivado con caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en la sabana de Huimanguillo, Tabasco, México.

Diseño/metodología/aproximación: Se utilizaron residuos de carbón vegetal no comercializable, proveniente de la empresa "El Cocoite", de Villahermosa, Tabasco, México. Para ello se realizó una incubación con los tratamientos: 0, 1.2 g, 1.8 g, 2.4 g, 3.0g, 3.6 g, 4.2 g y 4.8 g, de carbón mezclado con 300 g de suelo. Se realizaron dos muestreos, a los 45 y 90 días, en cada muestreo se midió la humedad aprovechable (Ha), densidad aparente (Da), pH (H₂O), carbono orgánico (CO), C/N, capacidad intercambiada catiónica (CIC), bases intercambiables y acidez intercambiable.

Resultados: Se mejoraron las propiedades físicas del suelo, aumentando la Ha y conservando una Da apropiada. Las propiedades químicas del suelo como CO, pH, CIC, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ y K⁺ mejoraron y se redujo la acidez intercambiable.

Limitaciones/implicaciones del estudio: Los bajos rendimientos en los Acrisoles utilizados para el cultivo de caña de azúcar, suponen una dificultad para la sustentabilidad de esta actividad agrícola de alta importancia económica en el Sureste de México.

Hallazgos/conclusiones: Esto ayudaría a mejorar la disponibilidad de nutrientes a la planta en el Acrisol férrico cultivado con caña de azúcar.

Palabras claves: Residuo de carbón vegetal, carbón, biochar, Acrisol, degradación de suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se recolectó una muestra de suelo de la capa arable, 0 a 20 cm de profundidad, en el área de cultivo de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) de la sabana de Huimanguillo, Tabasco, México (17° 54' 11" N y 93° 35' 03" O), en la Ranchería "La Esperanza". El suelo es un Acrisol Férrico con textura franco arcillo arenoso (Palma-López *et al.*, 2017).

El residuo de carbón vegetal o biochar utilizado en el experimento proviene de la empresa "El Coccoite". Para el experimento en incubación el suelo se secó al aire y se tamizó por una malla de 2 mm. Posteriormente se pesaron muestras equivalentes de 300 g de suelo seco, a los que se les añadieron las diferentes dosis de residuo de carbón. Las dosis de carbón fueron las siguientes: testigo (sin carbón), 1.20 g, 1.8 g, 2.4 g, 3.0 g, 3.6 g, 4.2 g y 4.8 g estos corresponden a 0 t ha⁻¹, 10 t ha⁻¹, 15 t ha⁻¹, 20 t ha⁻¹, 25 t ha⁻¹, 30 t ha⁻¹, 35 t ha⁻¹ y 40 t ha⁻¹ respectivamente. Se mezclaron para homogenizar cada lote.

Las mezclas se depositaron en vasos de plástico de diferentes colores, con cinco repeticiones. Los niveles de humedad se adecuaron con la adición de agua destilada y se cubrió con papel para film para evitar cualquier contaminación. Las muestras se incubaron en un anaquel metálico cubierto con un plástico negro para evitar al máximo posible la entrada de luz. Se mantuvo a temperatura ambiente un promedio de 25 °C a 30 °C, y la humedad al 80% de la capacidad de campo. Para asegurar el contenido de humedad del suelo, los botes se pesaron diariamente reponiendo el agua perdida y para mantener el contenido de humedad original, los periodos de incubación fueron de 45 y 90 días.

INTRODUCCION

En la sabana de Huimanguillo, Tabasco, México, hace varios años se establecieron plantaciones de caña de azúcar (*Saccharum spp.*), en suelos Acrisoles. A pesar de haber aplicado 2 t ha⁻¹ de cal agrícola, el cultivo presenta rendimientos bajos (<50 t ha⁻¹) (Salgado-García *et al.*, 2017). Estos suelos se caracterizan por ser muy intemperados, lixiviado y ácidos, son de colores oscuros sobre amarillentos a rojizos (Palma-Lopez *et al.*, 2017). Debido a ello hay necesidad de contar con información sobre el mejoramiento de la fertilidad de estos suelos cultivado con caña de azúcar, sobre todo con enmiendas orgánicas.

Una de estas enmiendas que no se han probado en la región es el uso de residuos de carbón vegetal o biochar, del cual se tienen estudios en el Amazonas en Brasil, donde se han detectado partículas similares al carbón en suelos con excelentes indicadores de fertilidad (Lehmann *et al.*, 2006; Cheng *et al.*, 2008; Whitman *et al.*, 2011). En México el carbón vegetal es una de las fuentes de combustible fundamentales para el uso doméstico (Serrano-Medrano *et al.*, 2014). Este combustible se produce por carbonización de biomasa de diferentes especies maderables por medio de un proceso de pirólisis (Hamer *et al.*, 2004; Laird *et al.*, 2010).

En las carboneras del estado de Tabasco se manejan condiciones rústicas en la producción de carbón vegetal, lo que provoca que se tengan residuos de carbón vegetal de tamaño muy pequeño, que no son comercializables debido a la exigencia del mercado. Mucho de este residuo acaba contaminando el ambiente en las zonas rurales y urbanas. Al respecto, Glaser *et al.* (2002), menciona que estos residuos de carbón vegetal se pueden utilizar como enmiendas del suelo, por ello es necesario buscar alternativas para aprovechar este subproducto en los suelos degradados del estado de Tabasco.

Partiendo de lo anterior, en este trabajo se estudió, bajo condiciones controladas, el efecto de la adición de residuos de carbón vegetal sobre las propiedades físicas y químicas de un suelo Acrisol Férrico, cultivado con caña de azúcar (*Saccharum spp.*).

Al término de cada período de incubación, las muestras se secaron al aire a la sombra, se molieron y tamizaron a través una malla de 2 mm, previendo de guardar algunos terrones sin moler para la determinación de la densidad aparente. A las muestras molidas y tamizadas se les determinó la Densidad aparente (Da), humedad aprovechable (Ha), pH, carbono orgánico (CO), relación C/N, capacidad de intercambio catiónico (CIC), Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ y K^+ intercambiable y acidez intercambiable. Todos los parámetros físicos y químicos se determinaron con las metodologías con base a la NOM-021-RECNAT-2000 (SEMARNAT, 2002), en el Laboratorio de Suelos Planta y Agua (LASPA) del Colegio de Postgraduado Campus Tabasco.

Propiedades del residuo de carbón vegetal. Las metodologías utilizadas para los análisis de las propiedades del residuo de carbón, previo tamizaje a 2 mm, fueron: pH y conductividad eléctrica que se realizaron con una dilución carbón, agua 1:20 con un tiempo de agitación de 1.5 horas de acuerdo a Rajkovich *et al.* (2011). El fósforo extraíble se determinó con ácido cítrico al 2% por el procedimiento descrito por Wang *et al.* (2012). El carbono total fue determinado con un analizador automático TOC 5050 Shimadzu (Total Organic Carbon Analyzer). El nitrógeno total se determinó por el método Kjeldahl. La capacidad de intercambio catiónico y bases intercambiable se determinaron por saturación de 1.0 g del carbón desplazando los cationes con acetato de amonio 1.0 N y en el lixiviado se cuantificaron las bases cambiables mediante espectrometría de absorción atómica (EAA) y flamometría, por el procedimiento descrito por Rajkovich *et al.* (2011). También se determinó la acidez intercambiable y la densidad aparente con base a la NOM-021-RECNAT-2000 (SEMARNAT, 2002).

Diseño experimental. El experimento se estableció en un diseño completamente al azar con cinco repeticiones y con arreglo factorial de los tratamientos, donde los factores fueron, las dosis de residuos de carbón con ocho niveles, y el tiempo de incubación con dos niveles (al 45 y a los 90 días). Los resultados se analizaron con el análisis del diseño factorial y la comparación de me-

dias de Tukey con 95% de significancia. Para el análisis se utilizó el paquete Statistical Analysis Software versión 9.4. (SAS Institute, Estados Unidos).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las características químicas y físicas del residuo de carbón vegetal utilizado en este trabajo se pueden observar en el Cuadro 1.

El análisis de la varianza evidenció diferencias altamente significativas ($P \leq 0.001$), en el efecto de las dosis de la adición de residuos de carbón vegetal al suelo (tanto para el tiempo de incubación, así como a la interacción de estos factores. En la Figura 1 también se pueden apreciar los efectos inducidos por los factores dosis de residuo de carbón vegetal y tiempo de incubación; las dosis aplicadas al suelo equivalentes a 25 t ha⁻¹, 30 t ha⁻¹, 35 t ha⁻¹, 40 t ha⁻¹, presentaron los mayores porcentajes de Ha. A su vez, la mayor retención de humedad del suelo se presentó a los 45 días de incubación, disminuyendo a los 90 días. Por lo tanto, se puede asegurar que al adicionar residuo de carbón vegetal se incrementa la cantidad de agua aprovechable disponible. De manera coincidente, en otros estudios también se ha demostrado que el adicionar biochar al suelo, incrementa la capacidad de campo y la capacidad de retención de agua disponible del suelo (Jones *et al.*, 2010; Laird *et al.*, 2010).

Efecto del residuo de carbón vegetal en la densidad aparente (Da) del suelo después de la incubación. Al analizar el efecto de la enmienda del residuo de carbón al suelo sobre la densidad aparente (Da) (Cuadro 2), se puede observar el efecto significativo mayor al final de la incubación con la dosis aplicada más alta (40 t ha⁻¹), conservando una Da apropiada (SEMARNAT, 2002). Contrario a lo que ocurre con el tiempo de incubación, el cual muestra un decremento de la Da con el tiempo (Figura 1), hasta niveles que indicarían alta porosidad, posiblemente explicando la reducción de la humedad aprovechable en el suelo. Acorde con Mukherjee *et al.* (2011), dicho comportamiento se puede deber al área de superficie del biochar que presenta en contacto al suelo, ya que dependiendo de la cantidad de área de

Cuadro 1. Características físicas y químicas del residuo de carbón vegetal.

Da g cm ⁻³	pH	CE dS m ⁻¹	Nt %	CO %	P mg kg ⁻¹	CIC	Ca	Mg	K	Na	Acidez
						cmol ₍₊₎ kg ⁻¹					
0.58	9.7	1.15	1.0	33.3	371	40.5	21.3	2.0	46.5	0.46	0.30

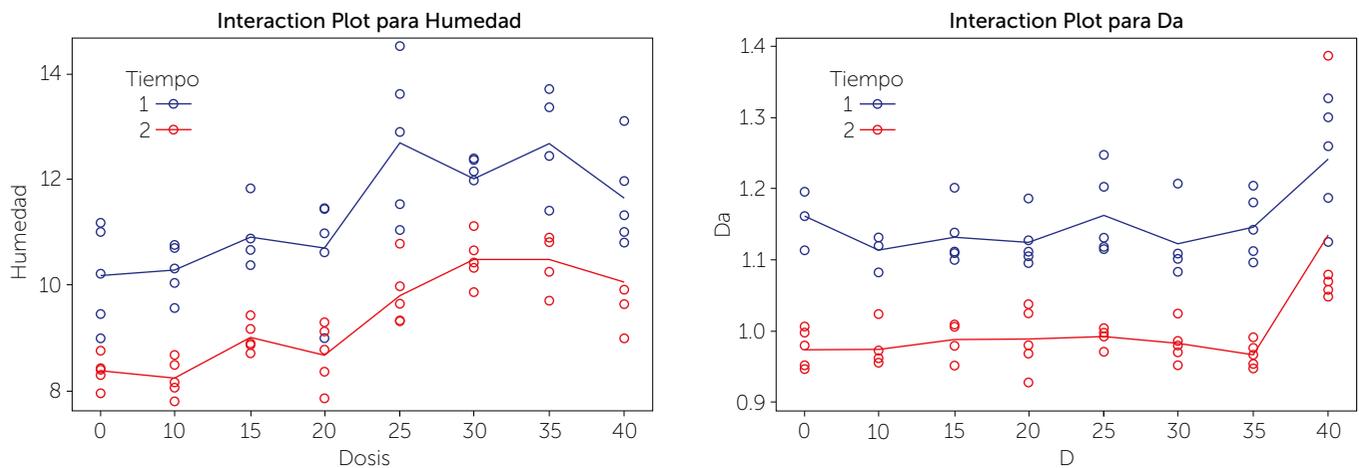


Figura 1. Efecto a la Humedad aprovechable (Ha) y densidad aparente (Da) del suelo en respuesta de la interacción de dosis de residuo de carbón enmendado al suelo y el tiempo de incubación. 0: Testigo, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 t dc 1 ha⁻¹. Tiempo 1=45 días de incubación y tiempo 2=90 días de incubación.

superficie se forman agregados, que contribuyen a una buena porosidad, agregación y aireación.

El residuo de carbón vegetal aumentó el carbono orgánico (CO) del suelo significativamente en la dosis más alta hasta 2.74 %, en comparación con el testigo que

presentó 2.37 % tomando en cuenta los 90 días de incubación (Cuadro 2). Resultados similares fueron observados por Laird *et al.* (2010), quienes reportaron que la adición de carbón vegetal al suelo, aumentó significativamente el contenido total de CO después de una incubación de 500 días. Para la relación

C/N del suelo, solo se tiene diferencias significativas en el tiempo de incubación dando como resultado un aumento de la relación C/N al final de la incubación (Cuadro 2). Dicho comportamiento puede deberse a su contenido tan elevado de carbono, y al entrar en contacto con el suelo, eleva la relación C/N,

Cuadro 2. Efecto de dosis de residuo de carbón vegetal y tiempo de incubación en la densidad aparente (Da), carbono orgánico del suelo (CO), relación C/N del suelo y pH del suelo.

Incubación	Dosis de residuo de carbón vegetal t ha ⁻¹								Media tiempo
	T	10	15	20	25	30	35	40	
Da (g cm ⁻³)									
45 días	1.15ab	1.11bc	1.13ab	1.25ab	1.16ab	1.12ab	1.14ab	1.23a	115a
90 días	0.97d	0.97d	0.98d	0.98d	0.99cd	0.98d	0.96d	1.13ab	1.00b
\bar{X} dc	1.06 b	1.04 b	1.06 b	1.05b	1.07 b	1.05 b	1.05 b	1.18 a	
CO (%)									
45 días	2.34e	2.34e	2.34e	2.25e	2.25e	2.45bcde	2.44bcde	2.42cde	2.35b
90 días	2.39de	2.57bcde	2.59bcde	2.48bcde	2.75abcd	2.79ab	2.78abc	3.06a	2.68a
\bar{X} dc	2.37c	2.45bc	2.46bc	2.37c	2.50bc	2.62ab	2.61ab	2.74a	
C/N									
45 días	39.62a	38.59a	36.74a	37.24a	36.16a	39.33a	34.35a	32.4a	36.83b
90 días	36.6a	46.29a	43.11a	34.87a	39.93a	43.29a	42.53a	46.1a	41.59a
\bar{X} dc	38.11a	42.44a	39.92a	36.06a	38.05a	41.31a	38.44a	39.37a	
pH									
45 días	4.91g	5.11e	4.94g	5.17d	5.07ef	5.18cd	5.28a	5.21cd	5.11 b
90 días	5.07ef	5.26ab	5.06f	5.22bc	5.18cd	5.22bc	5.21cd	5.11e	5.16 a
\bar{X} dc.	4.99 e	5.19 b	5.00 e	5.19 b	5.12 d	5.20 b	5.24 a	5.16c	

Los valores de media con letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas (Tukey ≤ 0.05), \bar{X} dc=media dosis de carbón.

por sus estructuras aromáticas altamente condensadas y físicamente resistente a la degradación (Novak et al., 2010). Si se comparan los valores de la relación C/N con lo establecido por Salgado-García et al. (2013), se observa que estos son altos. Por lo que los tratamientos podrían considerarse como almacenes de carbono, pero con poca mineralización, lo cual afectaría la fertilidad del suelo (Deenik et al., 2010).

Efecto del residuo de carbón vegetal en el pH del suelo. El pH del suelo sin biochar se clasificó como fuertemente ácido (Cuadro 2). La adición de biochar solo produjo incrementos pequeños en el pH clasificándose como moderadamente ácido (Salgado-García et al., 2013). La prueba de Tukey muestra una tendencia de incremento conforme se aumenta las dosis de residuo de carbón vegetal, el pH mayor se encontró con la dosis de

35 t ha⁻¹. En cuanto al tiempo de incubación el comportamiento muestra un incremento significativo a los 90 días. Lo anterior puede deberse, a que el pH del residuo de carbón vegetal es alcalino (Cuadro 1). Los resultados también coinciden con lo encontrado por Fellet et al. (2011), al aplicar biochar en jales mineros encontraron que el pH del suelo se incrementó. Otra similitud se dio, al aplicar biochar al suelo y después de ser incubado durante 500 días, aumentó significativamente casi una unidad de pH (Lair et al., 2010).

Con respecto a la Capacidad Intercambio Catiónico (CIC) el efecto significativo mayor se observó al final de la incubación con la dosis aplicada de 40 t ha⁻¹, obteniendo un promedio de 11.43 cmol₍₊₎ kg⁻¹ (Cuadro 3). El efecto anterior coincide con lo encontrado por Cheng et al. (2008), que explican que dicho comportamiento

Cuadro 3. Efecto de dosis de residuo de carbón vegetal y tiempo de incubación en la capacidad intercambio catiónico (CIC) acidez intercambiable (AI) Bases intercambiables (Ca⁺² Mg⁺² K⁺ Na⁺).

Días de Incubación	Dosis de residuo de carbón vegetal t ha ⁻¹								Media tiempo
	T	10	15	20	25	30	35	40	
CIC (cmol ₍₊₎ kg ⁻¹)									
45 días	8.78	10.68abcd	10.08abcd	10.58abcd	11.38abc	12.07ab	12.27a	12.27a	11.0a
90 días	9.88bcd	9.68cd	9.88bcd	9.78cd	10.58abcd	10.38abcd	10.48abcd	10.58abcd	10.1b
\bar{X} dc	9.33c	10.18abc	9.98bc	10.18abc	10.98ab	11.23ab	11.38ab	11.43a	
AI (cmol ₍₊₎ kg ⁻¹)									
45 días	0.53a	0.41a	0.47a	0.37a	0.53a	0.26a	0.28a	0.24a	0.36b
90 días	0.53a	0.41a	0.53a	0.37a	0.39a	0.39a	0.36a	0.30a	0.41a
\bar{X} dc	0.53a	0.41a	0.50a	0.37a	0.37a	0.33a	0.32a	0.2a	
Ca ⁺² (cmol ₍₊₎ kg ⁻¹)									
45 días	3.31defg	4.06cde	4.27bcd	3.84cdef	4.53bc	5.21ab	4.94bc	6.18a	4.54 a
90 días	2.33g	2.71g	2.9fg	2.89fg	2.99efg	3.21defg	3.24defg	3.41defg	2.96 b
\bar{X} dosis carbón	2.82 d	3.38 cd	3.59bc	3.36 cd	3.76bc	4.21 ab	4.09 b	4.79 a	
K ⁺ (cmol ₍₊₎ kg ⁻¹)									
45 días	0.46abc	0.56ab	0.54ab	0.42bc	0.54ab	0.64a	0.60ab	0.65a	0.55a
90 días	0.33c	0.41bc	0.45abc	0.48abc	0.51abc	0.57ab	0.55ab	0.55ab	0.47b
\bar{X} dosis carbón	0.39c	0.48abc	0.49abc	0.45bc	0.53abc	0.61a	0.57ab	0.60a	
Mg ⁺² (cmol ₍₊₎ kg ⁻¹)									
45 días	0.93d	1.11bcd	1.10bcd	0.93d	1.18bcd	1.37abc	1.40ab	1.61a	1.20 a
90 días	0.88d	0.98d	1.01d	1.07cd	1.04d	1.16bcd	1.12bcd	1.06cd	1.04 b
\bar{X} dosis carbón	0.90d	1.04cd	1.06cd	1.00cd	1.11bc	1.27ab	1.26ab	1.30a	
Na ⁺ (cmol ₍₊₎ kg ⁻¹)									
45 días	0.18abcde	0.17abcde	0.19abc	0.20a	0.18abcd	0.20ab	0.19abc	0.22a	0.195a
90 días	0.066f	0.11dcef	0.11dcef	0.10ef	0.07f	0.1def	0.12bcdef	0.09f	0.100 b
\bar{X} dosis carbón	0.12 a	0.14a	0.15a	0.15 a	0.13 a	0.15 a	0.16 a	0.15a	

Los valores de media con letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas (Tukey ≤ 0.05), \bar{X} dc=media dosis de carbón.

se debe a que el biochar presenta cargas superficiales y que, con la oxidación progresiva, la carga positiva disminuye y aumentan de carga negativa. A pesar de lo anterior los valores alcanzados de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) al aplicar residuo de carbón vegetal, representa una CIC baja (Salgado *et al.*, 2013).

En el Cuadro 3, se puede observar que las concentraciones de la acidez intercambiable disminuyen conforme se aumenta la dosis de residuo de carbón; en el caso del tiempo de incubación, este provocó un incremento significativo de la acidez intercambiable. Resultados similares obtuvieron Yuan y Xu (2011), quienes mencionan que el aluminio intercambiable y la acidez intercambiable disminuyeron al aplicar biochar al suelo, lo cual es atribuido al aumento de las bases intercambiables y la capacidad de intercambio catiónico efectiva. Los mismos autores mencionan que las sustancias alcalinas del biochar son liberadas en el suelo y que neutralizan la acidez.

Efecto del residuo de carbón vegetal sobre las bases intercambiables del suelo. En el Cuadro 3, se puede observar que al adicionar residuo de carbón vegetal al suelo hay incremento de las bases intercambiables (Ca^{+2} , Mg^{+2} y K^{+}), éstas aumentaron ligeramente conforme se fue aumentando las dosis, debido a que el residuo de carbón contiene suficientes bases intercambiable (Cuadro 1). El efecto anterior coincide con lo encontrado por otros autores (Steiner *et al.*, 2007; Yuan y Xu, 2011). De acuerdo con Glaser *et al.*, (2002), y Novak *et al.* (2010), la adición de biochar aumenta el estado de fertilidad de los suelos, debido a

que a la presencia de componentes inorgánicos como Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} y K^{+} , que actúan como un agente de encalado.

Para el Na intercambiable (Cuadro 3), se observa diferencia significativa ($P \leq 0.05$) con el tiempo de incubación, reduciendo los contenidos de Na a los 90 días. Si se comparan los valores con lo mencionado por Salgado *et al.* (2013), es una concentración que no ocasiona problemas de salinidad.

CONCLUSIONES

Al aplicar residuos de carbón vegetal al suelo, se mejoraron las propiedades físicas y se aumentó la capacidad de retención de humedad, generando una densidad aparente apropiada para el suelo. En cuanto a las propiedades químicas, aumentó el CO, pH, capacidad de intercambio catiónico y bases intercambiables (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} y K^{+}), presentando disminución de acidez intercambiable. Esto último, ayudaría a mejorar la disponibilidad de nutrientes para la caña de azúcar cultivada en el suelo Acrisol Férrico.

LITERATURA CITADA

- Cheng, C.; Lehmann, J.; Thies, J.E.; & Burton, S.D. (2008). Stability of black carbon in soils across a climatic gradient. *Journal of Geophysical Research* 11: 1–10.
- Deenik, J.L.; McClellan, T.; Goro, U., Jr., M.A.; & Campbell, S. (2010). Charcoal volatile matter content influences plant growth and soil nitrogen transformations. *Soil Fertility & Plant Nutrition* 74: 1259–1270.
- Fellet, G.; Marchiol, L.; Delle-Vedove, G.; & Peressotti, A. (2011). Application of biochar on mine tailings: Effects and perspectives for land reclamation. *Chemosphere* 83: 1262–1267.
- Glaser, B.; Lehmann, J.; & Zech, W. (2002). Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal. A review. *Biology & Fertility of Soils* 35: 219–230.
- Hamer, U.; Marschner, B.; Brodowski, S.; & Amelung, W. (2004). Interactive priming of black carbon and glucose mineralization. *Organic Geochemistry* 35: 823–830.
- Jones, B.E.; Haynes, R.J.; & Phillips, I.R. (2010). Effect of amendment of bauxite processing sand with organic materials on its chemical, physical and microbial properties. *Journal of Environmental Management* 91: 2281–2288.
- Laird, D.A.; Fleming, P.; Davis, D.D.; Horton, R.; Wang, B.; & Karlen, D.L. (2010). Impact of biochar amendments on the quality of a typical Midwestern agricultural soil. *Geoderma* 158: 443–449.
- Lehmann, J.; Gaunt, J.; & Rondon, M. (2006). Biochar sequestration in terrestrial ecosystems—a review. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 11: 403–427.
- Mukherjee, A.; Zimmerman, A.R.; & Harris, W. (2011). Surface chemistry variations among a series of laboratory-produced biochars. *Geoderma* 163: 247–255.
- Novak, J.M.; Busscher, W.J.; Watts, D.W.; Laird, D.A.; Ahmedna, M.A.; & Niandou, M.A. (2010). Short-term CO_2 mineralization after additions of biochar and switchgrass to a typical Kandiudult. *Geoderma* 154: 281–288.
- Palma-López, D.J.; Jiménez-Ramírez, R.; Zavala-Cruz, J.; Bautista-Zúñiga, F.; Gavi, R.F.; y Palma-Cancino, D.Y. (2017). Actualización de la clasificación de suelos de Tabasco, México. *Agroproductividad* 10(12): 29–35.
- Rajkovich, S.; Enders, A.; Hanley, K.; Hyland, C.; Zimmerman, A.R.; & Lehmann, J. (2011). Corn growth and nitrogen nutrition after additions of biochars with varying properties to a temperate soil. *Biology and Fertility of Soils* 48: 271–287.
- Salgado-García, S.; Palma-Lopez, D.J.; Castellán-Estrada, M.; Lagunes-Espinosa, L.C.; y Ortiz-Laurel, H. (2013). Manual para muestreo de suelos, plantas y aguas, e interpretación de análisis para la producción sostenible de alimentos. Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. Cárdenas, Tabasco, México. 101 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.; y Salgado-Velázquez, S. (2017). Los suelos ácidos de la sabana de Huimanguillo, Tabasco, México. *Agroproductividad* 10(12): 16–21.
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2002). Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudios, muestreos y análisis. Diario Oficial de la Federación. Ciudad de México. México.
- Serrano-Medrano, M.; Arias-Chalico, T.; Ghilardi, A.; & Masera, O. (2014). Spatial and temporal projection of fuelwood and charcoal consumption in Mexico. *Energy for Sustainable Development* 19: 39–46.
- Steiner, C.; Teixeira, W.G.; Lehmann, J.; Nehls, T.; Vasconcelos de Macêdo, J.L.; Blum, W.E.; & Zech, W. (2007). Long term effects of manure, charcoal and mineral fertilization on crop production and fertility on a highly weathered Central Amazonian upland soil. *Plant and Soil* 291: 275–290.
- Yuan, J.-H.; & Xu, R.-K. (2011). The amelioration effects of low temperature biochar generated from nine crop residues on an acidic Ultisol. *Soil Use and Management* 27: 110–115.
- Wang, T.; Camps-Arbestain, M.; Hedley, M.; & Bishop, P. (2012). Predicting phosphorus bioavailability from high-ash biochars. *Plant and Soil* 357: 173–187.
- Whitman, T.; Nicholson, C.F.; Torres, D.; & Lehmann, J. (2011). Climate change impact of biochar cook stoves in western Kenyan farm households: system dynamics model analysis. *Environmental Science and Technology* 45(8): 3687–3694.



Evaluation of the conventional and controlled release fertilization, on the quality of jagua plants (*Genipa americana* L.) in nursery

Evaluación de la fertilización convencional y de liberación controlada, sobre la calidad de plantas de jagua (*Genipa americana* L.) en vivero

Reyes-Castro, Ramiro¹; Arreola-Enríquez, Jesús^{1*}; Carrillo-Ávila, Eugenio¹; Obrador-Olán, José J.²

¹Colegio de Postgraduados Campus Campeche. Carretera Haltunchén-Edzná km 17.5, Sihochac, Champotón, Campeche, México. C. P. 24450. ²Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. Periférico Carlos A. Molina S/N, H. Cárdenas, Tabasco, México. C. P. 86500.

*Autor para correspondencia: jarreola@colpos.mx

ABSTRACT

Objective: To select the type and dose of fertilizer suitable for the best quality, highest accumulation of dry biomass and photosynthetic rate in jagua plants (*Genipa americana* L.) in nursery.

Design/methodology/approach: A completely randomized experimental design with four repetitions was used. The plants were evaluated for a period of three months in nursery, for which at 20 days of age they were transplanted in 310 cm³ polyethylene tubes using a substrate composed of vermiculite, perlite and peat, which was mixed with conventional fertilizer (CF) Triple 17 (17N-17P-17K) in doses of 3.3 (low), 6.6 (medium) and 10 kg * m⁻³ (high), and Osmocote[®] controlled release fertilizer (CRF) (15N-9P-12K), in doses of 10 (low), 20 (medium) and 30 kg m⁻³ (high), plus a control without fertilization. The variables were measured: neck diameter, height, root length, aerial and radical biomass, robustness index (IR), biometric proportionality index (IPB), Dickson quality index (ICD) and photosynthetic rate. The averages were compared by the Tukey test at a 5% confidence level.

Results: Jagua plants fertilized with Osmocote[®] in its three doses (high, medium and low) showed the highest growth in all morphological variables; in IR the Osmocote[®] generated plants of better quality than the control, the IPB only the high dose of Osmocote[®] was different from the control although it is considered of lower quality; and in the ICD the low and medium doses were better than the control since they are considered of better quality; the photosynthetic rate was better with the application of Osmocote[®] fertilizer in all its doses than Triple 17 and the control.

Limitations on study/implications: The low dose (10 kg m⁻³) of the Osmocote[®] fertilizer presents a good option to generate jagua plants since it did not show differences with the high dose, however nutritional deficiencies will be noticed after three months after of the transplant.

Findings/conclusions: With the application of the Osmocote[®] controlled-release fertilizer in its three doses, jagua plants are obtained with better morphological attributes, greater biomass accumulation and photosynthetic rate than with the application of the conventional Triple 17 fertilizer.

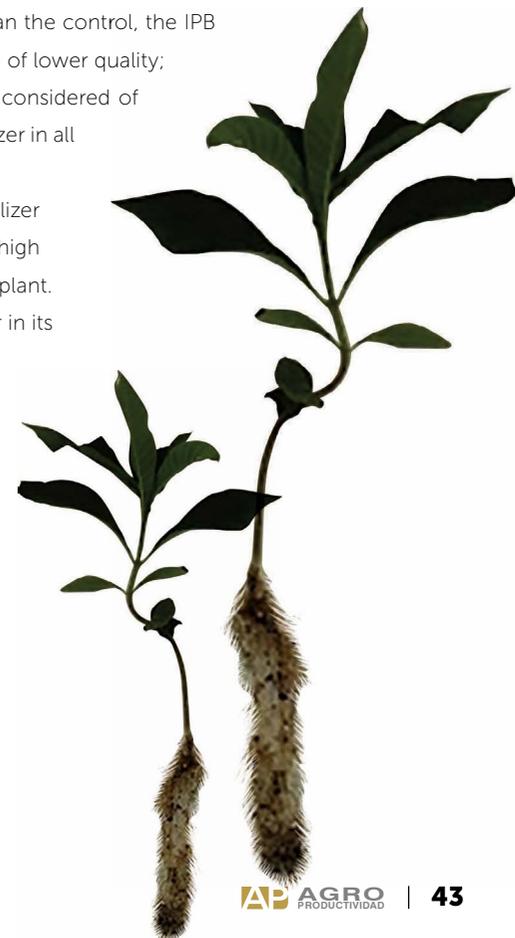
Keywords: *Genipa americana*, conventional fertilizer, controlled release fertilizer.

RESUMEN

Objetivo: Seleccionar el tipo y dosis de fertilizante adecuado para obtener la mejor calidad, mayor acumulación de biomasa seca y tasa fotosintética en plantas de jagua (*Genipa americana* L.) durante la etapa de vivero.

Agroproductividad: Vol. 13, Núm. 5, mayo. 2020. pp: 43-49.

Recibido: diciembre, 2019. **Aceptado:** abril, 2020.



Diseño/metodología/aproximación: Se empleó un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones. Las plantas fueron evaluadas por un periodo de tres meses en vivero, para los cual a los 20 días de edad fueron trasplantadas en tubetes de polietileno de 310 cm³ de capacidad utilizando un sustrato compuesto de vermiculita, perlita y turba, el cual se mezcló con fertilizante convencional (FC) Triple 17 (17N-17P-17K) en dosis de 3.3 (baja), 6.6 (media) y 10 kg*m⁻³ (alta), y fertilizante de liberación controlada (FLC) Osmocote® (15N-9P-12K), en dosis de 10 (baja), 20 (media) y 30 kg m⁻³ (alta), más un testigo sin fertilización. Se midieron las variables: diámetro del cuello, altura, longitud de raíces, biomasa aérea y radical, índice de robustez (IR), índice de proporcionalidad biométrica (IPB), índice de calidad de Dickson (ICD) y tasa fotosintética. Las medias fueron comparadas por la prueba de Tukey a un nivel del 5% de confianza.

Resultados: Las plantas de jagua fertilizadas con Osmocote® en sus tres dosis (alta, media y baja) presentaron el mejor desempeño en todas las variables morfológicas; en IR el Osmocote® generó plantas de mejor calidad que el testigo, en el IPB la dosis alta de Osmocote® fue de menor calidad que el testigo; y en el ICD las dosis baja y media resultaron ser mejores en calidad que el testigo; la tasa fotosintética fue mejor con la aplicación del fertilizante Osmocote® en todas sus dosis, respecto al fertilizante Triple 17 y al testigo.

Limitaciones del estudio/implicaciones: La dosis baja (10 kg m⁻³) del fertilizante Osmocote® presenta una buena opción para generar plantas de jagua ya que no presentó diferencias con la dosis alta, sin embargo se notar deficiencias nutrimentales a partir de los tres meses después del trasplante.

Hallazgos/conclusiones: Con la aplicación del fertilizante de liberación controlada Osmocote®, en sus tres dosis, se lograron obtener plantas de jagua con mejores atributos morfológicos, mayor acumulación de biomasa y tasa fotosintética, respecto a la aplicación del fertilizante convencional Triple 17.

Palabras Clave: *Genipa americana*, fertilizante convencional, fertilizante de liberación controlada.

frutos se consumen en fresco o se usan para la producción de dulces, mermeladas, jaleas y licores (Nascimento, 1997). Tiene una importancia ecológica, ya que los frutos sirven como alimento a la fauna nativa (Strong y Fragoso, 2006). Su madera se usa para la fabricación de diversos productos, como piezas curvas (mangos de herramientas, tornos, puertas y ventanas, etc.), carpintería en general, construcción civil y naval (Lorenzi, 2002). En Brasil, diversos usos medicinales se han atribuido tradicionalmente a esta especie, por ejemplo, la decocción de las hojas se ha utilizado como terapia antidiarreica y antisifilítica (Correa, 1984), mientras que las hojas macedadas, se utilizan para tratar la fiebre en algunas tribus nativas (Delprete et al., 2005). Encuestas etnobotánicas revelan su uso para el tratamiento de la tos, anemia, contusiones, luxaciones; como depurativo y asociado con creencias populares (Souza et al., 2013). Además, la decocción de corteza (*ad libitum*) se usa en el tratamiento de la malaria por parte de indígenas del Alto Río Negro en Amazonas (Kffuri et al., 2016), pero su mayor potencial radica en que su fruto inmaduro contiene altos niveles de iridoides, como la genipina, siendo esencial para la formación de color azul como resultado de su reacción con fuentes de aminas primarias (Bentes & Mercadante, 2014; Fujikawa et al., 1987).

Dada la tendencia a la sustitución de los colorantes artificiales, debido a los daños a la salud que les son atribuidos, por compuestos provenientes de la naturaleza y que no ocasionan efectos negativos a la salud humana, la jagua presenta un gran potencial en este contexto, aun siendo una especie no cultivada, por lo que, si recibiera un manejo

INTRODUCCIÓN

Las especies tropicales son de amplia importancia comercial y alimentaria a nivel mundial, tanto para países y regiones de altos índices de desarrollo económico y bienestar como para lugares de restringidos niveles de ingreso y calidad de vida. En este contexto se abren múltiples perspectivas para la producción, transformación y exportación de productos y subproductos provenientes de especies tropicales del continente americano hacia los países desarrollados (Llauger et al., 2009).

Tal es el caso de la jagua o caruto (*Genipa americana* L.) que es un árbol originario de la región amazónica y crece de manera natural a lo largo de los bosques lluviosos tropicales y en parte subtropicales de América Latina (UNCTAD, 2005). Esta especie es aprovechada para alimento porque sus

adecuado para obtener una mayor producción, sería fuente importante de ingreso para muchos productores. Sin embargo, se requiere de capital y de conocimiento de la misma para que sea viable su establecimiento como cultivo, además de generar una adecuada tecnología (que disminuya el impacto negativo al ambiente) para su manejo y producción. El objetivo del presente trabajo es seleccionar el tipo y dosis de fertilizante adecuado para obtener la mejor calidad, mayor acumulación de materia seca y contenido nutrimental de macro nutrimentos en plantas de jagua durante la etapa de vivero.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en las instalaciones del Colegio de Postgraduados, Campus Campeche, localizado en el kilómetro 17.5 de la Carretera Huitunchén-Edzná, a dos kilómetros del poblado Sihochac, municipio de Champotón; en las coordenadas geográficas Latitud Norte 19.501389 y Longitud Oeste 90.586111 a una altura de 20 msnm. De acuerdo a la clasificación climática de Köpen-Geiger modificado por García (1988), el clima prevaleciente en la zona es Aw_0 , cálido subhúmedo con lluvias en verano, precipitación total anual de 1100 a 1500 mm y una temperatura promedio anual de 26 a 28 °C.

Para este estudio se utilizaron semillas de jagua provenientes de Huitanguillo, Tabasco, México. Las semillas fueron colectadas de plantas de traspacio en abril de 2019 (semilla fresca). La germinación de la semilla se efectuó en semillero hasta la etapa cotiledónea (plantines) y, posteriormente, se trasplantó a tubetes de polietileno de 310 cm³ de capacidad con sustrato previamente pre-

parado. El sustrato fue una mezcla de turba, perlita y vermiculita (1:1:2), se le aplicaron los dos fertilizantes químico (convencional y liberación controlada); se mezcló de forma manual en bolsas de plástico de 40×60 cm.

Hubo siete tratamientos, seis de los cuales resultaron de la combinación factorial de dos fertilizantes, uno de liberación controlada: Osmocote® Plus 5-6M (15-9-12) en dosis de 10 (baja), 20 (media) y 30 kg m⁻³ (alta) y otro convencional: Triple 17 (17N-17P-17K) en dosis de 3.3 (baja), 6.6 (media) y 10 kg m⁻³ (alta), más un testigo sin fertilización. Se tuvieron cuatro repeticiones por tratamiento, con 15 plantas por repetición. El experimento se inició en mayo del año 2019.

Se registraron las siguientes variables en plantas de tres meses de edad: 1) Altura, con un flexómetro graduado en milímetros, desde la base del tallo hasta el ápice; 2) Diámetro del cuello de la raíz, en milímetros, con un calibrador digital vernier TRUPER®, resolución 0.01 mm, y exactitud de ± 0.02 mm; 3) Longitud de raíces, con una regla graduada en milímetros, desde el cuello de la raíz hasta la punta de la misma; 4) Biomasa aérea (hoja y tallo) y radical (raíces), en gramos, y cada parte se colocó en bolsas de papel estraza y éstas se colocaron en un horno Shell Lab® Mod. FX28-2, de circulación forzada por 72 h; después se pesó cada componente en una balanza analítica Option®, con una precisión de 0.1 mg; 5) Tasa fotosintética con el medidor portátil de fotosíntesis LI-6400X®. Además, se estimaron los índices de robustez (IR), el índice de proporcionalidad biométrica (IPB) y el índice de calidad de Dickson (ICD), cuyos valores se clasificaron en alto, medio y bajo (Cuadro 1).

El cálculo de los índices y su clasificación se basó en lo indicado por Escamilla et al. (2015):

$$IR = \frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Diámetro del cuello de la raíz (mm)}}$$

$$IPB = \frac{\text{Biomasa seca aérea (g)}}{\text{Biomasa seca radical (mm)}}$$

$$ICD = \frac{\text{Peso seco total de la planta (g)}}{\frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Diámetro del cuello de la raíz (mm)}} + \frac{\text{Biomasa seca aérea (g)}}{\text{Biomasa seca radical (g)}}}$$

Se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) con base en un diseño factorial para los tratamientos resultantes de la combinación de los fertilizantes y dosis, y otro ANOVA con base en un diseño completamente al azar para los siete tratamientos (incluyen al testigo). Ambos análisis de

Cuadro 1. Valores que califican la calidad de planta con crecimiento normal en vivero forestal (Sáenz et al., 2010).

Índice de calidad	Alto	Medio	Bajo
IR	<6.0	6.0 a 8.0	>8.0
IPB	1.5 a 2.0	2.0 a 2.5	>2.5
ICD	>0.5	0.2 a 0.5	<0.2

IR=índice de robustez; IPB=índice de proporcionalidad biométrica; ICD=índice de calidad de Dickson.

varianza se hicieron mediante el programa SAS 9.4; y la comparación múltiple de medias fue mediante la prueba de Tukey ($p=0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las características morfológicas (diámetro del cuello de la raíz, altura y longitud de raíces) de las plantas de jagua fueron mayores (a excepción de la longitud de raíces que no presentó diferencias significativas ($p>0.05$), al ser fertilizadas con Osmocote® en sus tres dosis (alta, media y baja) como se observa en la Figura 1.

Con respecto al diámetro del tallo se obtuvo que el fertilizante de liberación controlada Osmocote® fue estadísticamente similar en sus tres dosis, aunque presentó un valor más alto con diferencias estadísticas significativas con el resto de los tratamientos. Los tratamientos en los que se utilizó Triple 17 fueron estadísticamente similares entre sí e incluso con el testigo (Cuadro 2). Los FLC tienen la ventaja de liberar los nutrientes a una tasa que coincida con la demanda de la planta y de esta forma evitar pérdidas, al disminuir la frecuencia en la fertilización y las pérdidas por lixiviación, volatilización o degradación, favoreciendo la calidad de la planta (Jiménez, 1992; Shaviv, 2001) en contraste con los FC.

Para pasar plantas latifoliadas de vivero a campo, éstas deben tener una altura de entre 20 y 25 cm (CONAFOR, 2009), por lo que es necesario esperar al menos un mes

Cuadro 2. Efecto de dos diferentes fertilizantes a diferentes dosis en las características morfológicas de plantas de jagua de tres meses de edad en vivero.

Tratamiento	Diámetro (mm)	Altura (cm)	Longitud de raíces (cm)
O-A	4.165 a	16.63 a	15.75 a
O-M	4.255 a	18.85 a	17.125 a
O-B	4.285 a	16.915 a	16.25 a
T-A	3.05 b	12.29 b	15.375 a
T-M	3.1505 b	11.025 bc	15.125 a
T-B	3.28 b	11.65 bc	16.375 a
TESTIGO	3.115 b	9.25 c	17.5 a

Medias con diferente letra son estadísticamente diferentes (Tukey, $p=0.05$).

O=Osmocote®, T=Triple 17 en tres dosis (A=Alta, M=Media y B=Baja).

más para que se alcancen dichos valores como se observa en el Cuadro 2. Mexal & Landis (1990) indican que, valores de supervivencia mayores al 80% se alcanzan cuando las plantas tienen de 5 a 6 mm de diámetro.

Del análisis estadístico del experimento factorial se observaron diferencias estadísticas significativas entre los fertilizantes Osmocote® y Triple 17 en el diámetro y altura, siendo estadísticamente mejor el fertilizante Osmocote®, con el que se obtuvo un diámetro de 4.235 mm y una altura de 17.465 cm en promedio. Por lo que respecta a la longitud de raíces no se observaron diferencias significativas entre tipos de fertilizantes. Con relación al



Figura 1. Efecto de dos formulaciones de fertilizantes a diferentes dosis en las características morfológicas de plantas de jagua (*G. americana* L.) de tres meses de edad en vivero. T-A=Triple 17 en dosis alta, T-M=Triple 17 en dosis media, T-B=Triple 17 en dosis baja, O-A=Osmocote® en dosis alta, O-M=Osmocote® en dosis media y O-B=Osmocote® en dosis baja.

factor dosis no se obtuvieron diferencias estadísticas entre los niveles para las variables de diámetro, altura y longitud de raíces, como se puede observar en el Cuadro 5. En comparación Escamilla (2014) reporta que, en las dosis de aplicación de los fertilizantes, se obtuvieron resultados significativamente mayores ($p \leq 0.05$) a mayores dosis con la aplicación de Osmocote® por lo general, a dosis de 20 y 30 kg m⁻³.

La acumulación de biomasa tanto en la parte aérea como en la radical mostró que el fertilizante Osmocote® en sus tres dosis (alta, media y baja) fueron estadísticamente diferentes del testigo, aunque no fueron significativamente diferentes del fertilizante Triple 17 y éste a su vez fue estadísticamente similar al testigo (Cuadro 6). Los fertilizantes de liberación controlada suelen ser más eficientes que los convencionales en la etapa vivero, aunque existen pocos estudios que consideren el comportamiento que tienen estas plantas en campo, sobre

todo en lo que se refiere a los porcentajes de sobrevivencia (Oliet et al., 1999).

La tasa fotosintética se incrementó con la aplicación del fertilizante Osmocote®, observándose valores más elevados y estadísticamente mayores que los obtenidos con el fertilizante Triple 17 y el testigo. No se encontraron diferencias estadísticas dentro de las dosis aplicadas en ambos fertilizantes. Por otra parte la aplicación del fertilizante Triple 17 no originó diferencias significativas con el testigo (Cuadro 5), lo cual se puede deber a que los contenidos de nitrógeno ya que según Taiz y Zieger (1998) y Ciompi et al. (1996), el contenido de este elemento repercute en la cantidad de RUBISCO y clorofila que presentan las hojas y, a su vez, la producción de biomasa está en función de la tasa fotosintética. Sin embargo, la correlación entre el contenido de nitrógeno y la eficiencia fotosintética varía dependiendo del hábitat de la planta y de factores ambientales como la temperatura

Cuadro 3. Valores promedio de las características morfológicas con la aplicación de diferentes fertilizantes en tres dosis a plantas de jagua de tres meses en vivero.

Fertilizante	Diámetro (mm)	Altura (cm)	Longitud de raíces (cm)
Osmocote	4.235 a	17.465 a	16.375 a
Triple 17	3.1602 b	11.655 b	15.625 a
Dosis			
Alta	3.6075 a	14.46 a	15.5625 a
Media	3.7028 a	14.9375 a	16.125 a
Baja	3.7825 a	14.2825 a	16.3125 a

Medias con diferente letra son estadísticamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$).

Cuadro 4. Efecto de dos diferentes fertilizantes a diferentes dosis en la acumulación de biomasa de la parte aérea y radical de plantas de jagua en vivero.

Tratamiento	Biomasa seca de la parte aérea (g)	Biomasa seca de la parte radical (g)
O-A	1.65 a	0.32583 ab
O-M	1.7858 a	0.455 a
O-B	1.61 a	0.465 a
T-A	0.6367 ab	0.23333 ab
T-M	0.6808 ab	0.22083 ab
T-B	0.7267 ab	0.22667 ab
TESTIGO	0.375 b	0.09833 b

Medias con diferente letra son estadísticamente diferentes (Tukey, $p = 0.05$).

O=Osmocote®, T=Triple 17 en tres dosis (A=Alta, M=Media y B=Baja).

Cuadro 5. Efecto de dos diferentes fertilizantes a diferentes dosis en la tasa fotosintética de plantas de jagua de tres meses de edad en vivero.

Tratamiento	Fotosíntesis (mmol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹)
O-A	11.43925 a
O-M	10.99425 a
O-B	9.897 a
T-A	3.924 b
T-M	4.7815 b
T-B	4.3185 b
TESTIGO	6.1925 b

Medias con diferente letra son estadísticamente diferentes (Tukey, $p = 0.05$).

O=Osmocote®, T=Triple 17 en tres dosis (A=Alta, M=Media y B=Baja).

Cuadro 6. Valores promedio de la tasa fotosintética aplicando dos diferentes fertilizantes en tres dosis a plantas de jagua de tres meses de edad en vivero.

Fertilizante	Fotosíntesis (mmol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹)
Osmocote	10.7768 a
Triple 17	4.3413 b
Dosis	
Alta	7.6816 a
Media	7.8879 a
Baja	7.1078 a

Medias con diferente letra son estadísticamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$).

y la radiación (Evans, 1989; Toth *et al.*, 2002; Lamsfus *et al.*, 2003). Por lo tanto, al medir la tasa fotosintética podemos tener una buena aproximación de la productividad que tendrán las plantas al llevarlas a la etapa de producción.

Como resultado del análisis estadístico del experimento factorial se obtuvo que con la aplicación del fertilizante Osmocote® se obtiene un valor significativamente mayor en la actividad fotosintética con respecto a los valores observados con la aplicación del fertilizante Triple 17. Por lo que respecta al factor dosis no se encontraron diferencias estadísticas entre ellas, como se puede observar en el Cuadro 6.

De acuerdo con Saenz *et al.* (2010), los valores encontrados para el índice de robustez (IR), corresponden a la obtención de plantas de alta calidad (<6.0) en todos los tratamientos, en los que no obstante se encontraron diferencias significativas al aplicar el fertilizante Osmocote® en todas sus dosis en comparación con el testigo y con la aplicación del triple 17 en sus dosis media y baja. Valores significativamente más bajos fueron observados en el tratamiento testigo y con la dosis media del triple 17. El índice de proporcionalidad biométrica (IPB), denota plantas de baja calidad (>2.5) en todos los casos, siendo sólo la dosis alta del fertilizante Osmocote® estadísticamente diferente del resto de los tratamientos y obteniendo el rango de calidad más bajo (valor más alto del IPB), en contraste con el valor obtenido en la dosis alta del fertilizante triple 17 que presenta la mejor característica de calidad de proporcionalidad biométrica (menor valor del IPB), aunque estadísticamente igual a los demás tratamientos a excepción del valor obtenido con Osmocote® en su dosis alta (Rodríguez, 2008). En el índice de calidad de Dickson (ICD) se obtuvieron plantas de mediana calidad (0.2-0.5) con el fertilizante Osmocote® en sus tres dosis, siendo con la dosis baja con la que se obtuvo el mejor valor promedio; con el fertilizante triple 17 se observaron plantas de baja calidad (ICD<0.2) en todas sus dosis y en el tratamiento el testigo, siendo éste el que presentó el valor más bajo en calidad (Cuadro 7).

CONCLUSIONES

El fertilizante de liberación controlada Osmocote®, en sus dosis media y baja (20 y 10 kg m⁻³, respectivamente), generó plantas de mejor calidad, con características morfológicas e índices IR, IPB e ICD estadísticamente superiores, con biomasa de la parte aérea y parte radical estadísticamente más

Cuadro 7. Efecto de los diferentes fertilizantes a diferentes dosis en los índices de calidad en plantas de jagua en vivero.

Tratamiento	IR	IPB	ICD
O-A	3.8934 ab	5.2461 a	0.2192 ab
O-M	4.1312 b	3.9643 ab	0.27551 a
O-B	3.8863 ab	3.4792 b	0.28178 a
T-A	3.6073 abc	2.729 b	0.13769 ab
T-M	3.2499 cd	3.1067 b	0.14257 ab
T-B	3.4611 c	3.3423 b	0.14227 ab
TESTIGO	2.8447 d	3.8374 b	0.07106 b

Medias con diferente letra son estadísticamente diferentes (Tukey, p=0.05).

O=Osmocote®, T=Triple 17 en tres dosis (A=Alta, M=Media y B=Baja).

IR=Índice de robustez, IPB=Índice de proporcionalidad biométrica, ICD=Índice de calidad de Dickson.

alto y eficiencia fotosintética significativamente mayor en plantas de jagua (*G. americana* L.) en etapa de vivero, con respecto al fertilizante convencional triple 17 en sus tres dosis y al tratamiento testigo.

LITERATURA CITADA

- Bentes, A. D. S., & Mercadante, A. Z. (2014). Influence of the stage of ripeness on the composition of iridoids and phenolic compounds in genipap (*Genipa americana* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62: 10800-10808.
- Ciampi, S., Gentili, E., Guidi, L. and Franco, G. (1996). The effect of nitrogen deficiency on leaf gas exchange and chlorophyll fluorescence parameters in sunflower. *Plant Science*, 118 (2): 177-184.
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). (2009). Criterios técnicos para la producción de especies forestales de ciclo corto (rápido crecimiento) con fines de restauración. México. 9 p.
- Corrêa, P.M. (1984). *Dicionário das plantas úteis do Brasil y das exóticas cultivadas*. IBDF, Rio de Janeiro.
- Delprete, P.G., Smith, L.B. y Klein, R.M. (2005). *Flora Ilustrada Catarinense: Rubiáceas*. Herbário Barbosa Rodrigues, Itajaí.
- Escamilla, N. (2014). Efecto de fertilizantes de liberación controlada en el crecimiento de *Tectona grandis*, etapa de vivero. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. Tabasco, México. 52 p.
- Escamilla, N., Obrador, J.J., Carrillo, E. y Palma, D.J. (2015). Uso de fertilizantes de liberación controlada en plantas de teca (*Tectona grandis*), en la etapa de vivero. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 38 (3): 329-333.
- Evans, J.R. (1993). Photosynthetic Acclimation and Nitrogen Partitioning Within a Lucerne Canopy. I. Canopy Characteristics. *Australian Journal of Plant Physiology*, 20(1): 55-67.
- Fujikawa, S., Fukui, Y., Koga, K., Iwashita, T., Komura, H., & Nomoto, K. (1987). Structure of genipocyanin G1, a spontaneous reaction product between genipin and glycine. *Tetrahedron Letters*, 28: 4699-4700.
- García, E. (1988). Modificaciones al Sistema de clasificación Climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana, 4a ed., OFFSET Larios, México.

- Jiménez, G. S. (1992). Fertilizantes de liberación lenta. Tipos, evaluación y aplicaciones. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 146 p.
- Kffuri, C.W., Lopes, M.A., Ming, L.C., Odonne, G. and Kinupp, V.F. (2016). Antimalarial plants used by indigenous people of the Upper Rio Negro in Amazonas, Brazil. *Journal of Ethnopharmacology*, 178: 188-198.
- Lamsfus, C., Lasa, B., Aparicio, P.M. e Irigoyen I. (2003). Implicaciones ecofisiológicas y agronómicas de la nutrición nitrogenada. En: Reigosa MJ, Pedrol N, Sanches-Moreiras A, editores. *La ecofisiología vegetal: Una ciencia de síntesis*. España. Paraninfo S.A. pp. 361-386.
- Llauger, R., Farrés, E., Placeres, J., Peña, O., Alonso, M., Betancourt, M., García, M.E., Correa, A., Rodríguez, G. y Pérez, J. (2009). Proyección estratégica para la producción de los frutales en Cuba. *Revista CitriFrut*, 26: 3-5.
- Lorenzi, H. (2002). *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. 4. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum. 367 p.
- Mexal, J. G. & Landis, T. D. (1990). Target seedling concepts: height and diameter. *In: Target seedlings symposium. General Technical Reports-USDA Forest Service* 13: 105-119.
- Nascimento, W.M.O. (1997). Caracterización de la morfo anatómica, comportamiento germinativo y evaluación de las técnicas para la prueba de la tetrazólio en semillas de jenipapo (*Genipa americana* L.). Tesis de maestría. Universidad Estadual Paulista, Brasil.
- Oliet, J.; Segura, M.L.; Domínguez, F.M.; Blanco, E.; Serrada, R.; López, A.M. y Artero, F. 1999. Los fertilizantes de liberación controlada lenta aplicados a la producción de planta forestal de vivero. Efecto de dosis y formulaciones sobre la calidad de *Pinus halepensis* Mill. *Investigación Agrícola: Sistemas y Recursos Forestales* 8(1): 207-228.
- Rodríguez, D. A. (2008). Indicadores de calidad de planta forestal. Universidad Autónoma Chapingo. Mundi Prensa. México. 156 p.
- Sáenz, R. J. T., Villaseñor, R. F. J., Muñoz, F. H. J., Rueda, S. A. y Prieto, R. J. A. (2010). Calidad de planta en viveros forestales de clima templado en Michoacán. Folleto Técnico Núm. 17. SAGARPA-INIFAP-CIRPAC-Campo Experimental Uruapan. Uruapan, Michoacán, México. 48 p.
- Shaviv, A. (2001). Advances in Controlled-Release Fertilizers. *Advances in Agronomy*. 71: 1-49.
- Souza, R.K.D., Mendonça, A.C.A.M. y Silva, M.A.P. (2013). Aspectos etnobotánicos, fitoquímicos y farmacológicos Especies de Rubiaceae en Brasil. *Revista Cubana de Planta*, 18: 140-156.
- Strong, J.N. y Fragoso, J.M. (2006). Dispersión de semillas por *Geochelone carbonaria* y *Geochelone denticulata* en el noroeste de Brasil. *Biotropica*, 38: 683-686.
- Taiz, L. & Zeiger, E. (1998). *Plant Physiology*. 2nd Edition, Sinauer Associates Publishers, Sunderland, Massachusetts. <http://dx.doi.org/10.1071/PP9840361>.
- Tóth, V.R., Mészáros, I., Veresa, S. & Nagy, J. (2002). Effects of the available nitrogen on the photosynthetic activity and xanthophyll cycle pool of maize in field. *Journal of Plant Physiology*, 159 (6): 627-634.
- United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD). (2005). Market brief in the European Union for selected natural ingredients derived from native species. (<http://www.biotrade.org/ResourcesPublications/biotradebrief-genipaamericana.pdf>). (Consultado 13.11.2017).



Effect of sulphatic salinity in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)

Efecto de salinidad sulfática en quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)

Cisneros Almazán, Rodolfo^{1*}; Guadiana-Alvarado, Zoe Arturo¹; Erich Dietmar, Rössel Kipping²; Edgar Omar Rueda Puente³; Clemente Rodríguez Cuevas¹; Héctor M. Durán García¹

¹Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Facultad de Ingeniería. Dr. Nava No. 8, Zona Universitaria, San Luis Potosí, S. L. P., México. C. P. 78290. ²Colegio de Postgraduados Campus San Luis Potosí. Iturbide 73, Salinas de Hidalgo, S.L.P., México. C. P. 78600. ³Universidad Autónoma de Sonora. Departamento de Agricultura y Ganadería. Carretera a Bahía de Kino km 21, Hermosillo, Sonora, México. C. P. 83000.

*Autor de correspondencia: cisnerro@uaslp.mx.

ABSTRACT

Objective: To evaluate a quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivar in a semi-hydroponic system, simulating different levels of sulphatic salinity ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ to 0, 3 000, 4 000 and 5 000 $\mu\text{S cm}^{-1}$).

Design/methodology/approach: The cultivation of quinoa established in a semi-hydroponic system, simulating different conditions of sulphatic salinity, taking as a source of salinity reactive grade dihydrated calcium sulphate ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), this salinity source is obtained to simulate the conditions of the evaporitic basin of Río Verde-Matehuala, San Luis Potosí, Mexico where a saline diversity of waters and soils mainly calcium sulphate is formed. The reactions were 0, 3,000, 4,000 and 5,000 $\mu\text{S cm}^{-1}$, being that null in salts, the treatment control.

Results: The seed yield per plant in sulfate salts treatments were for 3,000 $\mu\text{S cm}^{-1}$ with 30.65 g plant⁻¹, following the treatments of 4,000 $\mu\text{S cm}^{-1}$ with 23.31 g plant⁻¹ and 5,000 $\mu\text{S cm}^{-1}$ with 19.13 g plant⁻¹; on the other hand, the control resulted in the highest value in yield with 43.41 g plant⁻¹.

Limitations on study/implications: It is important to develop more studies under biotic and abiotic conditions that occur in other regions and test another type of salinity such as hydrochloric.

Findings/conclusions: Under the conditions in which the study will be affected, it is possible to grow quinoa in sulphate soils, but with the restrictions imposed by the effect of the decrease in osmotic potential damaged by salts.

Keywords: greenhouse, quinoa, sulphatic salinity, semi-hydroponic system

RESUMEN

Objetivo: Evaluar un cultivar de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) en un sistema semi-hidropónico, simulando diferentes niveles de salinidad sulfática ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ a 0, 3,000, 4,000 y 5,000 $\mu\text{S cm}^{-1}$).

Diseño/metodología/aproximación: El cultivo de quinoa establecido en un sistema semi-hidropónico, bajo la simulación de diferentes condiciones de salinidad sulfática, tomando como fuente de salinidad sulfato de calcio dihidratado grado reactivo ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) utilizando esta fuente de salinidad para representar las condiciones de la cuenca evaporítica de Río Verde-Matehuala, San Luis Potosí, México, donde emerge una diversidad salina de aguas y suelos principalmente sulfato cálcicos. Las concentraciones fueron 0, 3,000, 4,000 y 5,000 $\mu\text{S cm}^{-1}$, siendo aquella nula de sales, el tratamiento control.

Resultados: El rendimiento de semillas por planta en los tratamientos con sales sulfáticas, los valores altos fueron para 3,000 $\mu\text{S cm}^{-1}$ con 30.65 g planta⁻¹, seguido de los tratamientos de 4,000 $\mu\text{S cm}^{-1}$ con 23.31 g planta⁻¹ y 5,000 $\mu\text{S cm}^{-1}$ con 19.13 g planta⁻¹; por su parte el control resultó con el valor más alto en rendimiento con 43.41 g planta⁻¹.

Limitaciones del estudio/implicaciones: Es importante desarrollar más estudios bajo condiciones bióticas y abióticas que pueden presentarse en otras regiones y probar otro tipo de salinidad tal como la clorhídrica.

Hallazgos/conclusiones: Bajo las condiciones del estudio, es posible cultivar quinoa en suelos sulfáticos pero con las restricciones que impone el efecto de la disminución del potencial osmótico causado por las sales.

Palabras clave: invernadero, quinoa, salinidad sulfática, sistema semi-hidropónico

INTRODUCCIÓN

Desde un inicio, la agricultura es considerada una actividad económica, social y ambiental, fundamental para el desarrollo integral del ser humano. Con la llegada de la agricultura y la ganadería, el hombre alcanzó una independencia y separación de la naturaleza. Fue necesario y apropiado convertir los sistemas naturales en agricultura y aprovechar la naturaleza para sostener el crecimiento de las poblaciones (Castillo *et al.*, 2017). Actualmente la agricultura enfrenta serios problemas donde destacan los factores abióticos generando alimentos en menor cantidad y calidad en la producción de cultivos. La sequía, salinidad y factores climáticos extremos son los principales tipos de estrés que generan problemas en el crecimiento y productividad de los cultivos. La sequía es mayor en las regiones secas áridas y calientes, en donde la concentración de sales incrementa en la capa superior del suelo debido a la evapotranspiración, que excede a la precipitación (Martínez *et al.*, 2011). El suelo y el agua son elementos de suma importancia para la producción agrícola. El agua tiene como principal función hidratar, almacenar y transportar los nutrientes del suelo a la planta; mientras que el suelo, actúa como sostén y aporte de nutrientes. En este sentido, la salinidad es un factor que reduce la productividad en los campos de cultivo. Este efecto puede ser observado con mayor frecuencia en cuencas cerradas que, a través de miles de años, han acumulado

paulatinamente sales en el perfil del suelo (Goykovic C. y Saavedra del R, 2007; López *et al.*, 2008). La SEMARNAT (2010) menciona que aproximadamente 3.5 millones de hectáreas en México son afectadas en zonas áridas y semiáridas; un millón en otras zonas no agrícolas 800 mil en zonas costeras, 1 millón en áreas agrícolas de temporal 500 mil en áreas agrícolas de riego lo cual da un total de 6.8 millones de hectáreas afectadas por sales en todo el país. Las principales sales que afectan a los vegetales y que se encuentran en los suelos corresponden a los cloruros y sulfatos, de sodio, calcio y magnesio, siendo para las plantas los principales iones citotóxicos (Shrivastava y Kumar, 2015). En particular en las zonas áridas, los suelos contienen sales y algunas de éstas pueden ser un problema cuando su concentración es alta en la zona radical del cultivo; ya que incrementa el efecto osmótico de la solución en el suelo con evidentes repercusiones de manera negativa sobre el desarrollo de las plantas y limitan la productividad de los cultivos (González *et al.*, 2011). Las zonas áridas demandan cultivos que se adapten a condiciones ambientales adversas (agua limitada y en ocasiones con altos niveles de salinidad)

La quinoa es una planta cultivada que puede adaptarse a condiciones ambientales en zonas áridas, además contener altos niveles de proteínas (Rojas *et al.*, 2016), y resultar redituable y con potencial de aprovechamiento agroindustrial (Morales *et al.*, 2009; Rasool *et al.*, 2013). Este cultivo constituye una alternativa para las regiones con limitaciones en la producción de alimentos (Rojas *et al.*, 2011). La quinoa es altamente atractiva debido a su adaptabilidad, tolerancia a ciertos niveles de salinidad, a su alto contenido nutricional y uso agroindustrial. En algunas regiones del estado de San Luis Potosí, México, debido a la condición climática del semi-desierto y a la sobre explotación de mantos acuíferos, se han generado problemas de desertificación, ensalitramiento de suelos y baja productividad en zonas de cultivo; actualmente existe demanda de generar conocimiento sobre cultivos y sistemas de producción que ayuden a reducir esta problemática. Existen estudios en los que el tipo de salinidad sea sulfática o clorhídrica, muestran diferencias en el rendimiento dependiendo del cultivo. Sin embargo, estudios relacionados con la quinoa en condiciones sulfáticas son nulos (Molina *et al.*, 2015). Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo, consistió en evaluar un cultivo de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) en un sistema semi-hidropónico, simulando diferentes niveles de salinidad sulfática ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ a 0, 3,000, 4,000 y 5,000 $\mu\text{S cm}^{-1}$).

MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente estudio, se preparó una solución nutritiva con agua destilada, adicionándose los macro y micro nutrientes; (con un total de mg L^{-1} de nitrógeno 136.5, fósforo 28.8, potasio 180.4, calcio 140, magnesio 19.3, sodio 1.5, sulfatos 38.7, hierro 0.10, cobre 0.01, zinc 0.02, boro 0.15, molibdeno 0.06, con base en las recomendaciones de Ranjit et al. (2018). Para su aplicación se utilizó arena, a la que se le adicionó diariamente la solución nutritiva, considerando también proveer condiciones sanitarias adecuadas para el desarrollo del cultivo. Con las plantas de quinoa establecidas en un sistema semi-hidropónico, se simuló diferentes condiciones de salinidad sulfática, tomando como fuente de salinidad sulfato de calcio dihidratado grado reactivo ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Esta fuente de salinidad se tomó con el fin de simular las condiciones de la cuenca evaporítica de Río Verde-Matehuala, donde se forma una diversidad aguas salinas y suelos principalmente sulfato cálcicos. Los niveles de salinidad fueron 0, 3,000, 4,000 y 5,000 $\mu\text{S cm}^{-1}$, siendo aquella nula de sales, el tratamiento control. El aporte de sales en gramos se presenta en el Cuadro 1.

Fase experimental. La fase experimental del trabajo fue desarrollada en

la Unidad de Producción de Agricultura Protegida de la Carrera de Ingeniería Agroindustrial, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. El clima de la región según la clasificación climática de Köppen, modificado por García en 1978 (Ruiz et al., 2012) corresponde a un BS o KW(w)(i), y que corresponde a un clima seco-estepario frío, con temperatura media anual de 18 °C, siendo 7.5 °C la mínima y 35 °C la máxima, con una precipitación media anual de 374 mm.

Para la producción de plántulas de quinoa, existió una desinfección de charolas, agregándose cloro en una dosis de 1 L por 200 L de agua (5 mL Cl por litro de agua). El cloro comercial empleado tenía una concentración del 6% (v/v). Se sumergió la charola germinadora en la solución de agua y cloro por un período de 5 minutos. Posteriormente se realizó la siembra, colocándose turba como sustrato hasta llenar las charolas germinadoras y agregando el agua necesaria para humedecerlo; en cada cavidad de las charolas germinadoras con sustrato

humedecido se depositó una semilla. El riego inicial fue sólo con agua dulce corriente y se cubrieron con plástico las charolas germinadoras para conservar el calor y la humedad. La semilla emergió en un 95% a tres días después de la siembra con temperaturas de 25 °C a 30 °C.

El riego con la solución nutritiva inició cuando se formaron las dos primeras hojas verdaderas. El trasplante fue 25 días después de la siembra, buscando que las plantas tuviesen una altura uniforme de aproximadamente 10 cm. La solución nutritiva base utilizada al momento del trasplante para todos los tratamientos fue la solución previamente indicada e incrementando las concentraciones en algunos de sus componentes según las necesidades del cultivo de quinoa (Rojas et al., 2011).

El sistema semi hidropónico lo integraron macetas de plástico con diámetro de 20 cm y altura de 16 cm, colocadas en serie, el riego fue manual y de manera

diaria. Las macetas se llenaron con arena (con capacidad de retención de agua del 56%), la granulometría de la arena utilizada varió de 0.5 - 2 mm. Cabe indicar que previo al trasplante, la arena se tamizó, lavó, desinfectó con una solución de cloro al 0.5%

(v/v) y nuevamente se lavó. La temperatura ambiental durante el estudio fue de 16 ± 2 °C nocturna y 34 ± 2 °C diurna y una humedad relativa del 16%.

En el experimento se probaron cuatro tratamientos con 18 repeticiones cada uno (cada repetición consistió en una planta por repetición, con un total de 72 unidades experimentales) a los que se les proporcionó una misma solución nutritiva estándar tipo Steiner.

Variables evaluadas

Rendimiento. El rendimiento de semilla por planta consistió en la colecta de la misma por cada planta de cada tratamiento y procediendo a pesarla.

Número de hojas. Esta variable se realizó de forma manual y contabilizadas.

Altura de plantas. Esta variable fue realizada al final del experimento y expresada en cm.

Cuadro 1. Fuente de salinidad y aporte en gramos de los niveles de sales.

Diseño experimental	Fuente de Salinidad	Aporte (g)	Conductividad Eléctrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$)
Testigo (T1)	---	---	1,084
CaSO_4 3 000 (T2)	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	550	3,000
CaSO_4 4 000 (T3)	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	650	4,000
CaSO_4 5 000 (T4)	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	850	5,000

Conductividad eléctrica (CE) y potencial de hidrógeno (pH). La medición de conductividad eléctrica (CE; $\mu\text{S cm}^{-1}$) y potencial de hidrógeno (pH) fue efectuada al final del experimento. Para ello se utilizó el potenciómetro y conductivímetro. Se desarrolló un análisis de correlación para establecer la relación o dependencia que existe entre variables que intervienen en una distribución bidimensional, es decir, determinar si los cambios en una de las variables influyen en los cambios de la otra y así afirmar que las variables están correlacionadas entre ellas. Finalmente, se realizó un análisis de regresión lineal, la cual marca la tendencia de una medición extrema a presentarse más cercana a la media en una segunda medición; con este análisis de regresión se pudo determinar las condiciones donde son producidos los mejores rendimientos y las condiciones que no permiten la producción (Gea et al., 2018).

RESULTADOS

Rendimiento. Se pudo apreciar que el rendimiento de semillas por planta en los tratamientos con sales sulfáticas, los valores más altos fueron para el de $3,000 \mu\text{S cm}^{-1}$ con 30.65 gramos por planta (g planta^{-1}), siguiéndole los tratamientos de $4,000 \mu\text{S cm}^{-1}$ con $23.31 \text{ g planta}^{-1}$ y $5,000 \mu\text{S cm}^{-1}$ con $19.13 \text{ g planta}^{-1}$; por su parte el control resultó tener el valor más alto en rendimiento con $43.41 \text{ g planta}^{-1}$ (Cuadro 2).

Altura de planta. La altura de planta está directamente relacionada con la producción de biomasa. La prueba de Tukey para comparación de medias (Cuadro 2), permite indicarnos una diferencia significativa entre los tratamientos. En el bloque A, se detecta a los tratamientos (control-sin sales) con 173.22 cm y el tratamiento con $4,000 \mu\text{S cm}^{-1}$, con 163.61 cm; en el bloque B los tratamientos a base de $3,000 \mu\text{S cm}^{-1}$ con 159.83 cm y el tratamiento tratado con $5,000 \mu\text{S cm}^{-1}$, resultando con 147.00 cm.

Número de hojas por planta. Las hojas son órganos vegetales muy importantes para la planta, pues son responsables del proceso de fotosíntesis. En el Cuadro 2 se presenta la prueba de Tukey para número de hojas por planta, observándose que la diferencia entre tratamientos no es significativa. La prueba muestra diferencia no significativa en el número de hojas por planta, deduciendo que la salinidad no fue un factor determinante en la formación de hojas. Esto no coincide con Coca et al. (2012) quienes indican que la salinidad reduce linealmente el número de hojas de las plantas.

DISCUSIÓN

Rendimiento. Es importante indicar que los rendimientos más altos fueron aquellos con menor conductividad eléctrica, y de hecho, el rendimiento más bajo se obtuvo en los tratamientos con la mayor conductividad eléctrica. Esto indica que existe una influencia negativa de la salinidad sobre el rendimiento, lo que coincide con Casierra et al. (2013), indicando que el nivel máximo de salinidad tolerado por las plantas, sin que cause reducción en la producción es de $2\,500 \mu\text{S cm}^{-1}$ en plantas ligeramente sensibles; arriba de esa concentración inicia una reducción del 10% en la producción, por cada unidad que incremente la conductividad eléctrica. Por ello la salinidad del suelo y del agua tiene un efecto muy importante sobre los cultivos agrícolas (Cuadro 2). Por su parte, Jaramillo et al. (2014), indican que el incremento de sales dificulta la capacidad de las raíces para absorber agua, lo que conduce a un progresivo decrecimiento en el desarrollo y rendimiento. Los principales efectos de la salinidad en las plantas se deben a un desbalance osmótico, toxicidad, oxidación y finalmente la muerte celular (Mirando et al., 2017). Los mismos autores indican que la tolerancia a la salinidad es un atributo finito y del mejoramiento genético a través de la selección y recombinación para dicho carácter, de igual forma depende de la disponibilidad y extensión de la variabilidad genética

Cuadro 2. Rendimiento promedio de semillas de quinoa por planta, conductividad eléctrica, altura de planta, hojas por planta y potencial de hidrógeno (pH).

Semillas por planta		Conductividad eléctrica (afde**)		Altura de planta		Número de hojas por planta		pH (afde)	
T*	Media (g)	T	Media ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T	Media (cm)	T	Media # hojas	T	Media pH
1	43.44 a***	4	4 930 a	1	173.22 a	1	94.94 a	1	6.46
2	30.65 b	3	4 180 b	3	163.61 a	2	94.22 a	2	6.16
3	23.31 b	2	3 325 c	2	159.83 B	3	93.88 a	3	6.04
4	19.13 b	1	1 690 d	4	147.00 B	4	93.61 a	4	5.98

T*: Tratamiento; afde**: al final del experimento. ***: Diferencia estadísticamente significativa Tukey ($P \leq 0.05$).

existente dentro de la especie en cuestión. La tolerancia de las plantas a la salinidad puede ser medida a través de diferentes criterios, entre ellos presentan: la supervivencia de los cultivos a la salinidad; determinación de la respuesta del crecimiento o del rendimiento de los cultivos en condiciones de salinidad; determinación de la reducción relativa en el rendimiento como una función del incremento de la salinidad y la tolerancia relativa a las sales. Los resultados del presente estudio, concuerdan con lo mencionado por Mirando *et al.* (2017), pues mencionan que cuando el nivel de salinidad se incrementa, el potencial osmótico disminuye, y por lo tanto la disponibilidad de agua, generando un déficit que a su vez afecta el crecimiento de las hojas, la actividad fotosintética es disminuida y el rendimiento se ve afectado; esto quiere decir que las altas concentraciones de sales en suelos, pueden disminuir el crecimiento de las plantas por efectos osmóticos (desbalance de iones nutritivos) y por efectos tóxicos (excesiva acumulación de un ion) (Mirando *et al.*, 2017). Además de lo anterior, un suelo puede ser considerado salino, cuando la concentración de sales o la conductividad eléctrica es de $4,000 \mu\text{S cm}^{-1}$, afectando a las plantas, efecto que se vio apreciado en el tratamiento 3 con $4,000 \mu\text{S cm}^{-1}$ (23.31 g planta⁻¹) pero con resultados ligeramente superiores al rendimiento promedio de quinoa reportado por Bazile *et al.* (2014) (22.5 gramos por planta) en campo y en condiciones normales.

Altura de planta. La altura de la planta está estrechamente relacionada a la concentración de sales en el medio de siembra. En este estudio se observó que el tratamiento con conductividad eléctrica menor, presenta mayor altura de planta, y por el contrario, el tratamiento con la conductividad eléctrica mayor presentó una disminución en altura de planta, lo que coincide con Parés *et al.* (2008), quienes reportaron que la salinidad origina reducción del crecimiento de los cultivos, retarda el crecimiento de las plantas a través de su influencia sobre varios procesos

fisiológicos, tales como: fotosíntesis, conductancia estomática, ajuste osmótico, absorción de iones, además, puede afectar el proceso de transporte de agua e iones, lo que promueve toxicidad iónica y deficiencia nutricional. Por su parte Soto (2015), reporta que no observaron diferencias significativas entre tratamientos en los valores de diámetro basal del tallo y altura de planta durante el ciclo de cultivo con respecto a la conductividad mostrando una tendencia lineal al incremento.

Número de hojas por planta. Los resultados obtenidos en la prueba de medias arrojan diferencias estadísticamente significativas entre todos los tratamientos (Cuadro 3). Se puede apreciar que la conductividad eléctrica inducida en cada uno de los tratamientos concuerda con la conductividad del extracto del suelo, lo que coincide con Cepeda *et al.* (2014) que menciona que en general, a mayor CE de la solución nutritiva presenta un aumento en la CE del sustrato, además coincide con Aguirre *et al.* (2012) que concluyen que la conductividad eléctrica del extracto de saturación de un suelo está directamente relacionada con la composición del agua y añaden que los residuos provenientes de aguas salinas son generalmente 10 veces mayor que los del agua con calidad de riego. Por lo tanto, el uso de aguas entre moderada y altamente salinas son la causa de que se desarrollen condiciones de salinidad, aun cuando el drenaje sea satisfactorio. Lo anterior nos orienta a señalar que en todos los suelos fértiles, contienen por lo menos pequeñas cantidades de sales solubles. La acumulación de sales solubles en el suelo es atribuida principalmente a problemas de drenaje y a la acción de riegos continuados, seguidos de evaporación y sequía, lo cual está relacionado con el pH, el cual juega un papel importante en la absorción y la disponibilidad de los nutrientes para la planta, sobre todo de fósforo y micronutrientes (Trasviña *et al.*, 2018). La concentración de iones hidrógeno es importante cuando se estudia un suelo, la escala de pH es utilizada como indicadora de la concentración de iones

Cuadro 3. Media de Rendimiento de semillas de quinoa por planta, conductividad eléctrica, altura de planta, hojas por planta y potencial de hidrógeno (pH).

Semillas por planta		Conductividad eléctrica afde**		Altura de planta		Número de hojas por planta		pH afde	
T*	Media (g)	T	Media ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	T	Media (cm)	T	Media # hojas	T	Media pH
1	43.44 a***	4	4 930 a	1	173.22 a	1	94.94 a	1	6.46
2	30.65 b	3	4 180 b	3	163.61 a	2	94.22 a	2	6.16
3	23.31 b	2	3 325 c	2	159.83 b	3	93.88 a	3	6.04
4	19.13 b	1	1 690 d	4	147.00 b	4	93.61 a	4	5.98

T*: Tratamiento; afde**: al final del experimento. ***: Diferencia estadísticamente significativa Tukey (P<0.05).

hidrógeno en el suelo. En el Cuadro 3, puede apreciarse que no hubo variabilidad estadística significativa, coincidiendo con lo referido por Acosta *et al.* (2007), donde indica que el uso de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ tiene como objetivo neutralizar los suelos alcalinos, mejorar la permeabilidad, proporcionar azufre y soporte catalítico para la utilización máxima de fertilizantes.

Con base al análisis de correlación y observar si existe correlación entre los tratamientos se realizó una prueba de coeficientes de correlación (Cuadro 4), donde el valor de uno representa el 100% y los decimales el porcentaje de correlación entre variables. Se pudo observar que la correlación existente entre el pH y el rendimiento es del 65%; entre el número de hojas y el pH del 70%; entre altura de planta y pH del 65%; la CE y el pH del 65%; entre el número de hojas y el rendimiento del 99%; por su parte entre la altura de planta y el rendimiento del 84%; entre la CE y el rendimiento del 99%, en la altura de la planta y el número de hojas del 80%; entre la CE y número de hojas del 99% y finalmente entre la CE y la altura de la planta del 79%. La menor correlación se dio entre la altura de la planta y el pH; la mayor entre la CE y el rendimiento. Respecto a la correspondencia directa entre la salinidad y el rendimiento, Rueda *et al.* (2009) mencionan que la presencia de sales ejerce una doble influencia en el suelo, en la primera, la posible toxicidad de algunos iones presentes, como el sodio, y por otro lado, el incremento de la presión osmótica de la solución, lo cual dificulta la absorción del agua por las plantas. Esto hace que los suelos salinos se comporten fisiológicamente como secos, aun con un nivel de humedad apreciable.

La salinidad influye en el crecimiento y producción de la planta. De acuerdo con Madueño *et al.* (2011), en condiciones salinas, el bajo potencial osmótico de la solución del suelo obliga a que las plantas expuestas a ese medio mantengan también un bajo potencial osmótico de sus células, de lo contrario pueden experimentar una dese-

cación osmótica, debido a que el agua se movería de la célula hacia el suelo, lo cual eventualmente le puede provocar la muerte.

En el análisis de regresión, los resultados del análisis de regresión para el rendimiento de semilla (Figura 1), se puede establecer que el comportamiento de la quinoa está determinado por la presencia de sales, logrando su óptimo desarrollo respecto al rendimiento de semilla, con una conductividad eléctrica igual o menor a $2000 \mu\text{S cm}^{-1}$ y el menor rendimiento con una conductividad eléctrica igual o mayor a $8000 \mu\text{S cm}^{-1}$. Estos resultados coinciden con lo reportado por Parés *et al.* (2008) y Rueda *et al.* (2009), quienes encontraron que a mayor salinidad el rendimiento se afecta de forma negativa, lo cual es variable por la capacidad que tiene un cultivo para soportar la salinidad del suelo, ya que las plantas desarrollan diversas estrategias entre las cuales se citan la extracción de sales y ajustando la presión osmótica a través de la síntesis de sales compatibles como la prolina, la glicina-betaína y otros azúcares (Argentel *et al.*, 2010). Otras estrategias son la acumulación de sales en las vacuolas celulares, controlando de esta forma la concentración de sales en el citosol y manteniendo en

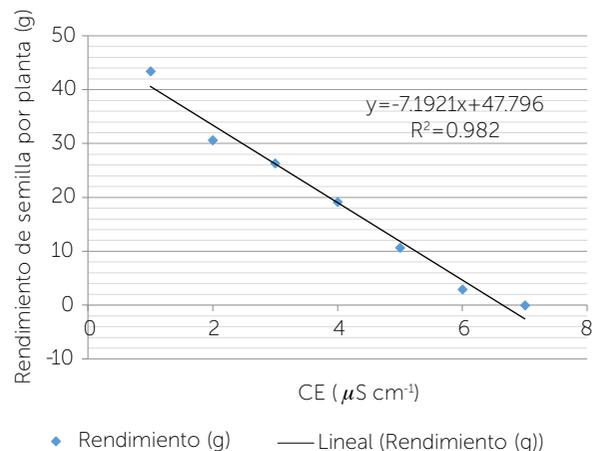


Figura 1. Análisis de regresión para rendimiento de semilla de quinoa respecto a la CE de la solución nutritiva.

Cuadro 4. Análisis de correlación de Pearson de variables evaluadas en la producción de quinoa en soluciones nutritivas salinas.

	pH	Rendimiento (g)	Número de hojas	Altura de Planta(cm)	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)
pH	1.0000				
Rendimiento (g)	0.6757	1.0000			
Número de hojas	0.7039	0.9957	1.0000		
Altura de planta (cm)	0.6515	0.8440	0.8022	1.0000	
CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	0.6724	0.9964	0.9905	0.7967	1.0000



Figura 2. Cultivo de quinoa bajo condiciones de invernadero en semi-hidroponía con diferentes niveles de conductividad eléctrica debido a salinidad sulfática.

las células una relación K^+/Na^+ alta. Además, Ramírez y Hernández (2016), mencionan que los mecanismos de respuesta de las plantas al estrés salino se pueden resumir en tres fases fundamentales: 1) ajuste osmótico, 2) homeostasis iónica, y 3) eliminación de especies reactivas de oxígeno.

CONCLUSIONES

Se demuestra que la salinidad sulfática afecta el rendimiento de semilla del cultivo de quinoa bajo las condiciones de semi-hidroponía en las que se desarrolló el cultivo. Sin embargo, se muestra que la quinoa es moderadamente tolerante a estas sales sulfáticas dado que el cultivo produjo semilla aún en condiciones de alta CE. La parte vegetativa de la planta no se ve afectada por el incremento de salinidad sulfática. El cultivo de quinoa puede ser una alternativa de producción en suelos sulfáticos, considerando las restricciones que impone el efecto de la disminución del potencial osmótico causado por las sales. No obstante, lo anterior, es importante desarrollar más estudios bajo condiciones bióticas y abióticas que pueden presentarse en otras regiones y probar otro tipo de salinidad tal como la clorhídrica.

AGRADECIMIENTOS

Al Fondo de Apoyo a la Investigación de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, el financiamiento recibido para el proyecto: "Sustentabilidad de la agricultura familiar en regiones áridas y semiáridas".

LITERATURA CITADA

Acosta, D. C., Ocampo, D., Cedillo, P. D., Nava, L. M. (2007). Efecto del sulfato de calcio y biosólidos en el rendimiento del cultivo de cacahuete. *Investigación Agropecuaria*, 4: 31-38.

- Aguirre, M. E., Elisei, V. R., Commegna, M. A., Santamaría R.M. (2012). Evolución de la salinidad en un suelo irrigado del sudoeste bonaerense. *Ciencia del Suelo*, 29: 265-276.
- Argentel, L., López, D. R., González, L. M., Ortega, E. (2010). Contenidos de prolina, glicina betaina y proteínas solubles totales en 12 variedades de trigo en condiciones salinas. *Cultivos Tropicales*, 31: 82-86.
- Bazile, D. (2014). Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013: FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia). 724 p.
- Casierra-Posada, F., Arias-Aguirre, J. A., Pachón, C. A. (2013). Effect of salinity caused by NaCl on hybrid tomato plants (*Lycopersicon esculentum* Miller). *Orinoquia*, 17 (1): 23-29.
- Castillo, S., Suárez, G., Mosquera, T. (2017). Naturaleza y sociedad: Relaciones y tendencias desde un enfoque eurocéntrico. *Luna Azul*, 44: 348-371.
- Cepeda, G., Valdez, A., Castillo, G., Ruiz, T., Robledo, V. (2014). Respuestas de lechuga a la conductividad eléctrica con riego superficial y subirrigación. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5: 1233-1245.
- Coca, A., Carranza, C., Miranda, D., Rodríguez M. (2012). Efecto del NaCl sobre los parámetros de crecimiento, rendimiento y calidad de la cebolla de bulbo (*Allium cepa* L.) bajo condiciones controladas. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 6: 196-212.
- Gea, M., Arteaga, P., Batanero, C., Ortiz, J. (2018). Conocimiento tecnológico sobre la correlación y regresión: un estudio exploratorio con futuros profesores. *Bolema*, 32: 134-155.
- González, R., Quero, C., Franco, M., Ramírez, A., Ortega, E., Trejo, L. (2011). Efecto de la salinidad y la temperatura sobre el crecimiento del pasto Banderita (*Boutelouacurtipendula*). *Ciencia Ergo Sum*, 18: 59-69.
- Goykovic, C., Saavedra, R. (2007). Algunos efectos de la salinidad en el cultivo del tomate y prácticas agronómicas de su manejo. *Idesia*, 25: 47-58.
- Jaramillo, V., Arahana, V., Torres, M. (2014). Determinación del nivel de tolerancia a salinidad en condiciones in vitro de plantas de tomate de árbol (*Solanum betaceum*) provenientes de distintas localidades de la Sierra ecuatoriana. *Avances en Ciencias e Ingenierías*, 6: 44-50.

- López, M., Arbona, V., Pérez, C., Gómez, L. (2008). Relationship between salt tolerance and photosynthetic machinery performance in citrus. *Environmental and Experimental Botany*, 62: 176-184.
- Madueño, A., García, P., Martínez, H., Bugarín, M., Bojórquez, S. (2011). Salinidad inducida CON NaCl y aplicación de fósforo sobre las propiedades bioquímicas de frijolillo (*Rhynchosia minima* L). *Universidad y Ciencia*, 27: 43-51.
- Martínez, V., López, A., Basurto, S., Pérez, L. (2011). Effects of salinity on vegetative growth. *Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable*, 5: 156-177.
- Mirando, R., Caballero, A., Cadena, F., Bosque, H. (2017). Salinidad y el cultivo de la quinua. Una breve revisión bibliográfica. *Apthapi*, 3: 87-92.
- Molina, E., González, P., Moreno, R., Montero, Q., Bracho, B., Sánchez, U. (2015). Effects of diets with *Amaranthus dubius* Mart. ex Thell. on performance and digestibility of growing rabbits. *World Rabbit Science*, 23: 9-18.
- Morales, G., Vázquez, N., Bressani, R. (2009). El amaranto. Características físicas, químicas, toxicológicas y funcionales y aporte nutricional. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Social, Pesca y Alimentación. México. 269 p.
- Parés, J., Arizaleta, M., Sanabria, M., García, G. (2008). Efecto de los niveles de salinidad sobre la densidad estomática, índice estomático y el grosor foliar en plantas de *Carica papaya* L. *Acta Botánica Venezuela*, 31: 27-34.
- Ranjit, S., Meera, D., Jaspal, S., Shweta, S., Ajender, N., Sukhpreet, S. (2018). Lettuce growth and yield in Hoagland solution with an organic concoction. *International Journal of Vegetable Science*, 24: 557-566.
- Ramírez, S., Hernández, O. (2016). Tolerancia a la salinidad en especies cespitosas. *Pastos y Forrajes*, 9: 235-245.
- Rojas, W., Alandía, G., Irigoyen, J., Blajos, J., Santivañez, T. (2011). La quinua: cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. Oficina Regional Para America Latina y El Caribe, FAO. 58 p.
- Rueda, P., Barron, H., Preciado, R., López, R., Murillo, A., Tarazon, H., Troyo, D. (2009). La salinidad: ¿un problema o una opción para la agricultura? Plaza y Valdez Editores. México. 262 p.
- Ruiz, A., González, F. (2012). Caracterización climática para la región de bahía de banderas mediante el sistema de Köppen, modificado por García. *Técnicas de Sistemas de Información Geográfica*, 79: 7-19.
- Rasool, S., Hameed, A., Azooz, M., Rehman, M., Siddiqi, T., Ahmad, P. (2013). Salt stress: Causes, types and responses of plants. In: Ahmad P, Azooz M.M., Prasad MNV (eds.) *Ecophysiology and responses of plants under salt stress*. Springer: New York, USA. pp: 1-24.
- SEMARNAT-SAGARPA. (2010). Salinidad del suelo. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México. 58 p.
- Shrivastava, P., Kumar, R. (2015). Soil salinity: A serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 22: 123-131.
- Soto, B. (2015). Oxifertirrigación química mediante riego en tomate. *Agronomía Mesoamericana*, 26: 277-289.
- Trasviña, B., Bórquez, O., Leal, A., Castro, E., Gutiérrez, C. (2018). Rehabilitación de un suelo salino con yeso agrícola en un cultivo de nopal en el Valle del Yaqui. *Terra Latinoamericana*, 36: 85-90.



Production and marketing of taro (*Colocasia esculenta* (L.) Shott) in Actopan, Veracruz, Mexico: Value chain perspective

Producción y comercialización de malanga (*Colocasia esculenta* (L.) Shott) en Actopan, Veracruz, México: Perspectiva de cadena de valor

Nazario-Lezama, Nancy¹; Arvizu-Barrón, Ezequiel^{2*}; Mayett-Moreno, Yesica³; Álvarez-Ávila, María del Carmen¹; García-Pérez, Eliseo¹

¹Colegio de Postgraduados Campus Veracruz. Carretera Xalapa-Veracruz km 88.5, Tepetates, Manlio Fabio Altamirano, Veracruz, México. C. P. 91690. ²Cátedras CONACYT-Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Sociología Rural. Carretera México-Texcoco, Chapingo, México. C. P. 56230. ³Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla. Centro Interdisciplinario de Posgrados. Calle 17 Sur No. 901, Barrio de Santiago, Puebla, Puebla, México. C. P. 72410.

*Autor por correspondencia: arvizubarron@hotmail.com

ABSTRACT

Objective: To analyze the production and marketing of taro in Actopan, Veracruz, Mexico, with a value chain approach.

Design/methodology/approach: Official databases were assessed and 28 questionnaires were applied to producers and seven to representatives of packing companies, with a value chain approach.

Results: fifty percent of producers interviewed are of small-scale (0.5-3 ha) with average annual yields of 50 t ha⁻¹. The main problems faced are: high prices for agricultural inputs, low market prices, pests and diseases. The commercialization of the product is done through retail and wholesale gatherers in the region. There are no purchase-sale contracts, the agreements are verbal. The packing companies are in charge of carrying out the process of clean assembly, selection, disinfection, labeling, packaging and distribution. Ninety percent of the fresh taro market is for the United States.

Limitations on study/implications: Taro producers lack a government agency to represent them, for example the product-system; therefore, the information on production, costs and wholesale prices is limited and dispersed.

Findings/conclusions: The production and commercialization of taro is of great economic and social importance. It generates economic income and temporary jobs throughout the year. It has relatively low production costs and high performance. In general, it benefits economic agents in the value chain. However, the lack of organization of producers does not allow them to use economies of higher scale, access to preferential markets and high prices paid to the producers.

Keywords: Taro, economic agents, export market, value chain.

RESUMEN

Objetivo: Analizar la producción y comercialización de malanga en Actopan, Veracruz, México, con enfoque de cadena de valor.

Diseño/metodología/aproximación: Se consultaron bases de datos oficiales y se aplicaron 28 cuestionarios a productores y siete a representantes de empresas empacadoras, con enfoque de cadena de valor.

Resultados: El 50% de productores entrevistados son de pequeña escala (0.5-3.0 ha) con rendimientos promedio anual de 50 t ha⁻¹. Los principales problemas que estos productores enfrentan son: altos precios de insumos agrícolas; bajos precios de mercado del producto; plagas y enfermedades. La comercialización del producto se realiza a través de acopiadores minoristas y mayoristas de la región; no existen contratos de compra y venta, los acuerdos son de palabra. Las empresas empacadoras se encargan de realizar el proceso de maquila: limpia, selección, desinfección, etiquetado, empaque y distribución. El 90% del mercado de la malanga en fresco es para Estados Unidos.

Limitaciones del estudio/implicaciones: Los productores de malanga carecen de un organismo gubernamental que los represente, entonces, la información de producción, costos y precios al mayoreo es limitada y dispersa.

Hallazgos/conclusiones: La producción y comercialización de malanga es de gran importancia económica y social, genera ingresos económicos y empleos temporales durante todo el año; tiene costos de producción relativamente bajos y alto rendimiento. En general beneficia a los agentes económicos de la cadena de valor. Sin embargo, la falta de organización de los productores no les permite utilizar economías de escala, acceso a mercados preferentes y altos precios pagados al productor.

Palabras clave: Malanga, agentes económicos, mercado de exportación.

fue de 679 ha y una producción de 35,190 t (SIAP, 2018). Los principales estados productores son Oaxaca, Tabasco, Nayarit y Veracruz, éste último considerado el más importante, pues representa el 84.80% del total nacional (577 ha). La importancia económica y social de la malanga en la región, ha incrementado su producción, mostrando una tasa de crecimiento media anual (TCMA) de 28.16% durante el periodo de 2011-2017, un incremento en superficie sembrada de 52.10% entre 2016-2017, pasó de 9,725 a 35,190 t, respecto al periodo 2011-2012 que fue de sólo 6.4% (SIAP, 2018). En Veracruz, los principales municipios productores de malanga son Paso de Ovejas, La Antigua, Puente Nacional, Úrsulo Galván y Actopan. En este último ha mostrado una tasa de crecimiento media anual (TCMA) de 41.47% en el periodo 2010-2017, superior a otros cultivos en el mismo periodo, por ejemplo, caña de azúcar (*Saccharum spp.*), con una tasa de crecimiento promedio de 0.13%, chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Sw.) de 2.53%, y mango manila (*Mangifera indica* L.) con 1.92%. Arce-Castro y Birke-Biewendt (2018) mencionan la importancia de otros cultivos debido a la rentabilidad económica, fácil manejo y adaptación a las condiciones agroclimáticas, tal es el caso de la malanga, ocupando el tercer lugar en cultivos sustitutos del mango manila, chayote y mango tommy.

Entonces, la importancia económica, social por la generación de empleos y la fácil adaptación de la malanga, hace necesario profundizar el análisis en sus procesos de producción y comercialización, en la región principal productora del país: Actopan Veracruz, con un enfoque de cadena de valor.

INTRODUCCIÓN

La malanga o taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott), es una planta perenne tropical que pertenece a la familia Araceae (Jirarat, 2006). Forma parte de la alimentación y usos industriales en Kenya, Islas del Océano Pacífico, Nigeria, Asia y el Caribe (Akwee *et al.*, 2015). Jirarat *et al.* (2006) y Kaushal *et al.* (2015) explican que la presencia de almidón en sus cormos, amilasa (17.28%) y el resto de amilopectina puede ser utilizada por la industria manufacturera (papel, adhesivos y empaques biodegradables) y la farmacéutica. En México, la malanga permaneció por varios siglos en las orillas de ríos y arroyos como planta silvestre (malanga criolla). Fue hasta las décadas de 1970 y 1980 cuando se incentivó su producción como cultivo comercial (Olguín y Álvarez, 2011). Desde entonces se ha experimentado su producción y comercialización, favorecida por las condiciones agroecológicas del territorio, misma que ha permitido su éxito y permanencia de la producción (Olguín, 2001). El volumen de producción mundial de malanga se estima en 11.8 millones de toneladas al año (Vishnu *et al.*, 2012). En el año 2018, la producción de los diez principales países llegó a 9.54 millones de toneladas (FAOSTAT, 2020). La mayor parte de la producción global proviene de países en desarrollo caracterizados por sistemas de producción en minifundio (Singh *et al.*, 2012). En México, la superficie sembrada

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio con enfoque cualitativo y cuantitativo, con una investigación de tipo exploratoria, descriptiva aleatoria y analítica, utilizando el muestreo no probabilístico, con muestra de dos tipos: casos-tipo y por conveniencia. Se utilizó la observación directa a través de recorridos de campo, entrevistas a informantes clave y cuestionarios. La investigación se llevó a cabo en el municipio de Actopan, Veracruz, principal productor de malanga en el estado de Veracruz y de México, además de su impacto socioeconómico regional. El periodo de estudio comprendió los años 2017 y 2018, considerando las épocas de producción y cosecha. Con ayuda de los informantes clave y los recorridos de transecto, se ubicaron las comunidades productoras del cultivo: Santa Rosa, La Esperanza, La Bocanita, Buenos Aires 1, Paso de Vara, El Hule y Rancho Balderas. Se aplicaron cuestionarios a 28 productores, considerando las siguientes temáticas: sector productivo en la región de estudio; características socioeconómicas del productor y de la producción agrícola; acopio-comercialización y venta del producto, entre otras. Además, se aplicaron siete entrevistas semiestructuradas (Hernández, 2014) a representantes legales de las empresas empacadoras, en temas de recepción del producto, almacenamiento, comercialización y distribución. La información de los cuestionarios se analizó mediante la estadística descriptiva (frecuencias, porcentajes y promedios) con el paquete SPSS STATISTICS® versión 19.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Sector productivo en la región productora

El municipio de Actopan, Veracruz tiene una superficie agrícola sembrada de 17,651 ha, de las cuales 402 ha son de malanga. Este cultivo en este municipio representa 68.8% de la superficie a nivel nacional plantada con el mismo (SIAP, 2018). El municipio de Actopan se caracteriza principalmente por la producción de caña de azúcar (35.5%), maíz (*Zea mays* L.) 30.6%, mango manila (22%), malanga (3%), café (*Coffea arabica* L.) 2.4% y chayote (2.1%) (SIAP, 2018). A pesar de que la malanga constituye el cuarto lugar en superficie sembrada en el municipio, destaca en segundo lugar en valor de la producción (16.0%), después de la caña de azúcar (46.0%). La producción de mango es un cultivo simbólico en Veracruz; no obstante, su producción se ha visto disminuida por diferentes factores: plantaciones de edad avanzada, bajos rendimientos, precios bajos, problemas de enfermedades y plagas (Arce-Castro y Birke-Biewendt, 2018). La malanga se podría considerar como un cultivo

de reconversión productiva en la región, por su fácil manejo, adaptabilidad y las condiciones agroecológicas del territorio, las cuales permiten un buen desarrollo agronómico, con rendimientos hasta 70 t ha⁻¹ (Arce-Castro y Birke-Biewendt, 2018; SIAP, 2018). El cultivo ha sido favorable para los productores desde la perspectiva económica, y principalmente porque genera mayores ingresos con respecto al mango manila. Además, los productores y agentes económicos que intervienen en este sistema de producción explicaron que los beneficios económicos y sociales permiten una producción ininterrumpida, por ejemplo, la generación de empleos directos e indirectos para la preparación del terreno, siembra, cosecha, acopio, empaque y embalaje, y exportación hacia Estados Unidos y Canadá.

Perfil socioeconómico de los productores de malanga en Actopan, Veracruz

Los productores se encuentran en un intervalo de edad de 31 a 50 años (54.0%) y mayor a 51 años (42.9%). Los años cursados en la escuela oscilan entre 6-12, mientras que el promedio de escolaridad nacional es de 9.2 (INEGI, 2015), lo cual indica que la mayoría concluyó la educación básica y media superior. La unidad familiar se encuentra concentrada entre los 4-6 integrantes y en promedio la mayoría tiene de 3 a 4 hijos. El tipo de tenencia de la tierra es rentada (52.0%) y pagan \$20,000.00 ha/año; el otro 48.0% es propiedad privada.

La organización para la compra de insumos y actividades para la producción es inexistente; el 100% de los encuestados indicaron no pertenecer a ninguna organización, lo cual puede ser una limitante para recibir algún apoyo económico gubernamental, acceso a mercados preferentes, obtención de precios de mercado relativamente altos y mayor participación e integración en la cadena (Arvizu et al., 2015; Avendaño y Schwentesius, 2005).

La compra de insumos para la producción se realiza mediante los ahorros que tienen los productores (50.0%), otros reciben préstamos de amigos y familiares (25.0%), el resto complementa la inversión con apoyos gubernamentales de otros cultivos. En la actualidad, la malanga no cuenta con subsidios para su producción, comparado con la caña de azúcar, el cual oscila entre \$2,000.00-\$2,500.00 por hectárea (Galicia et al., 2017).

Aspectos relacionados con la producción de malanga

El 57% de los productores son considerados de pequeña escala, los cuales van de 0.5-3.0 ha, de 4.0-6.0 ha (14.3%),

de 7.0-9.0 ha (21.4%) y más de 10 ha (7.1%) con rendimientos promedio anual de 50 t ha⁻¹. La experiencia de los productores para la producción de malanga es de 5-9 años (57.14%), 1-4 años (32.14%) y 10-15 años (10.71%). De acuerdo con Olguín y Álvarez (2011) la variedad que siembran principalmente es criolla. El 100% de los productores la identifican como "malanga coco" misma que se siembra y cosecha por la rentabilidad (75.0%) y la otra parte de los productores (25.0%) indica que la produce para aumentar la superficie sembrada. Esto coincide con el estudio realizado por Arce-Castro y Birke-Biewendt (2018), donde la mayoría de los productores explicaron tener mejores ingresos por la producción de este cultivo. Sin embargo, los principales problemas o limitantes que han enfrentado los productores son precios altos en los insumos agrícolas (32.0%), precios de mercado bajos (28.5%), presencia de plagas y enfermedades (25.0%), costos de producción altos (14.2%) y problemas de comercialización (3.5%).

Para la siembra de malanga es necesario tener hijuelos de alta calidad, los cuales obtienen de la planta madre (85.89%), ya sea de parcelas propias o de un intercambio entre los mismos productores, sólo el 14.2% indicaron haberlo adquirido a \$50 (cincuenta centavos de peso) por hijuelo. La selección del hijuelo se realiza con base al conocimiento que los productores han adquirido a través de los años, sin asesoría técnica, lo cual les ha resultado menos costoso. Existen otros métodos de propagación, como la reproducción in vitro, mediante la extracción de yemas axilares, sin embargo, son procesos que generan altos costos (Reyes, 2007). Por otro lado, el

100% disponen de riego permanente todo el año, mismo que les ha permitido una ventaja competitiva en la producción y en el mercado, a diferencia de otros estados productores de México, incluso países, ya que pueden establecer la plantación en cualquier época del año (Olguín, 2001).

Acopio y comercialización

La comercialización del cormo se realiza a través de acopiadores rurales, minoristas y mayoristas de la región. El 90% de los productores entregan su producto a empresas comercializadoras mayoristas y sólo el 10% a intermediarios locales. Del total, identificaron tres productores-acopiadores, cuya labor es comprar la malanga y comercializarla directamente al mercado nacional y exportación.

En la mayoría de los casos, el acopiador acude directamente a la parcela de producción donde se realiza la cosecha y paga según el precio establecido en la región productora (López *et al.*, 2018). Sin embargo, al no existir contratos de compra-venta, los acuerdos para establecer un precio y formas de pago son a la palabra; entonces, podría existir el incumplimiento de pago por parte de los compradores y el productor perdería toda su inversión muy fácilmente. En ocasiones el pago se realiza en dos exhibiciones, 50% a la entrega y el otro 50%, una vez que el producto es vendido por el agente de comercialización. Otros comercializadores realizan el pago en el momento de la cosecha, o bien, deciden a quien vender su producto y obtener un mejor precio considerando la calidad del producto, tamaño y forma. Los intermediarios locales (acopiadores minoristas) compran para después vender di-

rectamente a las empresas-comercializadoras ubicadas en la región en donde se realiza el proceso de maquila: limpia, selección, desinfección, etiquetado empaque. Mazariegos (2017) indica que, en los estados de Chiapas y Oaxaca, la mayor parte de los productores reciben ingresos de forma inmediata al vender directamente a intermediarios, impidiendo la integración del productor a los canales de comercialización. De acuerdo con la FAO (2005) los pequeños productores tienen posibilidades de incrementar su participación en el mercado, sin embargo, ésta se ve limitada por precios inestables, falta de crédito, infraestructura deficiente, servicios de extensión y falta de organización.

Otros productores venden directamente a las empacadoras y la variabilidad del precio es menor. Las empacadoras se encargan de distribuirlo a mercados regionales, central de abastos, expo-ferias y principalmente a mercados de exportación. La producción de malanga en Actopan, Veracruz, se ha convertido en una actividad económica estratégica generadora de ingresos económicos y empleos, mejorando los indicadores socioeconómicos de la región.

En el año 2017, el precio de compra por kg de malanga fue de \$2.00, con un mínimo de \$1.00 y un máximo de \$3.00 para ese periodo. Estudios realizados por Arce-Castro y Birke-Biewendt (2018) y Mazariegos (2017), mencionan que este sistema productivo ha beneficiado económicamente a los productores, ya que el precio en ese mismo año osciló entre \$3 y 4.0 pesos por kg durante ese ciclo productivo, y su costo de producción estimado fue de \$45 mil pesos por ha⁻¹ con un

rendimiento mínima de 25 t ha⁻¹. En el año 2014 el precio pagado al productor fue de \$5.00 kg, equivalente a \$125,000.00 por hectárea, con una rentabilidad de \$2.77, lo que significa que por cada peso invertido el productor gana \$1.77 pesos. Por esta razón, los cultivos no tradicionales, como es el caso de la malanga, generan mayores ingresos.

Sistema de empaque, embalaje y almacenamiento

Se identificaron siete empacadoras en la región de estudio. Se clasificaron con base en su infraestructura, volumen de ventas y figura jurídica, lo que permitió definir una tipología según sus características: empresarial, intermedias y artesanal (Cuadro 1). Una empacadora empresarial comercializa el equivalente a 7 mil t año⁻¹, es decir, comercializa entre 250-300 contenedores, que acaparan cerca del 41% del volumen total de producción en el estado (17,286.3 t) y el 34.7% de la producción nacional (20,2020 t), generando una derrama económica de aproximadamente \$73.5 millones de pesos al año. Se destina más del 90% al mercado exterior y sólo el 10% para el nacional (central de abastos, local y regional). Otra característica importante es que la agregación de valor es a través de procesamiento de hojuelas (se venden a escuelas de nivel básico y medio superior mediante pedidos) y harina de gránulos muy finos.

Las empacadoras intermedias comercializan cerca de 4,000 t año⁻¹, que en conjunto obtienen el 23% del volumen de producción en el estado y 19.7% de la producción nacional, y generan una derrama económica cercana a los 28 millones de pesos. Por último, las empacadoras artesanales venden alrededor de 150 contenedores al año, equivalente a 3,000 t, lo correspondiente

al 17.3% del total de producción en la región y 14.8% de la producción nacional.

Se identificaron dos empacadoras: El "Remolino" y "La Malangueña", que integran todos sus procesos, debido a que tienen control de lo que producen, cosechan, empaacan (limpian, clasifican y etiquetan) distribuyen y comercializan. La estrategia en dichas empresas es cubrir la demanda del mercado y disponer del producto todo el año. Otra característica importante de estas empacadoras es que se encuentran en proceso de certificación y aseguramiento de la calidad e inocuidad en sus procesos de producción, manipulación, procesamiento y almacenaje. Lo anterior permite tener ventaja competitiva respecto a otros agentes económicos que no tienen indicios de control de calidad en sus instalaciones permitiendo una diferenciación del producto y permanencia en los mercados nacionales e internacionales. Lee y Whang (2000) mencionan que una mayor integración en la cadena de valor permite reducir la incertidumbre en la oferta y demanda, y se vuelve más eficiente.

El principal mercado de la malanga en fresco es para exportación (alrededor del 80.0%) y el resto es para el mercado nacional y local. Se distribuye en dos formas: por vía terrestre: Tijuana, Matamoros y Bodega en McAllen; y por vía marítima, Coatzacoalcos. Los destinos de exportación son: a) Estados Unidos: Los Ángeles, Atlanta, San Francisco, Nueva York, Filadelfia, Boston, Miami y, b) Canadá: Toronto y Vancouver, ciudades consideradas por tener un alto porcentaje de población asiática y centroamericana, lo cual constituye un nicho de mercado para la malanga. El incremento de la demanda se da en los meses de diciembre, enero, febrero y marzo, debido

Cuadro 1. Clasificación y características de las empacadoras de malanga ubicadas en la región de Actopan, Veracruz, México.

Empresa	Tipo de empresa	Ubicación de las empacadoras en el municipio de Actopan	Distribución del producto	Tipo de relación
"El Remolino" S.P.R de R.L.	Empresarial	Santa Rosa	Mercado exterior (Estados Unidos y Canadá), nacional (Central de Abastos, regional y local)	Trato directo con el cliente
"La Malangueña" S.P.R de R.L.	Empresarial	Santa Rosa	Mercado exterior, Nacional (Expo ferias, regional)	Trato directo con el cliente
"Empacadora Domínguez Aguilar"	Artesanal	La Esperanza	Estados Unidos	Intermediario
"Empacadora ROSATRA" S.A. de C.V.	Intermedia	Santa Rosa	Estados Unidos	Cliente directo
"Empacadora Noé Contreras"	Artesanal	El Hule	Estados Unidos	Intermediario
"CAMIL S.P.R de R.L. de C.V.	Empresarial	El Hule	Estados Unidos y Países Bajos	Trato directo con el cliente
"Empacadora la Bocanita"	(Artesanal)	La Bocanita	Estados Unidos	Intermediario

a la estrecha relación con las festividades asiáticas (celebración del año chino o fiesta de la primavera) (Bingqin, 2015). Entonces, resulta indispensable medir el desempeño de un mercado y las ganancias económicas, ambas son mayores cuando la cadena de suministro está identificada, mapeada e integrada (Seung y Yong, 2017).

CONCLUSIONES

El cultivo de malanga en la región de Actopan, Veracruz, México ha cobrado gran importancia debido a la fácil adaptabilidad agroecológica y producción en cualquier época del año, además de altos rendimientos. El agroecosistema de la malanga genera beneficios económicos no sólo al productor sino a todos los agentes involucrados de la cadena; sin embargo, la vinculación del productor al mercado nacional y de exportación está limitada, principalmente por la falta de organización, inexistencia de un sistema-producto que los represente ante autoridades federales y la falta de negociación directa con los comercializadores y distribuidores de Estados Unidos. Se recomienda incrementar la oferta y fomentar el consumo de malanga en el mercado nacional a partir de campañas de marketing digital: redes sociales, videos en plataformas Streaming, entre otras.

AGRADECIMIENTOS

Al Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz y al Fondo Sectorial SAGARPA-CONACYT por el financiamiento a través del proyecto "Aprovechamiento de la diversidad genética y desarrollo de tecnología sustentable de producción, beneficio y manejo poscosecha de la malanga" con clave 265427 de la convocatoria 2015-3.

LITERATURA CITADA

Akwee, P. E., Netondo, G. J., Kataca, A., & Palapala, V. V. (2015). A critical review of the role of taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) to food security: A comparative analysis of Kenya and Pacific Island taro germplasm. *Scientia Agriculturae*, (2), 101-108.

Arce-Castro, B. A., & Birke-Biewendt, A. B. (2018). Malanga (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) y chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Sw.) por mango manila (*Mangifera indica* L.): Cambios en el sistema agrícola de la cuenca central del río Actopan, Veracruz. *Agroproductividad*, 11(2), 94-99.

Arvizu-Barrón, E., Mayett Moreno, Y., Martínez-Flores, J. L., Olivares-Benitez, E., & Flores-Miranda, L. (2015). Análisis de producción y comercialización hortícola del estado de Puebla: Un enfoque de cadena de valor. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(4), 779-792.

Avendaño, R. B. & Schwentesius, R. R. (2005). Factores de competitividad en la producción y exportación de hortalizas: el caso del Valle de Mexicali, B. C. México. *Problemas del desarrollo*, (140), 165-92.

Bingqin, S. (2015). El análisis sobre el impacto de la actividad cultural China en España. *Revista de Gestión Cultural*, 2, 27-48.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2005). What is Agrobiodiversity? Manual de Treinamento «Building on Gende Agrobiodiversity and Local Knowledge». Disponible en: <http://www.fao.org>.

FAOSTAT (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2020). Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize>. Consultado en mayo de 2020.

Galicia-Romero, M., Hernández-Cázares, A. S., Omaña-Silvestre, J. M., Velasco-Velasco, J., de la Vequía, H. D., & Hidalgo-Contreras, J. V. (2017). Ventaja comparativa y competitiva de la producción de panela en la región de Huatusco, Veracruz, México. *Agroproductividad*, 10(11), 29-35.

Hernández Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista-Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación Mc Graw Hill-Interamericana Editores. México, D. F. 656 p.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). (2015). Disponible en: <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/mex/poblacion/>. Consultado en septiembre de 2017.

Tattiyakul, J., Asavasaksakul, S., & Pradipasena, P. (2006). Chemical and physical properties of flour extracted from taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) grown in different regions of Thailand. *Science Asia*, 32(3), 279-284. doi: 10.2306/scienceasia1513-1874.2006.32.279

Kaushal, P., Kumar, V., & Sharma, H. K. (2015). Utilization of taro (*Colocasia esculenta*): A review. *Journal of Food Science and Technology*, 52(1), 27-40.

Lee, H., & Whang, S. (2000). Information sharing in a supply chain. *International Journal of Technology Management*, 20(3-4), 373-387.

López-Santos, Y., Arvizu-Barrón, E., Asiain-Hoyos, A., Mayett-Moreno, Y., & Martínez-Flores, J. L. (2018). Análisis competitivo de la actividad productiva de la malanga: un enfoque basado en la teoría de Michael Porter. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 8(16), 729-763. doi: 10.23913/ride.v8i16.366

Mazariegos-Sánchez, A., Águila-González, J. M., Milla-Sánchez, A. I., Espinosa-Zaragoza, S., Martínez-Chávez, J., & López-Sánchez, C. (2017). Cultivo de malanga (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) en Tuxtla Chico, Chiapas, México. *Agroproductividad*, 10(3), 75-80.

Olguin, P. P. (2001). Cultivos y tecnologías alternativas: el caso de la malanga (*Colocasia esculenta* (L.) Schott). Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz, México. 18 p.

Olguin, P.C., & Álvarez, Á. M.C. (2011). La malanga (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) bajo un enfoque de investigación y desarrollo. *Agroproductividad* 4: 27-33.

Reyes, G. (2007). Reproducción acelerada de semilla de quequisque (*Xanthosoma* sp.) y malanga (*Colocasia* sp.) Guía Técnica 8. Universidad Nacional Agraria de Nicaragua. Managua, Nicaragua.

SIAP (Servicio de Información Agropecuaria y Pesquera). (2018). Disponible en: <https://www.gob.mx/siap>. Consultado en enero de 2018.

Singh, D., Jackson, G., Hunter, D., Fullerton, R., Lebot, V., Taylor, M., & Tyson, J. (2012). Taro leaf blight. A threat to food security. *Agriculture*, 2(3), 182-203. doi: 10.3390/agriculture2030182

Vishnu, V. S., Senthil, M., Hegde, V. M., Jeeva, M. L., Misra, R. S., Veena, S. S., & Raj, M. (2013). Genetic diversity of *Phytophthora colocasiae* isolates in India based on AFLP analysis. *Biotech*, 3(4), 297-305. doi: 10.1007/S 13205-012-0101-5.

Production of basidiomes of *Schizophyllum commune* (Fungi: Basidiomycota) in agricultural by-products of Tabasco, Mexico

Producción de basidiomas de *Schizophyllum commune* (Fungi: Basidiomycota) en subproductos agrícolas de Tabasco, México

Carreño-Ruiz, Santa Dolores¹, Cappello-García, Silvia¹, Gaitán-Hernández, Rigoberto^{2*}, Torres-De la Cruz, Magdiel¹, Gaspar-Génico José Ángel¹, Rosique-Gil, José Edmundo¹

¹Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carretera Villahermosa-Cárdenas km 0.5, desviación a Bosques de Saloya, Villahermosa, Tabasco, México, C.P. 86150. ²Instituto de Ecología, A. C. Carretera antigua a Coatepec 351, El Haya, Xalapa, Veracruz, México, C.P. 91073.

*Autor de correspondencia: rigoberto.gaitan@inecol.mx

ABSTRACT

Objective: the *in vitro* mycelial growth rate of *Schizophyllum commune* Fr. 1815 strains from Tabasco, Mexico and the production of basidiomas in different regional agricultural substrates was evaluated.

Design/methodology/approach: four strains were used: CCG003, CGG009, CCG010 and CGG13, and four substrates: cocoa peel (CP), banana leaves (BL), corn leaves (CL) and as a control, mulatto wood (MW). Based on the speed of growth, two strains and three substrates were selected to evaluate the basidiomas production in two types of containers: plastic bags and rectangular trays. Productivity was assessed based on Biological Efficiency (BE), Yield (Y) and Production Rate (PR).

Results: at 12 days of incubation, the highest mycelial growth rate was recorded in CP by CCG003 and CCG013 strains (51.6 ± 22.1 , and 64.4 ± 18.1 mm d⁻¹) and in HM and HP by CCG009 and CCG010 strains (86.9 ± 17.8 , and 58 ± 7.8 mm d⁻¹), compared to the control substrate (from 117.2 ± 7.4 to 120 ± 0.0 mm d⁻¹). High production was recorded in the CC by the CCG009 strain, grown in bags, with BE of $12.8 \pm 2.6\%$, Y of $4.1 \pm 0.8\%$ and PR of $0.7 \pm 0.1\%$. The production of *S. commune* was better in the bag than in the tray.

Limitations on study/implications: the low moisture retention of the substrate as well as the phenetic plasticity of the species significantly impact the production of basidiomas by inducing connate morphologies of a smaller size.

Findings/conclusions: this study represents an advance in the production of basidiomas of this important fungus, as a food alternative for the tropical regions of Mexico.

Key words: edible mushrooms, food agribusiness, agricultural by-products, tropical regions.

RESUMEN

Objetivo: se evaluó la tasa de crecimiento micelial *in vitro* de cepas de *Schizophyllum commune* Fr. 1815 de Tabasco, México y la producción de basidiomas en diferentes sustratos agrícolas regionales.

Diseño/metodología/aproximación: se utilizaron cuatro cepas: CCG003, CGG009, CCG010 y CGG13, y cuatro sustratos: cáscara de cacao (CC), hojas de plátano (HP), hojas de maíz (HM) y como testigo se utilizó palo mulato (PM). Con base en la velocidad de crecimiento, se seleccionaron dos cepas y tres sustratos para evaluar la producción de basidiomas en dos tipos de contenedores: bolsas plásticas y bandejas rectangulares. La productividad se



Agroproductividad: Vol. 13, Núm. 5, mayo. 2020. pp: 65-71.

Recibido: diciembre, 2019. **Aceptado:** abril, 2020.

evaluó mediante la Eficiencia Biológica (EB), el Rendimiento (R) y la Tasa de Producción (TP).

Resultados: a los 12 días de incubación, la mayor velocidad de crecimiento micelial se registró en CC por las cepas CCG003 y CCG013 (51.6 ± 22.1 y 64.4 ± 18.1 mm d⁻¹) y en la HM y HP por las cepas CCG009 y CCG010 (86.9 ± 17.8 y 58 ± 7.8 mm d⁻¹), en comparación con el sustrato testigo (de 117.2 ± 7.4 a 120 ± 0 mm d⁻¹). La producción más alta se registró en la CC por la cepa CCG009 cultivada en bolsa, con una EB de 12.8 ± 2.6 %, R de 4.1 ± 0.8 % y TP de 0.7 ± 0.1 . La producción de *S. commune* fue mejor en bolsa que en bandeja.

Limitaciones del estudio/implicaciones: la escasa retención de humedad del sustrato, así como la plasticidad fenética que presenta la especie, impactan significativamente la producción de los basidiomas al inducir morfologías connotadas de un tamaño menor.

Hallazgos/conclusiones: este estudio representa un avance en la producción de basidiomas de este importante hongo, como una alternativa alimenticia para las regiones tropicales de México.

Palabras clave: hongos comestibles, agroindustria alimentaria, subproductos agrícolas, regiones tropicales.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el hongo comestible *Schizophyllum commune* Fr. 1815 se sugirió como una alternativa de producción de alimento en las regiones tropicales (Chandrawanshi *et al.*, 2017; Kamalebo *et al.*, 2018) con la posibilidad de aprovechar diferentes subproductos agrícolas para su cultivo (Royle, 2018; Tovar-Herrera, 2018).

Esta especie es de amplia distribución geográfica (Carreño-Ruiz *et al.*, 2010), se le ha encontrado en una gran cantidad de sustratos lignocelulósicos (Vázquez-Mendoza, 2013) y fructifica en altas temperaturas (Cappello García *et al.*, 2018). Así mismo, se consume por diversos grupos étnicos de Asia, África y América (México y Guatemala) (Boa, 2005; Moreno-Fuentes, 2014; Kamalebo *et al.*, 2018). En México se consume en seis Estados de la región Sur (Cappello García *et al.*, 2018). En Tabasco, México, su consumo y venta tradicional se encuentran reportados en Teapa y en Macuspana (Ruán-Soto y Cifuentes Blanco, 2011), donde la disponibilidad de los basidiomas depende de su recolecta en el medio silvestre en la temporada de lluvias.

Su cultivo experimental se ha reportado de 20 a 27 °C (Bran González *et al.*, 2009; Figlas *et al.*, 2014; Ediriweera *et al.*, 2015; Herawati *et al.*, 2016) en diferentes sustratos. Sin embargo, es importante señalar las condiciones ambientales extremas que se presentan en las regiones tropicales, con temperaturas mayores a los 40 °C, por lo que es necesario realizar las investigaciones pertinentes para seleccionar cepas y sustratos con capacidad de producción de basidiomas en dichas condiciones.

En Tabasco existen subproductos agrícolas con el potencial de utilizarse para el cultivo de *S. commune*, como la cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L. 1753), hojas de plátano (*Musa × paradisiaca* L., 1753) y hojas de maíz (*Zea mays*

L. 1753), con una producción anual en el Estado de 18 331 ton, 619 215 ton y 64 532 ton, respectivamente (SIAP, 2019).

El presente estudio tuvo el objetivo de evaluar el crecimiento micelial y la eficiencia de producción de basidiomas de cepas de *S. commune* nativas de Tabasco, México en algunos subproductos agrícolas regionales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se emplearon cuatro cepas de *S. commune* depositadas en el Cepario de Hongos Comestibles y Medicinales "Cappello García" de la División Académica de Ciencias Biológicas (Universidad Juárez Autónoma de Tabasco), con el registro CCG003, CCG009, CCG010 y CCG013, corroboradas taxonómica y molecularmente (Carreño Ruiz *et al.*, 2019). Se depositó una copia de la cepa CCG003, en el Cepario de Hongos del Instituto de Ecología, A.C. (INECOL, Xalapa, México) (World Data Centre for Microorganisms), registrada como IE-968. Así mismo, se emplearon cuatro sustratos: cáscara de cacao (CC) (*Theobroma cacao* L. 1753), hojas de plátano (HP) (*Musa × paradisiaca* L., 1753), hojas de maíz (HM) (*Zea mays* L. 1753) y palo mulato [*Bursera simaruba* (L.) Sarg. (1890)] (PM) como sustrato testigo.

Evaluación del crecimiento micelial

Se preparó inóculo de cada una de las cepas en 100 g de semillas de maíz palomero. Inicialmente, las semillas se hidrataron por inmersión durante 12 h, se lavaron, se escurrió el exceso de humedad y se colocaron en frascos de vidrio de boca ancha, los cuales se esterilizaron durante 40 min a 121 °C. Después del enfriamiento, las semillas se inocularon con cada una de las

cepas a evaluar y se incubaron a 35 ± 2 °C en oscuridad durante 12 d (Gaitán-Hernández et al., 2006).

Cada sustrato se recolectó en fresco en diferentes áreas agrícolas de la región, se secó al sol durante tres días, se fragmentó en partículas de aproximadamente 1 cm de longitud, se hidrató por inmersión durante 12 h y posteriormente se escurrió el exceso de humedad hasta reducirlo a 70%. De manera independiente, a cada sustrato se le agregó cal $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ (0.1%) y yeso (CaSO_4) (0.1%) y la mezcla se colocó en tubos de ensayo de 25×150 mm, a 120 mm del volumen del tubo a partir de la base. Los tubos se esterilizaron durante 40 min a 121 °C y en condiciones de asepsia se les agregó 1.0 g de inóculo previamente preparado y se taparon con algodón estéril, se rotularon con dos líneas longitudinales opuestas "A" y "B" y sobre éstas se midió el crecimiento del micelio durante 51 días de incubación a 35 ± 2 °C en completa oscuridad (Gaitán-Hernández y Salmones, 2015).

Evaluación de la producción de los basidiomas de *S. commune*

Se preparó nuevamente inóculo como previamente se describió (Gaitán-Hernández et al., 2006). Los sustratos utilizados se fragmentaron a un tamaño de partícula de aproximadamente 2-3 cm de longitud. Éstos se sometieron a un tratamiento térmico en agua a 80 °C, dentro de un recipiente metálico de 200 L durante 1 h. Se escurrió el exceso de humedad hasta que cada sustrato tuvo un porcentaje de humedad de 70%.

Proceso de siembra en bolsas

Por cada tratamiento, se prepararon cinco bolsas plásticas de 35×45

cm, con un kg del sustrato húmedo y 60 g de inóculo homogéneamente distribuido. Las bolsas se incubaron en oscuridad a 38 ± 2 °C y humedad relativa de 80%. A las 24 h de incubación, con ayuda de una navaja estéril, a cada bolsa se les hicieron 29 perforaciones en forma de "X" de 20×20 mm aproximadamente, y una vez que el micelio cubrió el sustrato, se expusieron a 12 h de luz y 12 h de oscuridad, se humedecieron continuamente mediante un sistema de riego y se registró una temperatura de 38 ± 2 °C y una humedad relativa de 80%, durante el periodo de producción.

Proceso de siembra en bandejas

Por cada tratamiento se sembraron cinco bandejas (30×20×5 cm de largo, ancho y profundidad, respectivamente) con 1 kg de sustrato húmedo y 60 g de inóculo colocado en el fondo del contenedor. Las bandejas se cubrieron con una película plástica e incubaron en completa oscuridad a 38 ± 2 °C y una humedad relativa de 80%. A las 24 h de incubación, la cubierta plástica se perforó con 15 orificios lineales de 18 mm aproximadamente. Una vez que el micelio cubrió el sustrato, se retiró el plástico y se expusieron a 12 h luz y 12 h de oscuridad y se humedecieron continuamente mediante un sistema de riego; se registró la misma temperatura y humedad citadas previamente.

En la evaluación de ambas condiciones, se consideró el periodo de incubación, la aparición de primordios, tamaño de hongos, peso fresco y seco de los mismos, número de cosechas, temperatura ambiental y humedad relativa. En la producción de *S. commune* se consideró la Eficiencia Biológica $[\text{EB} = \text{Peso fresco de los hongos cosechados (g)}/\text{Peso seco del sustrato (g)} \times 100]$, Rendimiento $[\text{R} = \text{Peso fresco de los hongos cosechados (g)}/\text{Peso húmedo del sustrato (g)} \times 100]$ y la Tasa de Producción $(\text{TP} = \text{EB}/\text{tiempo transcurrido desde la inoculación hasta la última cosecha})$ (Gaitán-Hernández et al., 2006).

Diseño experimental y análisis estadístico

Los valores de crecimiento micelial (mm d^{-1}) se registraron en una matriz. Se les aplicó una ANOVA multifactorial y comparación de medias, de acuerdo a la prueba de rangos múltiples de Tukey ($p < 0.05$). En total se evaluaron 16 tratamientos (4 cepas×4 sustratos×7 réplicas). Los valores de productividad se analizaron también con una ANOVA multifactorial y una comparación de medias (Tukey, $p < 0.05$). En total se evaluaron 12 tratamientos (2 cepas×2 sistemas de cultivo×3 sustratos×5 réplicas). Todos los valores se analizaron con el programa Statistica versión 7.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación del crecimiento micelial

A los 12 d de incubación, las cuatro cepas mostraron la mayor velocidad de crecimiento micelial promedio en el sustrato testigo (PM), sin diferencias estadísticas entre ellas. Con respecto a los sustratos alternativos, las cepas CCG003 y CCG013, mostraron la mayor velocidad en CC, contrario a las cepas CCG009 y CCG010, con valores más altos de crecimiento en HM y HP, respectivamente (Cuadro 1). La tasa de crecimiento micelial promedio (mm d^{-1}) de cada cepa se muestran en la Figura 1.

Previo a este estudio, Carreño Ruiz *et al.* (2014) registraron un resultado similar en la tasa de crecimiento micelial promedio diario de la cepa silvestre de la región CH-147 de *S. commune*, crecida en CC, con 9.7 mm d⁻¹. Con esta prueba se evidencia la preferencia de las cepas por el PM, registrado como uno de los hospederos naturales de *S. commune* (Ruán-Soto *et al.*, 2004). Sin embargo, es importante considerar que el manejo de este sustrato no se considera factible debido a las implicaciones ecológicas y económicas que representa la extracción del árbol del medio natural, por lo que la CC y la HP constituyen alternativas viables dada su gran abundancia en la región.

Evaluación de la producción de basidiomas de *S. commune*

Del experimento anterior se seleccionaron las cepas CCG009 y CCG013, así como tres sustratos, PM, CC y HP, para el cultivo y producción de basidiomas de la especie de estudio. La descripción del ciclo de cultivo y productividad de ambas cepas se muestra en el Cuadro 2. En el sistema de cultivo en bolsa, el periodo más corto de aparición de primordios fue de un día, en los tres sustratos evaluados y las dos cepas probadas. La primera cosecha en CC se registró a los cuatro días después del periodo de incubación, en ambas cepas. En CC también se obtuvieron más cosechas con la cepa CCG009 (Cuadro 2).

La duración total del ciclo de cultivo en ambos sistemas de cultivo varió de 26 a 27 d. Los valores son semejantes

Cuadro 1. Crecimiento micelial promedio de las cepas de *S. commune* a los doce días de incubación.

Sustrato	Cepas			
	CCG003	CCG009	CCG010	CCG013
PM	120±0.0 ^a	117.2±7.4 ^a	120±0.0 ^a	120±0.0 ^a
CC	51.6±22.1 ^{de}	78.8±13.3 ^{bc}	53±17.8 ^{cde}	64.4±18.1 ^{bcd}
HP	41.3±12.5 ^{def}	56.4±20.0 ^{cd}	58±7.8 ^{cd}	49.5±13.4 ^{de}
HM	28.4±15.1 ^{ef}	86.9±17.8 ^b	49.4±17.5 ^{de}	16.1±4.5 ^f

PM=palo mulato, CC=cáscara de cacao, HP=hoja de plátano, HM=hoja de maíz. Los valores son promedios ± desviación estándar. Los promedios que no tiene al menos una letra en común, para los sustratos y para las cepas son significativamente diferentes (Tukey, p<0.05).

a los registrados por Bran-González *et al.* (2009) y Herawatia *et al.* (2016), quienes reportaron ciclos de cultivo de 28 d en rastrojo de maíz y desechos de la palma de aceite, y difiere del cultivo con semillas de girasol, con ciclos de 31 a 36 d (Figlas *et al.*, 2014) y de 48 d en viruta de pino (Bran-González *et al.*, 2009).

La especie de hongo objeto de estudio, ofrece una ventaja al productor para obtener basidiomas cuatro días después de la incubación, periodo más corto que el reportado para otras especies tropicales como *Pleurotus djamor* (Fr.) Boedijn, con aparición de primordios hasta los 13 d después de la incubación, en sustratos como el rastrojo de maíz, bajo condiciones similares a las reportadas en este estudio (López-Coba *et al.*, 2005).

En cuanto a los índices de producción, el mayor valor de biomasa fresca se obtuvo con la cepa CCG009 cultivada en bolsas sobre CC (41.2±8.3), con diferencias estadísticas para el resto de los tratamientos. En general, este sustrato presentó los mayores valores de biomasa después de los registrados en el sustrato testigo (PM) (Cuadro 2). Sin embargo, se observó alta re-

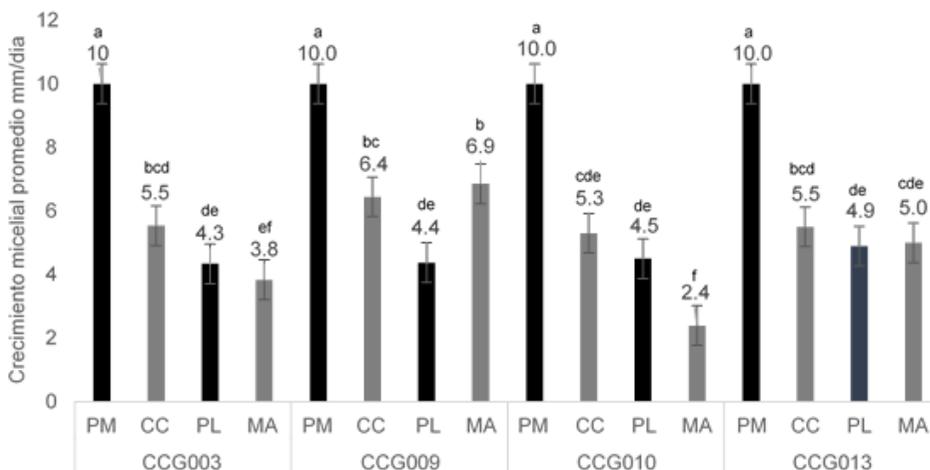


Figura 1. Tasa de crecimiento micelial promedio de las cepas de *S. commune* en los sustratos evaluados.

Las columnas que no tienen al menos una letra en común son significativamente diferentes (Tukey, p<0.05).

Cuadro 2. Ciclo de cultivo y producción de basidiomas de *S. commune*, en los dos tipos de contenedores evaluados.

CEPA CCG009	Contenedor					
	Bolsa			Bandeja		
*Descripción del cultivo	PM	CC	HP	PM	CC	HP
Periodo de incubación (d)	9	9	9	9	9	9
Aparición de primordios (d)	1-2	1	1-2	2-3	2-3	2
Primera cosecha (d)	5	4	5	4	5	5
Cosechas (promedio)	5	6	4	5	3	3
Duración del ciclo de cultivo (d)	27	27	27	27	27	26
*Índices de producción						
Biomasa fresca promedio (g kg ⁻¹)	32.5±1.9 ^b	41.2±8.3^a	12.5±1.18 ^{cde}	33.2±6.0^{ab}	11.4±2.6 ^{de}	12.3±2.5 ^{cde}
Biomasa seca promedio (g kg ⁻¹)	11.4±1.4 ^a	10.0±0.9^a	4.0±0.6 ^{bc}	10.2±1.0^a	3.6±1.8 ^{bc}	3.4±1.2 ^{bc}
Eficiencia biológica (%)	10.5±0.6^a	12.8±2.6^a	7.1±0.7 ^b	10.7±1.9^a	3.5±0.8 ^{cd}	6.9±1.4 ^b
Rendimiento (%)	3.3±0.2 ^{ab}	4.1±0.8^a	1.3±0.1 ^{cde}	3.3±0.6^{ab}	1.1±0.3 ^{de}	1.2±0.2 ^{cde}
Tasa de producción (%)	0.6±0.0 ^a	0.7±0.1^a	0.4±0.0 ^b	0.6±0.1^a	0.2±0.0 ^d	0.4±0.1 ^b
CEPA CCG013	Contenedor					
	Bolsa			Bandeja		
*Descripción del cultivo	PM	CC	HP	PM	CC	HP
Periodo de incubación (d)	9	9	9	9	9	9
Aparición de primordios (d)	1-2	1	1-3	5	5-6	5
Primera cosecha (d)	4	4	6	4	6	4
Cosechas (promedio)	5	5	3	2	2	2
Duración del ciclo de cultivo (d)	27	27	26	26	27	27
*Índices de producción						
Biomasa fresca promedio (g kg ⁻¹)	20.0±4.0^c	15.9±2.7 ^{cd}	12.7±0.9 ^{cde}	8.8±3.9 ^{def}	6.3±4.0 ^{ef}	2.6±1.5 ^f
Biomasa seca promedio (g kg ⁻¹)	5.4±0.6^b	4.8±0.9 ^b	2.2±0.4 ^{cd}	2.1±0.5 ^{cd}	1.9±1.8 ^{cd}	0.7±0.6 ^d
Eficiencia biológica (%)	6.4±1.3^b	4.9±0.8 ^{bc}	7.2±0.5 ^b	2.8±1.3 ^{cd}	2.0±1.3 ^d	1.5±0.9 ^d
Rendimiento (%)	2.0±0.4^c	1.6±0.3 ^{cd}	1.3±0.1 ^{cde}	0.9±0.4 ^{def}	0.6±0.4 ^{ef}	0.3±0.2 ^f
Tasa de producción (%)	0.4±0.1^b	0.3±0.0 ^{bc}	0.4±0.0 ^b	0.2±0.1 ^{cd}	0.1±0.1 ^d	0.1±0.0 ^d

PM=palo mulato, CC=cáscara de cacao, HP=hoja de plátano. Los valores son promedios ± desviación estándar. Los promedios que no tienen al menos una letra en común en los índices de producción son significativamente diferentes (Tukey, p<0.05).

ducción en la biomasa seca, lo cual se atribuye a la morfología natural de la especie, debido a la presencia de la película vilosa en el píleo del basidioma, la cual retiene una buena cantidad de agua en condiciones húmedas y tiende a perderla con facilidad en ambientes secos (Carreño-Ruiz et al., 2019). Así mismo, los valores más altos de EB (12.8±2.6), R (4.1±0.8) y TP (0.7±0), se registraron en la CC en el cultivo en bolsa, con la cepa CCG009, sin diferencias estadísticas con la EB, R y TP de PM, tanto en bolsa como en bandejas, pero fueron estadís-

ticamente diferentes del resto de los tratamientos. En el otro sustrato alternativo de HP, la cepa CCG009 logró una EB de 7.1±0.7%, una R de 1.3±0.1% y una TP de 0.4±0.0% en el cultivo en bolsa, mientras que en bandeja presentó valores similares, sin diferencia significativa entre los tratamientos. En tanto que con la cepa CCG013 en HP, el sistema de cultivo en bolsa fue más eficiente (Cuadro 2).

Es importante señalar que estos resultados se encuentran dentro de los valores registrados previamente

en la producción de *S. commune*. Bran-González et al. (2009) reportaron una EB de 4.98% en viruta de pino suplementada con harina de trigo (*Triticum aestivum* L.), avena (*Avena sativa* L.) y CaCO₃ y de 5.5% en la caña y olote de maíz (50-50%). Por otra parte, los resultados aquí obtenidos, superan la EB de 3.73% obtenida en desechos del fruto de la palma de aceite suplementados con CaCO₃, salvado de arroz (*Oryza sativa* L.) y almidón de tapioca (*Manihot esculenta* Crantz), reportada por Herawatia et al. (2016). Sin embargo, los valores son inferiores

a la EB de 40.7% a 48.3%, lograda en la cáscara de semillas de girasol (*Helianthus annuus* L.) solas y suplementadas con salvado de trigo, entre otros (Figlas *et al.*, 2014).

El cultivo de esta especie obedece a la dinámica de diferentes factores, primero, las cepas presentan diferentes capacidades o respuestas de producción, en este caso, la mejor producción se obtuvo con la CCG009, segundo, con esta misma cepa se obtuvieron resultados similares entre los tratamientos evaluados en un mismo sustrato y en ambos sistemas de siembra, mientras que, con la cepa CCG013 la producción fue mayor en bolsa que en bandejas.

Es importante considerar la capacidad de retención de humedad que tienen los diferentes sustratos, la cual tiende a mantenerse cuando se usan bolsas, en comparación con las bandejas, lo que influye en la producción. En el caso del estado de Tabasco, la temperatura ambiente anual oscila desde 36 hasta 40 ± 2 °C, en los meses más calurosos, lo que afecta la humedad presente en los sustratos, debido a que, bajo estas condiciones tienden a perderla y en mayor medida si se utiliza el sistema en bandejas.

El sustrato de cáscara de cacao (CC) representa una alternativa viable para la producción de *S. commune*, aunque es importante continuar con las investigaciones al respecto, dada la plasticidad morfológica que presenta este hongo, lo cual propicia que en las bolsas se produzcan morfologías mayormente conadas, mientras que en las bandejas son flabeliformes, con tamaños de 3 a 8 mm y de 10 a 50 mm de diámetro, respectivamente, (Figura 2), lo cual condiciona la aceptación de esta especie por parte de los consumidores, quienes, en Tabasco refieren su preferencia por los hongos flabeliformes de mayor talla. La optimización de la producción de este cultivo podría lograrse al integrar los factores señalados y otras condicionantes tales como el mejoramiento genético de las cepas nativas y la elaboración de distintas formulaciones de sustratos con suplementos disponibles en la región.

CONCLUSIÓN

Schizophyllum commune se desarrolla y fructifica en condiciones de alta temperatura y humedad, por lo que es un recurso viable para la producción de alimento en la región del trópico húmedo de México. Su crecimiento es rápido, se logra su primera cosecha incluso a los 4 d después del periodo de incubación, apto para producirse en



Figura 2. Morfología de los basidiomas de *S. commune* cultivados en cáscara de cacao: A) conados y B) flabeliformes (Fotografías: Santa D. Carreño Ruiz).

condiciones semicontroladas en instalaciones rústicas, con posibilidades de emprendimiento por parte de las comunidades rurales y en general, para el sector interesado en la producción de hongos, con requerimientos mínimos a un bajo costo. Este estudio, constituye la primera evaluación de crecimiento micelial de cepas nativas de *S. commune* en México y de su producción en sustratos agrícolas generados la región tropical.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), el apoyo otorgado por el proyecto CONACYT - FORDECYT 273647 y la beca número 443982 de la primera autora (443982).

LITERATURA CITADA

- Boa, E. (2005). Los hongos comestibles silvestres. Italia: Food and Agriculture Organization.
- Bran-González, M. C., Morales-Esquivel, O. I., Flores-Arzú, R. E. & Cáceres-Staackmann, R. A. (2009). Caracterización y producción de cuerpos fructíferos de cepas nativas del hongo comestible Asam (*Schizophyllum commune* Fr.). Universidad de San Carlos, Guatemala.

- Cappello-García, S. (2018). Fruit body production of *Schizophyllum commune*. In Sánchez, J. E., Mata, G. & Royse, D. J. Ed. Updates on Tropical Mushrooms. Basic and applied research. Mexico: El Colegio de la Frontera Sur, 95-104.
- Carreño-Ruiz, S. D., Ávalos Lázaro, A. A., Cappello-García, S., Gaitán-Hernández, R., Chen, J., Guillen-Navarro, G. K., García-Fajardo, L. V., Jiménez-Pérez, N. C., Torres De la Cruz, M., Cifuentes-Blanco, J. & Cappello, R. E. (2019). New record of *Schizophyllum* (Schizophyllaceae) from Mexico and the confirmation of its edibility in the humid tropics. *Phytotaxa* 413 (2): 137–148. doi:10.11646/phytotaxa.413.2.3
- Carreño-Ruiz, S. D., Cappello-García, S., Gaitán-Hernández, R., Cifuentes-Blanco, J. & Rosique-Gil, J. E. (2014). Crecimiento de tres hongos comestibles tropicales en medios de cultivo y residuos agrícolas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5: 8, 1447-1458. doi: 10.29312/remexca.v5i8.822
- Chandrawanshi, N. K., Tandi, D. K., & Jadhav, S. K. (2017). Nutraceutical properties evaluation of *Schizophyllum commune*. *Indian Journal of Scientific Research*, 13 (2): 57-62.
- Ediriweera, S. S., Wijesundera, R. L. C., Nanayakkara, C. M. & Weerasena, O. V.D. S. J. (2015). Comparative study of growth and yield of edible mushrooms, *Schizophyllum commune* Fr., *Auricularia polytricha* (Mont.) Sacc. and *Lentinus squarrosulus* Mont. on lignocellulosic substrates. *Mycosphere* 6 (6): 760–765. doi: 10.5943/mycosphere/6/6/10
- Figlas, D., González-Matute, R., Delmastro, S. & Curvetto N. (2014). Sunflower seed hulls for log system cultivation of *Schizophyllum commune*. *Micología Aplicada Internacional*, 26: 2, 19-25.
- Gaitán-Hernández, R. & Salmones, D. (2015). Uso de residuos lignocelulósicos para optimizar la producción de inóculo y la formación de carpóforos del hongo comestible *Lentinula boryana*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6: 7, 1639-1652. doi: 10.29312/remexca.v6i7.556
- Gaitán-Hernández, R., Salmones, D., Pérez Merlo, R. & Mata, G. (2006). Manual práctico del cultivo de setas: aislamiento, siembra y producción. 1era. ed., 1a. reimp. México: Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, Veracruz.
- Herawati, E., Arung, E. T. & Amirta, R. (2016). Domestication and Nutrient Analysis of *Schizophyllum commune*. *Alternative Natural Food Sources in East Kalimantan*. *Agriculture and Agricultural Science Procedia* 9: 291 – 296. doi: 10.1016/j.aaspro.2016.02.125
- Kamalebo, H. M., Wa Malale, H. N. S., Ndabaga, C. M., Degreef, J. & Kesel, A. D. (2018). Uses and importance of wild fungi: traditional knowledge from the Tshopo province in the Democratic Republic of the Congo. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 14 (13), 1-12. doi: 10.1186/s13002-017-0203-6
- López-Cobá, E. H., Ancona-Méndez L. & Medina-Peralta, S. (2005). Cultivo de *Pleurotus djamor* en condiciones de laboratorio y en una casa rural tropical. *Revista Mexicana de Micología*, 21:93-97. doi: 10.33885/sf.2005.3.962
- Moreno-Fuentes, A. (2014). Un recurso alimentario de los grupos originarios y mestizos de México: los hongos silvestres. *Anales de Antropología*, 48: 1, 241-272. doi: 10.1016/S0185-1225(14)70496-5
- Royse, D. J. (2018). Importance and potential of tropical mushrooms. In Sánchez, J. E., Mata, G. y Royse, D. J. Ed. Updates on Tropical Mushrooms. Basic and applied research. Mexico: El Colegio de la Frontera Sur, 17-24.
- Ruán-Soto, F., Garibay-Orijel, R. & Cifuentes-Blanco J. (2004). Conocimiento micológico tradicional en la planicie costera del Golfo de México. *Revista Mexicana de Micología*, 19: 57-70. doi: 10.33885/sf.2004.3.926
- Ruan-Soto, F. & Cifuentes-Blanco, J. (2011) Notas etnomicológicas del poblado de Teapa, Tabasco, *In: Educación Ambiental para la conservación de la biodiversidad*. López-Hernández ES (ed). El Colegio de Investigadores de Tabasco, A. C.-UJAT, México, 249-256.
- Tovar-Herrera, O. E., Martha-Paz, A. M., Pérez-Llano, Y., Aranda, E., Tacoronte-Morales, J. E., Pedroso-Cabrera, M. T., Arévalo-Niño, K., Folch-Mallo, J. L. & Batista-García, R. A. (2018). *Schizophyllum commune*: An unexploited source for lignocellulose degrading enzymes. *MicrobiologyOpen*, 7:e637: 1-13. doi: 10.1002/mbo3.637
- Vázquez-Mendoza, S. (2013). Nuevo hospedero del hongo *Schizophyllum commune* en América. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84: 661-663. doi: 10.7550/rmb.31611



The mushroom *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) , and their added value: case study

El hongo *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) y su valor agregado: caso de estudio

De la Cruz-Blanco, Geydi M.¹; Morán-Arellanos, Teófilo²; Huicab-Pech, Zulema G.³; Rosales-Martínez, Verónica^{4*}

¹Instituto Tecnológico Superior de Escárcega. Calle 85. Col. Unidad, Esfuerzo y Trabajo No.1 C.P. 24350. ²1916 Main Street, Unionville Missouri, E.U., 63565. ³Calle Enrique Arias, No. 7 Cd. Concordia, Campeche, CP. 24085. ⁴Cátedras-CONACyT. Colegio de Postgraduados, Campus Campeche, Carretera Haultunchén-Edzná Km. 17.5, Sihochac, Champotón, Campeche. C.P.24450. México

*Autor para correspondencia: vrosales@colpos.mx

ABSTRACT

Objective: to evaluate the recognition of mushroom fungi (*Pleurotus ostreatus*) and the acceptance of their products made in Champotón, Campeche, Mexico.

Design/methodology/approach: a survey was applied to a non-probabilistic sample of n=100 people from Sihochac and Santo Domingo Kesté to assess the recognition of edible fungi. Three types of sausages and two types of jam were made; These products were valued by a panel of 62 untrained tasters, on a hedonic scale of pleasant, unpleasant and neutral. Bromatological analyzes were performed on the processed products.

Results: the edible fungus is known in the communities of Champotón, Campeche, but is little consumed. All by-products had good acceptability values, such as smell, color, taste and appearance.

Limitations on study/implications: although the elaboration of products based on *P. ostreatus* is a good alternative for its consumption and commercialization, the inhabitants of the municipality of Champotón, Campeche, do not know the process of elaboration, so it is necessary to publicize its procedure.

Findings/conclusions: it was found that the elaboration of edible mushroom by-products is a viable alternative for the diversification of products made with mushroom mushrooms. In addition to these by-products have a good acceptance by the inhabitants.

Keywords: Food safety, edible mushrooms, sausages, jam.

RESUMEN

Objetivo: evaluar el reconocimiento de los hongos setas (*Pleurotus ostreatus*) y la aceptación de sus productos elaborados, en Champotón, Campeche, México.

Diseño/metodología/aproximación: se aplicó una encuesta a una muestra no probabilística de n=100 personas de Sihochac y Santo Domingo Kesté para evaluar el reconocimiento de los hongos comestibles. Se elaboraron tres tipos de embutidos y dos tipos de mermelada; dichos productos fueron valorados por un panel de 62 degustadores no entrenados, en escala tipo hedónica de agradable, desagradable y neutro. Se realizaron análisis bromatológicos a los productos elaborados.

Resultados: el hongo comestible es conocido en las comunidades de Champotón, Campeche, pero es poco consumido. Todos los subproductos tuvieron buenos valores de aceptabilidad, tales como olor, color, sabor y apariencia.

Limitaciones del estudio/implicaciones: Aunque la elaboración de productos a base de *P. ostreatus* es una buena alternativa para su consumo y comercialización, los habitantes de Champotón, Campeche, desconocen el proceso de elaboración, por lo que es necesario dar a conocer su procedimiento.

Hallazgos/conclusiones: Se comprobó que la elaboración de subproductos de hongos comestibles es una alternativa viable para la diversificación de productos a base de hongos setas. Además de que estos subproductos tienen buena aceptación por los habitantes evaluados.

Palabras clave: Seguridad alimentaria, hongos comestibles, embutidos, mermelada.

(López-Fernández *et al.*, 2019). Por lo anterior, la producción de hongos comestibles y el valor agregado que se le puede proporcionar a través de la elaboración de subproductos, se propone como estrategia agroecológica, ya que es una alternativa tecnológica apropiada para la obtención de alimentos de alto valor nutritivo y medicinal, así como la generación de empleos e ingresos, por la posibilidad de obtener grandes cantidades de producto en pequeñas áreas, en cortos períodos de tiempo, mediante técnicas sencillas y a bajo costo de producción. Dado el contexto anterior, el objetivo de esta investigación fue identificar la percepción y aceptación de productos elaborados a base de hongos setas (*Pleurotus ostreatus*), tomando como referencia el nivel de agrado del consumidor en comunidades rurales de Campeche, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Reconocimiento del hongo comestible como fuente de alimentación

Para esta etapa se realizó trabajo de campo tomando como población las comunidades rurales, Santo Domingo Kesté (19.49° N y -90.51° O) (Ciudades y directorio, 2016), cuya localidad fue fundada por población guatemalteca, apoyada por el gobierno mexicano en seguimiento a los tratados internacionales entre el Comisionado de Refugiados (ACNUR) de Naciones Unidas y los acuerdos entre México y Guatemala, con una población de 3,763 personas de los cuales 1,901 son hombres y 1,862 son mujeres; y Sihochac, Champotón, Campeche, la cual tiene una población de 2,731 personas, de esta población, 1,359 son hombres y 1,372 mujeres (SEDESOL, 2015), la

INTRODUCCIÓN

Según datos emitidos por SAGARPA (2015), Campeche, México, es uno de los principales estados generadores de residuos agrícolas principalmente de maíz (*Zea mays* L.), sorgo (*Sorghum bicolor* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.); en términos porcentuales, de los 37.5 millones de toneladas de esquilmos agrícolas obtenidos de estos tres cultivos, 68% corresponde a rastrojo de maíz, 19% a esquilmos de sorgo, 11% a paja de trigo y 2% a paja de cebada. Esta diversidad de residuos locales agrícolas generados constantemente, proporcionan un buen potencial a las zonas rurales para producir alimentos no tradicionales, tal como la producción de *Pleurotus* spp., dado que funcionan adecuadamente como sustrato para su inoculación (López *et al.*, 2005). Las propiedades nutricionales y funcionales de los hongos comestibles pueden representar una contribución relevante a la seguridad alimentaria del país, así como una estrategia adecuada para promover el crecimiento sostenido equitativo de la producción y el consumo (Mayett y Carrera, 2016).

La importancia relevante de la tecnología de producción de hongos comestibles en la alimentación de la población rural mexicana, radica en que los hongos comestibles forman una estrategia de subsistencia basada en el aprovechamiento de los recursos naturales, posee una amplia aceptación a nivel urbano y rural por sus propiedades alimenticias, ya que estos hongos representan un alimento con 350 calorías, constituyen buena fuente de proteína 21.7-23.9%, con digestibilidad de 80-87%, vitaminas (A, B1, B2, B6, B12, C, D2, D3, niacina, ácido pantoténico, pro-vitamina D2), minerales (hierro, potasio, fósforo, cobre, selenio, calcio, magnesio, manganeso, zinc), fibra dietética (47.3 g 100 g⁻¹), bajo contenido de grasas (3.2%) y carbohidratos digeribles (1-5%) (Pérez *et al.*, 2010; Chang & Miles, 2004).

Por otra parte, en la agroindustria, es un requerimiento proporcionar un aprovechamiento integral de las frutas; ante esto, para cumplir la demanda, los países deben implementar las denominadas "tecnologías limpias" o "tecnologías sin residuos" (López *et al.*, 2011), y aunado a que la industria alimentaria ha sido muy cuestionada por los productos que comercializa y su presumible relación con la obesidad, es por eso que en los últimos años se ha renovado con la aparición de alimentos a base de novedosos ingredientes

principal actividad económica es la del cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) que se procesa en el ingenio La Joya.

Se aplicó una encuesta a una muestra no probabilística de 100 personas correspondiendo a 50 personas por cada comunidad con un cuestionario de 10 preguntas abiertas y cerradas de opción múltiple, bajo el criterio de deseo libre de participar; una vez obtenidos los datos se ingresaron al programa Statistica Versión 7.0 para obtener datos cualitativos, cuantitativos y tablas de frecuencia con resultados en porcentajes, promedios y datos descriptivos como media, mediana, moda.

Elaboración de subproductos de hongo seta (*Pleurotus ostreatus*)

Se elaboraron tres diferentes tipos de embutidos, en los que se utilizó el hongo seta como materia prima, en complemento con carne de cerdo y con soya texturizada (*Glycine max* L.); así mismo, dos tipos de mermelada, uno de pura seta y otro de seta con piña (*Ananas comosus*), para dar un sabor diferente a la mermelada. Estos alimentos se realizaron de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-145-SSAL-1995 para productos cárnicos troceados y curados. Productos cárnicos curados y madurados. Disposiciones y especificaciones sanitarias para los embutidos y para las mermeladas, bajo la norma del Codex para las confituras, jaleas y mermeladas (Codex Stan 296-2009).

Aceptación de subproductos

Se midió la percepción, la cual fue concebida como la "interpretación de la sensación y capacidad de la mente para atribuir información sensorial a un objeto externo a medida que la produce". Para obtener el grado de aceptación de subproductos elaborados de hongos comestibles, se realizó un muestreo dirigido con los asistentes al evento Puertas Abiertas, realizada anualmente en el Colegio de Postgraduados de Sihochac, Champotón, Campeche. Se seleccionaron 62 personas no entrenadas de diferentes edades, incluyendo niñas, niños, jóvenes y adultos bajo el deseo libre de participar, se dieron a probar los productos elaborados. Así mismo, se les proporcionó un cuestionario, donde el análisis incluyó los atributos principales de un producto (aroma, sabor, textura y apariencia) (Vera, 2015), con reactivos de valoración en una escala tipo Hedónica (A=Agradable; D= Desagradable; N=Neutro; NC=No contestó).

Análisis Bromatológicos

Para conocer el contenido nutrimental de los subproductos elaborados, se envió una muestra de 150 g al laboratorio de análisis de aguas y alimentos de la Facultad de Ciencias Químico-biológicas de la Universidad Autónoma de Campeche. Los análisis incluyeron humedad, cenizas, proteína, grasa cruda, y fibra cruda de acuerdo con las normas NMX-F-083-1986, NMX-F-607-NORMEX-2013, NMX-F-608-NORMEX-2004, NMX-F-615-NORMEX-2013 y NMX-F-613-NORMEX-2003, respectivamente, carbohidratos por determinación diferencial, de embutidos y mermelada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De las personas encuestadas en la comunidad de Sihochac y Santo Domingo Kesté, más del 80% conoce el hongo comestible debido que son pueblos muy cercanos y han intercambiado información. Al preguntarles si conocen o han consumido el hongo seta, más del 60% contestó que sí, por lo que se puede decir que estos datos arrojan información importante, ya que puede existir mercado para la comercialización de diversos productos elaborados a base de dichos hongos.

El hongo más consumido en la comunidad de Santo Domingo Kesté fue el seta (*P. ostreatus*), debido a que en este lugar hay dos grupos de productores que lo han promovido como un alimento común, el segundo lugar lo ocupó el champiñón (*Agaricus bisporus*); de las 50 personas entrevistadas solamente 16 aseguran haberlo consumido, y cuatro personas escasamente consumen el huitlacoche (*Ustilago maydis*), siendo el menos común en el consumo cotidiano de las familias de esta comunidad.

Para el caso de la comunidad de Sihochac, el hongo más consumido fue el champiñón, 40 personas de 50, aseguraron consumir con mayor frecuencia este hongo comparado con el hongo seta, el cual se ubicó en segundo lugar. Al comparar los datos sobre el consumo de hongos en las comunidades Kesté y Sihochac, se encontraron diferencias. Además, el 100% de las personas entrevistadas afirman que sí comprarían productos elaborados a base de setas comestibles. Por otro lado, en estas comunidades se desconoce la mermelada de setas y las setas elaboradas como chorizo, resultando que el 100% de las personas entrevistadas contestó que no ha escuchado sobre estos productos, por lo que para ellos es un alimento nuevo.

Aceptación de los subproductos elaborados

Tanto el embutido tipo chorizo elaborado con 100% setas como el que tenía seta más carne de cerdo fueron los productos con mayor aceptación a nivel general (considerando tanto, aroma, sabor textura y apariencia), no obstante el más aceptado con respecto al sabor fue aquél elaborado con setas más cerdo, 59 personas así lo externaron, en tercer lugar se ubicó el embutido con pura seta, y posteriormente, el que estaba combinado con soya (Cuadro 1). Esta preferencia por la seta con carne se explica debido a que, en México, el consumo de carne por persona (res, cerdo, ave, ovina y caprina en conjunto) se ha incrementado en las dos últimas décadas en 84.5% (29 kg) (SAGARPA, 2012).

Entre las mermeladas preparadas, la más aceptada fue la de setas con piña, su aceptación fue tanto en textura, sabor y aroma; estas características fueron las más aceptadas en este subproducto (61 de 62 personas), por lo que se cree que la piña con su sabor dulce le proporcionó un sabor diferente a la mermelada y la hizo agradable al paladar de las personas (Cuadro 1). Por tanto, se sugiere elaborar mermeladas de este tipo, además de los nutrientes contenidos en el hongo seta, ingerir piña ayuda a reforzar el sistema

inmunológico, gracias a su contenido de micronutrientes, así como a mejorar la digestión por su contenido de fibra y bromelina (Cervo *et al.*, 2014). Estos datos son importantes en la medida que, dentro de la cadena de valor de la producción de setas, es necesario considerar la opinión del consumidor, debido a que es el centro de todo el sistema económico y a partir de él se distribuyen los nuevos sistemas de producción, distribución, investigación e innovación (Albores-Pérez y Álvarez-Gutiérrez, 2015).

De 62 personas, 59 mencionaron que comprarían el embutido y la mermelada, una contestó que no, y otra persona dijo que probablemente. Con respecto al precio que podría tener cada subproducto, la mayoría de las personas están dispuestas a pagar entre US\$1.50 a US\$2.20 por cada 500 g, tanto de mermelada, como de embutido. Otro grupo estaría dispuesto a pagar de US\$0.50 a US\$1.50 por la misma cantidad de producto. Probablemente las personas proporcionaron este precio a este producto, debido a que tomaron de referencia el precio al que adquieren la mermelada en los supermercados. No obstante, es necesario fortalecer una cultura segura de consumo de hongos, divulgando sus propiedades nutricionales y funcionales, así como algunos de los factores técnicos de éxito

en la producción de setas (Albores-Pérez y Álvarez-Gutiérrez, 2015).

Análisis bromatológico

Los hongos comestibles son una buena fuente de minerales como potasio, fósforo, calcio, magnesio, hierro y cobre, además de ácido fólico (Cheung, 2008). No obstante, en el contenido nutrimental de los embutidos elaborados con hongo seta (humedad, cenizas, proteína cruda, grasa, fibra y carbohidratos), se observó que el más rico en proteína y carbohidratos fue el embutido de setas-soya con 6.92 y 5.65% respectivamente, y el que menos registró fue el de 100% seta, por el contrario, el embutido con más fibra cruda fue este último (Cuadro 2).

De las mermeladas elaboradas, la preparada con pura seta, fue la más rica en proteína, con 1.97%, 41.86% de humedad y 49.99% de carbohidratos, a diferencia de la mermelada de setas con piña, la cual fue rica en cenizas, grasa cruda y fibra cruda con 0.25%, 14.96% y 11.99% respectivamente (Cuadro 2). La mermelada es un producto cuyos ingredientes principales son fruta y azúcar, y se obtienen por la cocción de éstos hasta conseguir la viscosidad deseada. No obstante, aquí se propone al hongo seta como un producto rico en nutrientes para la elaboración de mermelada, en la que se conservarían algunas características básicas,

Cuadro 1. Aceptación de subproductos elaborados a partir de setas comestibles (*Pleurotus ostreatus*).

Característica	Chorizo setas				Chorizo setas-soya				Chorizo setas-cerdo				Mermelada setas				Mermelada setas-piña			
	A	D	N	NC	A	D	N	NC	A	D	N	NC	A	D	N	NC	A	D	N	NC
Aroma	58	2	2	0	54	0	7	1	57	0	3	2	58	0	3	1	61	0	1	0
Sabor	57	0	3	2	57	0	4	1	59	0	2	1	60	0	2	0	61	0	1	0
Textura	57	0	2	3	53	0	6	3	55	0	6	1	55	0	3	4	60	1	1	0
Apariencia	57	1	3	1	52	2	6	2	54	0	6	2	59	0	2	1	59	1	2	0
Aceptación general	59	0	2	1	53	0	7	2	59	0	2	1	58	0	3	1	61	0	1	0

A=Agradable; D=Desagradable; N=Neutro; NC=No contestó.

Cuadro 2. Análisis bromatológicos de subproductos elaborados con setas comestibles (*Pleurotus ostreatus*).

Nutrientes (%)	Subproducto				
	Embutido 100% setas %	Embutido setas-soya %	Embutido seta-cerdo %	Mermelada 100% setas %	Mermelada setas-piña %
Humedad	85.45	83.45	83.02	41.86	24.33
Cenizas	2.21	1.79	2.34	0.24	0.25
Proteína cruda	3.35	6.92	4.87	1.97	1.68
Grasa cruda	6.47	2.16	4.86	2.49	14.96
Fibra cruda	0.91	0.04	0.01	3.45	11.99
Carbohidratos	1.60	5.65	4.90	49.99	46.76

y se proporcionaría al consumidor un producto tal como lo espera, bajo en azúcares y por ende bajo en calorías (Boatella, 2004; Emilio et al., 2013).

Las propiedades nutricionales, funcionales y medicinales representan una estrategia adecuada para promover el crecimiento sostenido equitativo de la producción y el consumo de los productos derivados de hongos seta.

CONCLUSIONES

No existió un impacto negativo en la aceptación de productos elaborados con *Pleurotus ostreatus*, como alternativa para su consumo y comercialización, y de esta manera, brindar una alimentación nutritiva y de buena calidad para las familias de las zonas rurales, además de que también podría ser una fuente de ingresos extra, independientemente del tamaño de la producción, ya sea a nivel familiar o grupal, debido a que tienen una buena aceptación en el mercado local y podría trascender en el mercado regional y nacional.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el proyecto de cátedras 2181 "Estrategias agroecológicas para la seguridad alimentaria en las zonas rurales de Campeche" y al Colegio de Postgraduados Campus Campeche por todas las facilidades otorgadas para la publicación de este documento.

LITERATURA CITADA

- Alboreo-Pérez, B. y Álvarez-Gutiérrez, P.E. (2015). Análisis de la cadena de valor de producción de setas (*Pleurotus* spp.) en cuatro municipios de Chiapas. *Acta Universitaria Multidisciplinary Scientific Journal*, 25(6), 51-58. doi: 10.15174/au.2015.776
- Boatella R. (2004). *Química y Bioquímica de los Alimentos II*. Barcelona, Publicacions i Edicions De La Universitat De Barcelona. 106 p. ISBN-10:8447528383
- Cervo, M. M. C., Llido, L. O., Barrios, E. B., & Panlasigui, L. N. (2014). Effects of canned pineapple consumption on nutritional status,

immunomodulation, and physical health of selected school children. *Journal of nutrition and metabolism*, 2014, 1-9. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/861659>

- Ciudades y Directorio. (2016). https://www.hindawi.com/journals/jnme/2014/861659/abs/Ciudades_y_Directorio. Todas las ciudades de México. <www.ocdemexico.org.mx/Campeche/> Información en línea. (Consulta: mayo de 2018).
- Chang, S. & Miles P. (2004). *Mushrooms: Cultivation, Nutritional Value, Medicinal Effect, Environmental Impact*. CRC Press, Boca Ratón 451 pp.
- Cheung, K. P. (2008). *Mushrooms as functional foods*. 1ª ed. New Jersey: John Wiley & Sons. pp. 71-99.
- CODEX. (2009). Codex standard 296: Standard for jams, jellies and marmalades.
- Emilio, A.F., Vargas, D.P. y Héctor, S. (2013). Investigación de mercado sobre el grado de aceptación de mermelada de cocona en Sibundoy, Putumayo. *Revista Científica Guillermo de Ockham*, 11(2), 197-206.
- López, C., Ancona, L. y Medina, S. (2005). Cultivo de *Pleurotus djamor* en condiciones de laboratorio y en una casa rural tropical. *Revista Mexicana de Micología* 21 (diciembre), 93-97.
- López-Fernández M., Castillo-Ruiz, O., Velázquez De la Cruz G., Alemán-Castillo, S. y Perales-Torres, A. (2019). Evaluación sensorial de una galleta de harina de trigo (*Triticum aestivum*), adicionada con harina de piña (*Ananas comosus*). *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de alimentos*, 4, 557-560.
- López, O.M., Mercado, F.J., Martínez, S.G. y Magaña, R.J.L. (2011). Formulación de una mermelada a partir de pulpa y cáscara de tunas (*Opuntia* spp.) elaborada a nivel planta piloto. *Acta Universitaria* 21(2), 31-36.
- Mayett, Y. y Carrera-Martínez, D. (2016). Estrategias para promover el consumo de hongos comestibles en México, con base a sus propiedades funcionales y medicinales. In: Martínez-Carrera, D; Ramírez, J (Eds.). *Ciencia, Tecnología e Innovación en el Sistema Agroalimentario de México*. San Luis Huexotla, Texcoco, México, Editorial del Colegio de Postgraduados-AMC-CONACYT-UPAEP-IMINAP. pp. 781-809.
- Pérez, A.B., Mayett, Y., Jiménez, F.R., Sobal, M., Morales, P., Bonilla, M., Ramírez-Carrasco, P., Tello, I., Trigos, A., Mendoza, G., Soriano-Santos, J., y Martínez-Carrera, D. (2010). Desarrollo de bebidas y alimentos funcionales a partir de los recursos genéticos de los hongos comestibles y medicinales en México. In: Martínez-Carrera, D; Curvetto, N; Sobal, M; Morales, P; Mora, M (eds.). (2010). *Hacia un Desarrollo Sostenible del Sistema*

de Producción-Consumo de los Hongos Comestibles y Medicinales en Latinoamérica: Avances y Perspectivas en el Siglo XXI. Red Latinoamericana de Hongos Comestibles y Medicinales-COLPOS-UNSCONACYT-AMC-UAEM-UPAEP-IMINAP, Puebla. 648 pp. 221-240. ISBN 970-9752-01-4.

SAGARPA. (2015). Plan de manejo de residuos generados por actividades agrícolas primera etapa: diagnóstico nacional, Universidad Autónoma de Zacatecas "Francisco García Salinas". Proyecto del Programa de Productividad y Competitividad Agroalimentaria, Componentes Fortalecimiento a la Cadena Productiva, Programa Regional de Desarrollo Previsto en el PND y Planeación de Proyectos.

SEDESOL (Secretaría de desarrollo social) catálogo de localidades INEGI. (2015). Catálogo de claves de entidades federativas, municipios y localidades, Recuperado de: <http://geoweb.inegi.org.mx/mgn2k/catalogo.jsp>.

SAGARPA. (2012). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. www.sagarpa.gob.mx.

Vera, F. A. N. (2015). Entrenamiento de un Panel de Evaluación Sensorial, para el Departamento de Nutrición, Tesis para obtener el título de ingeniero en alimentos facultad de ciencias químicas y farmacéuticas departamento de ciencia de los alimentos y tecnología química ingeniería en alimentos, Santiago, Chile.



Tomato quality (*Solanum lycopersicum* L.) produced in aquaponics complemented with foliar fertilization of micronutrients

Calidad de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) producido en acuaponía complementado con fertilización foliar de micronutrientes

Reyes-Flores, Maciel¹; Sandoval-Villa, Manuel^{2*}; Rodríguez-Mendoza, María de las Nieves²; Trejo-Téllez, Libia Iris²

¹Universidad Autónoma de Chiapas, Facultad de Ciencias Agrícolas Campus IV, Entronque carretera Costera y Pueblo de Huehuetán, Chiapas, C.P. 30660; ²Colegio de Postgraduados, Programa de Edafología Campus Montecillo, km 36.5 carretera México- Texcoco, Montecillo, Estado de México. C.P. 56230.

*Autor para correspondencia: msandoval@colpos.mx

ABSTRACT

Objective: to evaluate the effect of foliar applications of micronutrients on the quality of tomato fruits (*Solanum lycopersicum* L.) produced in aquaponics.

Design/methodology/approach: the treatments were ACU, aquaponics; ACUFF1 aquaponics plus foliar fertilization 1 (in mg L⁻¹) with 12.50 Fe, 5.83 Mn, 1.17 Zn, 1.08 B, 0.47 Cu, 0.43 Mo and ACUFF2, aquaponics plus foliar fertilization 2 (in mg L⁻¹) 25.0 Fe, 11.67 Mn, 2.33 Zn, 2.17 B, 0.93 Cu and 0.87 Mo and conventional hydroponics, HID, with the Steiner nutrient solution. To evaluate total soluble solids (SST), titratable acidity (AT), SST / AT ratio, electrical conductivity (EC), pH and lycopene content, ripe fruits (completely red) were used. The experiment was conducted under a completely randomized design with four replications. An analysis of variance was performed using the GLM procedure and means were compared by Tukey (P≤0.05) with the SAS 9.3 program.

Results: foliar applications in aquaponics did not affect SST, AT, SST / AT ratio and lycopene concentration but there was a slight difference in tomato juice pH, the AT, pH, SST / AT ratio and lycopene in aquaponics treatments showed no significant differences and only SST decreased 22.2% in ACU, 26.6% in ACUFF1 and 31.7% in ACUFF2 compared to HID.

Limitations of the study/implications: the attributes of fruit quality in aquaponics systems are not affected by the application of nutrients via foliar, which indicates that this practice is not necessary under the conditions in which the experiment was developed.

Findings/Conclusions: in aquaponics, foliar applications of micronutrients did not positively influence the chemical quality attributes of tomato fruits.

Keywords: tilapia, pH, nutrients, hydroponics.

RESUMEN

Objetivo: evaluar el efecto de las aplicaciones foliares de micronutrientes en la calidad de frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) producido en acuaponía.

Diseño/metodología/aproximación: los tratamientos fueron ACU, acuaponía; ACUFF1 acuaponía más fertilización foliar 1 (en mg L⁻¹) con 12.50 Fe, 5.83 Mn, 1.17 Zn, 1.08 B, 0.47 Cu, 0.43 Mo y ACUFF2, acuaponía más fertilización foliar 2 (en mg L⁻¹) 25.0 Fe, 11.67 Mn, 2.33 Zn, 2.17 B, 0.93 Cu y 0.87 Mo e hidroponía

Agroproductividad: Vol. 13, Núm. 5, mayo, 2020. pp: 79-86.

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



convencional, HID, con la solución nutritiva Steiner. Para evaluar los sólidos solubles totales (SST), acidez titulable (AT), relación SST/AT, conductividad eléctrica (CE), pH y el contenido de licopeno se utilizaron frutos maduros (completamente rojos). El experimento se condujo bajo un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones. Se realizó un análisis de varianza utilizando el procedimiento GLM y la comparación de medias por Tukey ($P \leq 0.05$) con el programa SAS 9.3.

Resultados: las aplicaciones foliares en acuaponía no afectaron los SST, la AT, la relación SST/AT y la concentración de licopeno, pero si hubo una ligera diferencia en el pH del jugo de tomate. La AT, el pH, la relación SST/AT y el licopeno en los tratamientos acuapónicos no mostraron diferencias significativas y únicamente los SST disminuyeron 22.2% en ACU, 26.6% en ACUFF1 y 31.7% en ACUFF2 comparado con HID.

Limitaciones del estudio/implicaciones: los atributos de calidad de frutos en los sistemas acuapónicos no se afectan por la aplicación de nutrientes vía foliar, lo cual indica que no es necesaria esta práctica bajo las condiciones en que se desarrolló el experimento.

Conclusiones: en acuaponía, las aplicaciones foliares de micronutrientes no influyeron positivamente en los atributos de calidad química de frutos de tomate.

Palabras clave: tilapia, pH, nutrientes, hidroponía.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas acuapónicos son una estrategia para producir plantas utilizando desechos de la acuicultura. Esta técnica tiene como principios el reciclaje del agua y nutrientes, y la producción sustentable de alimentos. El principio clásico es proporcionar los nutrientes contenidos en el agua de la acuicultura a unidades de cultivos de plantas para que estas mediante la absorción de nutrientes la depuren para retornarla a los tanques de peces (Goddek *et al.*, 2016).

En acuaponía la fuente del aporte de los nutrientes es el alimento de los peces. El efluente contiene nutrientes disueltos que excretan los peces a través de las branquias como es el N (en forma de amoníaco) y P (Lennard, 2012) por la orina y heces fecales que comprenden compuestos orgánicos que necesitan mineralizarse y solubilizarse en forma iónica en el agua y que estén disponibles para las plantas (Goddek *et al.*, 2015; Lennard, 2012).

Los desechos de los peces no proporcionan los nutrientes esenciales en cantidades adecuadas para el cultivo de tomate en acuaponía (Reyes-Flores *et al.*, 2016) lo que se manifiesta en la reducción del rendimiento y de la calidad del tomate (Sainju *et al.*, 2003). Para corregir deficiencias de algunos nutrientes en acuaponía, estos pueden aplicarse al medio de cultivo (Goddek *et al.*, 2016) o mediante aspersión foliar; esta última es una alternativa eficiente en la nutrición de plantas (Roosta y Hamidpour, 2013).

El pH y las concentraciones de NH_4^+ , NO_2^- y NO_3^- son esenciales para mantener el equilibrio en el ecosistema acuapónico de los organismos que lo

integran (peces, bacterias y plantas) (Somerville *et al.*, 2014). Por un lado, en sistemas acuapónicos se recomienda mantener el pH entre 7 y 8 para aumentar la nitrificación (Tyson *et al.*, 2008); por el otro, en hidropónía valores de pH clasificados como ligeramente (6.1 a 6.5) y medianamente ácidos (5.6 a 6) favorecen la solubilidad de las formas iónicas absorbidas por las plantas (Epstein y Bloom, 2005), ya que a pH por arriba de 7.0 puede ocasionar precipitación de Fe^{2+} , Mn^{2+} , PO_4^{3-} , Ca^{2+} y Mg^{2+} (Resh, 2013). Por lo tanto, una alternativa es la aplicación foliar de nutrientes específicos para compensar la baja disponibilidad de algunos micronutrientes a pH mayores de 7.0 en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en acuaponía.

Las aplicaciones foliares de K, Mg, Fe, Mn, Zn y Cu incrementaron las concentraciones de elementos aplicados en las hojas y frutos de tomate que crecieron en condiciones alcalinas (pH 7.0 a 7.7) (Roosta y Hamidpour, 2013); y en Chile (*Capsicum* sp.) la fertilización foliar con Fe tuvo un efecto benéfico en la absorción y transporte de nutrientes esenciales con pH alcalino de la solución acuapónica (7.5 a 7.8) (Roosta y Mohsenian, 2012). Respecto a la calidad del tomate, se reporta que la aplicación foliar conjunta de Fe, Mn, Cu, Zn, B y Mo (Kumari, 2012) y de Zn más Fe (Kazemi, 2013) incrementan la concentración de los sólidos solubles totales (SST) y licopeno, y los efectos individuales o combinados de Zn y B mejoran los SST y la relación SST: acidez titulable (Meena *et al.*, 2015). La importancia de la fertilización foliar está en que es un medio eficaz para mejorar la calidad de tomate (Trejo-Tellez *et al.*, 2004) e incrementar el rendimiento

en sistemas acuapónicos en donde la concentración de nutrientes es menor y que pueden resolverse mediante este medio de fertilización (Roosta y Hamidpour, 2011). Aun cuando la calidad del fruto está definida por muchos factores, los desequilibrios nutrimentales constituyen una desventaja y afectar gravemente la calidad del tomate (Afzal et al., 2015). Con base en lo anterior, se evaluó el efecto de las aplicaciones foliares de micronutrientes en la calidad de frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) producido en acuaponía.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sistema acuapónico

El experimento se desarrolló en un módulo acuapónico en condiciones de invernadero, empleando un sistema de acuaponía comercial Home Garden de Nelson & Pade® con capacidad de 2855 L de agua. El sistema consistió en cuatro tanques para peces (de 200 L cada uno), dos clarificadores (de 86 L cada uno), dos biofiltros (de 35 L cada uno), un desgasificador (de 79 L) y tres tinas hidropónicas (de 578 L cada una). Se utilizó el agua del sistema acuapónico como solución nutritiva y se complementó la nutrición del cultivo con aspersiones foliares de micronutrientes y se evaluó su efecto en la calidad de frutos de tomate (*Solanum lycopersicon* L.) var. Cid tipo Saladatte de crecimiento indeterminado. El pH del agua fue de 7.8 al inicio y no se ajustó durante el experimento; este osciló de 7.3 a 7.8 en las tinas de peces y de 7.5 a 8.1 en las tinas hidropónicas. La pérdida de agua por evapotranspiración y por eliminación de sedimentos acumulados se repuso con agua de la llave (uso doméstico). El método de cultivo de plantas en el sistema acuapónico fue en balsas flotantes.

Los Peces

Se colocaron 50 tilapias del Nilo (*Oreochromis niloticus* L.) en cada uno de los tanques: tanque 1, 1739 g; tanque 2, 2371 g; tanque 3, 3064 g y tanque 4, 4243 g de biomasa. Los peces fueron alimentados a las 10:00, 13:00 y 17:00 h *ad libitum* con alimento marca Nutripec Purina® con 44% de proteína y tamaño de pellet de 1.5 mm. Las concentraciones de nutrimentos del alimento obtenidas en el laboratorio fueron las siguientes, de macronutrientes en g kg⁻¹: 76 de N, 10 de P, 0.6 de K, 4.2 de Ca, 1.0 de Mg y micronutrientes en mg kg⁻¹: 252.5 de Fe, 18.9 de B, 7.8 de Cu, 105.7 de Zn, 21.6 de Mn y 5.0 de Mo.

Las Plantas

Las semillas de tomate (*S. lycopersicum*) germinaron en charolas de poliestireno de 200 cavidades de 25 mL

de volumen cada cavidad usando turba Growing Mix® como sustrato. A los 50 días después de la siembra (dds) se trasladaron al componente hidropónico del sistema acuapónico y al testigo en bolsas con tezontle en hidroponía convencional.

Diseño de tratamientos

En acuaponía se colocaron tres tratamientos, los cuales fueron ACU, acuaponía; ACUFF1 acuaponía más fertilización foliar 1 de micronutrientes y ACUFF2, acuaponía más fertilización foliar 2 de micronutrientes. La concentración de micronutrientes en las aspersiones foliares fueron (en mg L⁻¹): 12.50 Fe, 5.83 Mn, 1.17 Zn, 1.08 B, 0.47 Cu, 0.43 Mo en ACUFF1 y 25.0 Fe, 11.67 Mn, 2.33 Zn, 2.17 B, 0.93 Cu y 0.87 Mo en ACUFF2. Dichas concentraciones se aplicaron en función de la baja disponibilidad de micronutrientes en soluciones con pH alcalinos. Para esto se utilizaron 166.6 y 333.3 mg L⁻¹, respectivamente del producto comercial TradeCorp® AZ. Las aplicaciones foliares se realizaron a los 32, 39, 54 y 68 días después del trasplante (ddt). Los resultados de calidad de frutos en acuaponía se compararon con un tratamiento en hidroponía convencional, HID, a partir de la solución nutritiva Steiner (Steiner, 1984) y su composición base fue en mol_c m⁻³: 12 NO₃⁻, 1 H₂PO₄⁻, 3.5 SO₄²⁻, 7 K⁺, 2 Mg²⁺ y 4.5 Ca²⁺ a un pH de 5.5. Se utilizó agua destilada para preparar la solución foliar con un pH 6.6. Se empleó un surfactante penetrante en solución acuosa, INEX-A de Cosmocel® a una concentración de 1 mL L⁻¹. En cada aspersión se utilizaron 50 mL del fertilizante foliar, aplicados con un atomizador hasta punto de goteo por planta.

Variables

En el componente hidropónico del sistema de acuaponía se realizaron muestreos cada 20 d para medir el pH, la conductividad eléctrica (CE) con un equipo Conductronic PC18 (Puebla, México) y la concentración de nutrimentos. El NO₃⁻ se midió con un sensor Horiba Laqua twin, el NH₄⁺ con un espectrofotómetro portátil Hanna Instrument HI-83225. La cuantificación de P, K, Ca, Mg, Mn, Cu y Fe se realizó en un equipo ICP-OES (Varian 725, Australia).

Se colocaron 18 plantas por tratamiento de las cuales cuatro se utilizaron para hacer las determinaciones. Se recolectó el segundo fruto del cuarto racimo en el estado de madurez rojo 9 (Cantwell y Kasmire, 2002) en cada uno de los tratamientos. Para la determinación SST se cortó el fruto longitudinalmente, se recolectaron dos

gotas de jugo y colocaron sobre la celda de un refractómetro manual ATAGO N-1E con escala de 0-32%. Para determinar el pH se pesó una muestra de 10 g de fruto fresco y se licuó en 50 mL de agua destilada, en el jugo recolectado se midió directamente el pH y CE usando un equipo Conductronic PC18 (Puebla, México) (Rodríguez, 1997). La acidez titulable (AT) se midió en la mezcla obtenida para el pH, por el método de neutralización (Boland, 1990) tomando una alícuota de 10 mL y se tituló con NaOH 0.1 N, utilizando fenolftaleína como indicador. La AT se calculó como porcentaje de ácido cítrico empleando la siguiente fórmula:

$$AT (\%) = \frac{(\text{mL NaOH gastados}) (N_{\text{NaOH}}, \text{meq mL}) (\text{meq del ácido cítrico}, 0.064) (\text{volumen total de la muestra, mL}) (100)}{(\text{volumen de alícuota titulada})}$$

La relación sólidos solubles totales: acidez titulable (SST/AT) se calculó como el cociente de SST y AT.

Las propiedades de color L^* , a^* y b^* se obtuvieron de la superficie de los tomates en el ancho ecuatorial del fruto por cuatro veces en los ángulos 0° , 90° , 180° y 270° utilizando un colorímetro Minolta CR-410 (Konica Minolta, Osaka, Japón) con un cabezal de 50 mm de diámetro de área de medición y una iluminación difusa/visión 0° (Minolta, 2013). Con éstos valores se estimó la concentración de licopeno mediante la fórmula propuesta por Arias *et al.* (2000):

$$\text{licopeno (mg } 100 \text{ g}^{-1}) = 11.878 (a^*/b^*) + 1.5471$$

Análisis estadístico

El experimento se condujo bajo un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones, donde una planta de cada tina hidropónica constituyó una unidad experimental. Se realizó un análisis de varianza utilizando el procedimiento GLM y la comparación de medias por Tukey ($P \leq 0.05$) mediante el uso del programa SAS 9.3 (SAS Institute, 2010).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Conductividad eléctrica (CE) en la solución acuapónica

Durante el cultivo de los peces se suministró alimento como fuente de nutrientes en el sistema acuapónico lo que provocó un ligero aumento de la CE, 40% con respecto a la CE inicial del agua, en los primeros 60 ddt en las tinas hidropónicas. Este incremento en la CE no fue significativo, ya que para la producción de tomate se requiere una CE desde 2.1 a 5.1 dS m^{-1} (Dorais *et al.*, 2001). El ligero incremento de la CE es debido al aumento de los iones derivados de la mineralización de la materia orgánica acumulada proveniente del alimento y de las heces fecales de los peces (Lian y Chien, 2013).

La CE puede afectar el rendimiento y calidad de tomate, valores mayores que 3 dS m^{-1} disminuyen el rendimiento (Rosadi *et al.*, 2014); mientras que los SST se incrementan a valores que oscilan de 4.5 a 6.1 °Brix a CE desde 2.3 a 6.5 dS m^{-1} (Wu y Kubota, 2008; Krauss *et al.*, 2006). En acuaponía es común encontrar CE menores que 1 dS m^{-1} (Reyes-Flores *et al.*, 2016; Salam

et al., 2014; Lian y Chien, 2013), y se esperaría que la calidad de los frutos de tomate disminuyera; sin embargo, Rosadi *et al.* (2014) reportaron que los SST mostraron disminución de 5.1% en hidroponía al comparar frutos producidos con CE de 1 y 3 dS m^{-1} en la solución nutritiva.

La concentración de nutrimentos esenciales para las plantas en acuaponía fue menor que la de hidroponía (solución Steiner, 1984). El N fue 9.5 veces menor, el P 15.5, el K 52.5, el Ca 7.5, el Mg 1.9, el Fe 535.7, el Cu 33.3, el Zn 3.8, el B 6.3 y el Mn 266.6. Sin embargo, con estas concentraciones se obtuvo calidad aceptable de los frutos de tomate. La concentración de nutrimentos en acuaponía fluctuó durante el ciclo productivo de las plantas (Cuadro 1).

En acuaponía se ha documentado que los niveles de N-NO_3^- oscilan de 5 a 18 mg L^{-1} (Hu *et al.*, 2015), valores menores a lo recomendado en la producción de tomate hidropónico (50 a 250 $\text{mg N-NO}_3^- \text{ L}^{-1}$; Resh, 2013). Autores como Graber y Junge (2009) reportaron la producción de tomate con concentraciones que van desde 12.1 a 95 $\text{mg N-NO}_3^- \text{ L}^{-1}$ y de 0.06 a 0.68 $\text{mg N-NH}_4^+ \text{ L}^{-1}$. Sin embargo, no informan sobre el efecto de los nutrimentos en la calidad del fruto.

Variables asociadas a la calidad de fruto

El Cuadro 2 presenta los resultados obtenidos al evaluar los diferentes tratamientos en acuaponía e hidroponía en la calidad del fruto. No hubo diferencias significativas en el pH del jugo de tomate en hidroponía con respecto a los tratamientos acuapónicos. En acuaponía, las aplicaciones foliares incrementaron de manera significativa el pH del fruto,

Cuadro 1. Concentración promedio, máxima y mínima de nutrientes producidos en tinas hidropónicas con diferentes tratamientos durante 121 días en (*Solanum lycopersicum* L.).

Nutrientes	Tinas hidropónicas					
	ACU		ACUFF1		ACUFF2	
	Media (mg L ⁻¹)	Mín-máx (mg L ⁻¹)	Media (mg L ⁻¹)	Mín-máx (mg L ⁻¹)	Media (mg L ⁻¹)	Mín-máx (mg L ⁻¹)
N-NH ₄ ⁺	1.1	0.7-1.7	1.1	0.9-1.7	1.1	0.9-1.5
N-NO ₃ ⁻	16.5	7.7-29.3	17.8	15.9-31.6	17.1	15.3-31.6
P	1.9	0.4-3.0	2.0	0.4-2.8	2.1	0.4-3.2
K	5.0	2.1-8.5	5.3	2.4-8.1	5.4	2.4-8.1
Ca	23.6	19.4-26.9	24.0	20.6-27.4	24.0	21.6-26.8
Mg	24.4	17.1-30.0	25.5	17.7-28.9	25.9	23.4-29.4
Fe	0.005	0-0.012	0.004	0-0.017	0.008	0-0.022
Cu	0.004	0-0.013	0.002	0-0.008	0.004	0-0.013
Zn	0.072	0-0.150	0.086	0.036-0.185	0.064	0-0.184
B	0.039	0.019-0.054	0.043	0.027-0.054	0.042	0.030-0.065

ACU: acuaponía; ACUFF1: acuaponía más fertilización foliar 1; ACUFF2: acuaponía más fertilización foliar 2; HID: hidroponía.

Cuadro 2. Efecto de los tratamientos acuapónicos e hidropónico sobre la calidad química de frutos de (*Solanum lycopersicum* L.) variedad Cid a madurez de consumo.

Tratamientos	pH	CE (dS m ⁻¹)	AT (% ácido cítrico)	SST (%)	SST/AT	Licopeno (mg 100 g ⁻¹ PF)
ACU	4.12 ^z b	0.69 a	0.114 a	3.50 b	31.21 ab	15.98 a
ACUFF1	4.25 a	0.68 a	0.119 a	3.30 b	28.02 ab	15.85 a
ACUFF2	4.25 a	0.68 a	0.126 a	3.07 b	24.54 b	17.08 a
HID	4.17 ab	0.74 a	0.107 a	4.50 a	43.09 a	15.45 a
^y DMSH	0.11	0.10	0.03	0.64	15.45	1.76
^x CV (%)	1.28	6.81	15.32	8.52	23.21	5.23

^zValores con letra distinta, dentro de columnas, son estadísticamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$); ^yDMSH: diferencia mínima significativa honesta; ^xCV: coeficiente de variación; ACU: acuaponía; ACUFF1: acuaponía más fertilización foliar 1; ACUFF2: acuaponía más fertilización foliar 2; HID: hidroponía; CE: conductividad eléctrica; AT: acidez titulable; SST: sólidos solubles totales; PF=peso fresco.

aunque se mantuvieron en un pH inferior a 4.5 que es lo recomendado para la industrialización, para controlar el deterioro microbiano en el producto final (Giordano et al., 2000). Las aplicaciones foliares de micronutrientes aumentaron el pH de 4.12 a 4.25; 3% respecto a ACU. En hidroponía, Hernández-Leal et al. (2013) obtuvieron un pH del jugo de tomate en la variedad Cid de 4.7, valor superior al aquí obtenido en el tratamiento hidropónico (HID). La CE de 0.25 a 5 dS m⁻¹ no modifica el valor de pH en tomate (Yurtseven et al., 2005).

Las aplicaciones foliares en tomate acuapónico no afectaron el contenido de SST. Los tratamientos de acuaponía mostraron valores inferiores (3.07 a 3.50%) a lo reportado por Hernández-Leal et al. (2013) en la

variedad Cid en hidroponía convencional que fue de 4.8%, que incluso fue mayor a lo obtenido en HID. Por otro lado, las aplicaciones foliares conjuntas de Fe, Mn, Cu, Zn, B y Mo de 100 mg L⁻¹ de cada micronutriente incrementaron 15.7% los SST; 3.55% en plantas no tratadas a 4.11% (Kurami, 2012). La aplicación foliar de 100 mg Zn L⁻¹ más 200 mg Fe L⁻¹ se recomienda para lograr 5.85 °Brix (Kazemi, 2013) y los efectos individuales o combinados de Zn y B (50, 100 y 150 mg L⁻¹) incrementan los SST hasta 5.66 % (Mushtaq et al., 2016) y 5.05 % (Meena et al., 2015) en tomate. Sin embargo, en este estudio la aspersión de micronutrientes provocó una reducción de SST de 5.7% y 12.3% en ACUFF1 y ACUFF2 con respecto a ACU y 26.7% y 31.8% en relación con HID.

El porcentaje de SST en ACUFF1 y ACCUFF2 está ligeramente por debajo del límite inferior del rango obtenido por Turhan y Seniz (2009) en varios genotipos; 3.4 a 5.5%, considerando que se desarrollaron bajo condiciones nutrimentales adecuadas. Los resultados se obtuvieron a pesar de la diferencia en CE promedio entre los tratamientos acuapónicos e hidropónico (de 0.58 y 2 dS m^{-1}). Yurtseven *et al.* (2005) reportan que valores de CE de 0.25 a 5 dS m^{-1} no afectó los SST, resultados diferentes a esta investigación; en donde la magnitud de la CE en hidroponía y acuaponía originó la diferencia en SST.

En acuaponía, la deficiencia de nutrimentos es uno de los factores que podría disminuir la calidad de las cosechas; pero el constante abastecimiento de nutrimentos, aunque en pequeñas concentraciones, permite obtener valores de SST dentro de los rangos aceptados, según Turhan y Seniz (2009), como se observa en ACU sin la necesidad de las aspersiones foliares.

La AT observada en los tratamientos acuapónicos fue similar a la de HID. Las aplicaciones foliares de Zn y B individual o combinados no mostraron diferencias significativas en esta variable de 0.45 a 0.56% (Meena *et al.*, 2015). Sin embargo, Tigist *et al.* (2013) encontraron que la AT osciló entre 0.25 y 0.34% en cinco variedades de tomate, valores superiores a los encontrados en este estudio. Lo anterior se atribuye a que los ácidos orgánicos disminuyen conforme el fruto madura (Casierra-Posada y Aguilar-Avenidaño, 2008) ya que las mediciones de calidad de fruto se realizaron cuando éstos estaban completamente maduros. La disminución de la AT en los frutos de

los tratamientos acuapónicos obedece a los bajos niveles de azúcares, como lo mencionan Getinet *et al.* (2008) que las plantas con altos niveles de azúcares generalmente tienen más ácidos orgánicos libres y menor concentración de iones de hidrógeno que las plantas con bajo contenido de azúcares. Aunque es tendencia no se conserva en HID que a pesar de tener más SST la AT fue estadísticamente igual que ACU, ACUFF1 y ACCUFF2.

En general, al incrementarse la AT disminuye el pH (Anthon *et al.*, 2011); no obstante, los resultados de esta investigación indican que al no haber diferencia significativa en la AT no se modifica el pH con las aspersiones foliares.

Los tratamientos acuapónicos no afectaron la relación SST/AT, mientras que con aplicaciones foliares con Zn y B a una concentración de 100 mg L^{-1} se obtuvo una relación de 10.98 (Meena *et al.*, 2015). Tigist *et al.* (2013) reportaron relaciones de 12.1 a 18.5 en cinco variedades de tomates para consumo en fresco. El valor máximo SST/AT de 43.09 en HID se debe al bajo valor de AT.

El comportamiento de las relaciones SST/AT en los tratamientos acuapónicos se atribuye a la disminución de SST dado que la AT no fue diferente a la de HID.

La estimación de licopeno por colorimetría de frutos maduros no fue afectada por los tratamientos. En ACU fue de 15.98 mg 100 g^{-1} , estadísticamente iguales a ACUFF1, ACUFF2 e HID. Esto significa que los frutos producidos en los tratamientos de acuaponía con bajas concentraciones de nutrimentos no modificaron la concentración de licopeno.

Sin embargo, Fanasca *et al.* (2006a, 2006b) reportan que el licopeno se incrementó por cambios en la concentración de nutrimentos en la solución nutritiva, resultados que difieren a lo encontrado en este estudio en donde HID a pesar de contener los nutrimentos esenciales no presentó cambios en la concentración de licopeno. El grado de madurez influye en la concentración de licopeno; ésta es mayor en la etapa de madurez rojo intenso (Arias *et al.*, 2000) antes del ablandamiento excesivo. La concentración de licopeno en genotipos nativos mexicanos oscila desde 12.4 a 22.9 mg 100 g^{-1} (Méndez *et al.* 2011) y 12.2 mg 100 g^{-1} (Arias *et al.* 2000), 8.5 a 13.56 mg 100 g^{-1} (Radzevičius *et al.*, 2009) en variedades comerciales y de 9.6 a 16.8 mg 100 g^{-1} en líneas de tomate (Peralta *et al.*, 2012).

CONCLUSIONES

La fertilización foliar con micronutrimentos en acuaponía no afectó la conductividad eléctrica del fruto (CE), la acidez titulable (AT) y la relación sólidos solubles totales (SST)/acidez titulable (AT) de los frutos de tomate, comparables con lo obtenido en hidroponía (HID) excepto los SST que disminuyeron 22.2% en acuaponía (ACU), 26.6% en acuaponía con fertilización foliar de baja dosis (ACUFF1) y 31.7% en acuaponía con fertilización foliar de alta dosis (ACUFF2). Solo el pH del jugo del fruto fue ligeramente modificado por los tratamientos acuapónicos. La concentración de licopeno en frutos maduros con y sin aspersiones foliares en acuaponía no fue afectada por los tratamientos, incluso con HID en donde la nutrición vegetal fue óptima. Los atributos de calidad de frutos en los sistemas acuapónicos no se afectan por la

aplicación de nutrientes vía foliar, lo cual indica que no es necesaria esta práctica bajo las condiciones en que se desarrolló el experimento.

LITERATURA CITADA

- Afzal, I., Hussain, B., Basra, S. M. A., Ullah, S. H., Shakeel, Q. and Kamran, M. (2015). Foliar application of potassium improves fruit quality and yield of tomato plants. *Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus* 14: 3-13.
- Anthon, G. E., LeStrange, M. and Barrett, D. M. (2011). Changes in pH, acids, sugars and other quality parameters during extended vine holding of ripe processing tomatoes. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 91: 1175-1181. doi: 10.1002/jsfa.4312
- Arias, R., Lee, T. C., Logendra, L., and Janes, H. (2000). Correlation of lycopene measured by HPLC with the L*, a*, b* color readings of a hydroponic tomato and the relationship of maturity with color and lycopene content. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48: 1697-1702. doi: 10.1021/jf990974e
- Boland, F.E. (1990). Fruit and fruit products. In: Helrich, K. (ed.). *Official methods of analysis of the Association of Analytical Chemist (AOAC)*. 15th edition. Arlington, VA.
- Cantwell, M. I. and Kasmire, R. F. (2002). Postharvest handling systems: fruits vegetables. In: *Postharvest technology of horticultural crops*. 3rd edition. (ed.) A. Kader. University of California. Publication 3311. 407-421.
- Casierra-Posada, F., y Aguilar-Avendaño, Ó. E. (2008). Calidad en frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cosechados en diferentes estados de madurez. *Agronomía Colombiana* 26: 300-307.
- Dorais, M., Papadopoulos, A. and Gosselin, A. (2001). Influence of electric conductivity management on greenhouse tomato yield and fruit quality. *Agronomie* 21:367-383. doi: 10.1051/agro:2001130
- Epstein, E. and Bloom, A.J. (2005). *Mineral nutrition of plants: principles and perspectives*. Sinauer Associates Publishers. Sunderland, MA. 400 pp.
- Fanasca, S., Colla, G., Maiani, G., Venneria, E., Roupheal, Y., Azzini, E. and Saccardo, F. (2006a). Changes in antioxidant content of tomato fruits in response to cultivar and nutrient solution composition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54: 4319-4325. doi: 10.1021/jf0602572
- Fanasca, S., Colla, G., Roupheal, Y., Saccardo, F., Maiani, G., Venneria, E. and Azzini, E. (2006b). Evolution of nutrient value of two tomato genotypes grown in soilless culture as affected by macrocation proportions. *HortScience* 41: 1584-1588. doi: 10.21273/HORTSCI.41.7.1584
- Getinet, H., Seyoum, T. and Woldetsadik, K. (2008). The effect of cultivar, maturity stage and storage environment on quality of tomatoes. *Journal of Food Engineering* 87: 467-478. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2007.12.031
- Giordano L. D. B., Silva J. B. C. and Barbosa V. (2000). Escolha de cultivares e plantio. In: *Tomate para processamento industrial*. (eds) J. B. C. Silva and L. D. B. Giordano. Emprapa. Brasília, Brazil. 36-59.
- Goddek, S., Delaide, B., Mankasingh, U., Ragnarsdottir, K. V., Jijakli, H. and Thorarinsdottir, R. (2015). Challenges of sustainable and commercial aquaponics. *Sustainability* 7: 4199-4224. doi: 10.3390/su7044199
- Goddek, S., Espinal, C. A., Delaide, B., Jijakli, M. H., Schmutz, Z., Wuertz, S., and Keesman, K. J. (2016). Navigating towards decoupled aquaponic systems: A system dynamics design approach. *Water* 8: 303. doi: 10.3390/w8070303
- Graber, A. and Junge, R. (2009). Aquaponic Systems: Nutrient recycling from fish wastewater by vegetable production. *Desalination* 246: 147-156. doi: 10.1016/j.desal.2008.03.048
- Hernández-Leal, E., Lobato-Ortiz, R., García-Zavala, J. J., Reyes-López, D., Méndez-López, A., Bonilla-Barrientos, O., y Hernández-Bautista, A. (2013). Comportamiento agronómico de poblaciones F2 de híbridos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Revista Fitotecnia Mexicana* 36: 209-215.
- Hu, Z., Lee, J. W., Chandran, K., Kim, S., Brotto, A. C. and Khanal, S. K. (2015). Effect of plant species on nitrogen recovery in aquaponics. *Bioresource Technology* 188: 92-98. doi: 10.1016/j.biortech.2015.01.01
- Kazemi, M. (2013). Effects of Zn, Fe and their combination treatments on the growth and yield of tomato. *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences* 3: 109-114.
- Krauss, S., Schnitzler, W. H., Grassmann, J. and Woiatke, M. (2006). The influence of different electrical conductivity values in a simplified recirculating soilless system on inner and outer fruit quality characteristics of tomato. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54: 441-448. doi: 10.1021/jf051930a
- Kumari, S. (2012). Effect of micronutrients on quality of fruit and seed in tomato, *Solanum lycopersicum* L. *International Journal of Farm Sciences* 2: 43-46.
- Lennard, W. (2012). Aquaponic system design parameters: Fish to plant ratios (feeding rate ratios). *Aquaponic Fact Sheet Series*: 1-12.
- Liang, J. Y. and Chien, Y. H. (2013). Effects of feeding frequency and photoperiod on water quality and crop production in a tilapia-water spinach raft aquaponics system. *International Biodeterioration & Biodegradation* 85: 693-700. doi: 10.1016/j.ibiod.2013.03.029
- Meena, D. C., Maji, S., Meena, J. K., Kumawat, R., Meena, K. R., Kumar, S. and Sodh, K. (2015). Improvement of growth, yield and quality of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) cv. Azad T-6 with foliar application of zinc and boron. *International Journal of Bio-Resource & Stress Management* 6: 598-601. doi: 10.5958/0976-4038.2015.00091.3
- Méndez, I. I., Vera G. A. M., Chávez S. J. L. and Carrillo J. C. (2011). Quality of fruits in Mexican tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) landraces. *Vitae* 18: 26-32.
- Minolta, K. (2013). *Manual de instrucciones: chroma meter CR-400/410*. Kónica Minolta Sensing, Japan. 156 p.
- Mushtaq, N., Mushtaq, F., Rasool, F., Jan, R., Berjis, S., Ganaie, M. A. and Mushtaq, R. (2016). Effect of foliar application of boron and zinc on growth and fruit quality parameters of tomato (*Solanum lycopersicon* L.) cv. Shalimar 1 under temperate conditions in Kashmir valley. *The Bioscan* 11: 1299-1301.
- Peralta, G., Carrillo-Rodríguez, J. C., Chavez-Servia, J. L., Vera-Guzmán, A. M., y Pérez-León, I. (2012). Variación de caracteres agronómicos y licopeno en líneas avanzadas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Phyton* 81: 15-22.
- Radzevičius, A., Karkleliene, R., Viškelis, P., Bobinas, C., Bobinaite, R., Sakalauskiene, S. and Metspalu, L. (2009). Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruit quality and physiological

- parameters at different ripening stages of Lithuanian cultivars. *Agronomy Research* 7: 712-718.
- Resh, H. M. (2013). *Hydroponic food production: a definitive guidebook for the advanced home gardener and the commercial hydroponic grower*. CRC Press. Boca Raton, FL, USA. 276 pp.
- Reyes-Flores, M., M. Sandoval-Villa., M. N. Rodríguez-Mendoza., L. I. Trejo-Téllez., J. Sánchez-Escudero y J. Reta-Mendiola. (2017). Concentración de nutrientes en efluente acuapónico para producción de *Solanum lycopersicum* L. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 17: 3529-3542.
- Rodríguez M., M. N. (1997). Fertilización foliar en el cultivo del tomate en condiciones de invernadero. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- Roosta, H. R. and Hamidpour, M. (2013). Mineral nutrient content of tomato plants in aquaponic and hydroponic systems: effect of foliar application of some macro and micro-nutrients. *Journal of Plant Nutrition* 36: 2070-2083. doi: 10.1080/01904167.2013.821707
- Roosta, H. R. and Mohsenian, Y. (2012). Effects of foliar spray of different Fe sources on pepper (*Capsicum annuum* L.) plants in aquaponic system. *Scientia Horticulturae* 146: 182-191. doi: 10.1016/j.scienta.2012.08.018
- Roosta, H. R., and Hamidpour, M. (2011). Effects of foliar application of some macro-and micro-nutrients on tomato plants in aquaponic and hydroponic systems. *Scientia Horticulturae* 129: 396-402. doi: 10.1016/j.scienta.2011.04.006
- Rosadi, R. B., Senge, M., Suhandy, D., and Tusi, A. (2014). The effect of EC levels of nutrient solution on the growth, yield, and quality of tomatoes (*Solanum lycopersicum*) under the hydroponic system. *Journal of Agricultural Engineering and Biotechnology* 2: 7-12.
- Sainju, U. M., Dris, R., and Singh, B. (2003). Mineral nutrition of tomato. *Food, Agriculture & Environment* 1: 176-183.
- Salam, M. A., Jahan, N., Hashem, S., and Rana, K. M. S. (2014). Feasibility of tomato production in aquaponic system using different substrates. *Progressive Agriculture* 25: 54-62. doi: 10.3329/pa.v25i0.24075
- SAS, Statistical Analysis System. (2010). SAS Institute Inc. SAS/STAT® 9.3. User's Guide Cary, NC: SAS Institute. Cary, NC, USA.
- Somerville, C., Cohen, M., Pantanella, E., Stankus, A. and Lovatelli, A. (2014). Small-scale aquaponic food production: integrated fish and plant farming. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy. 589 p.
- Steiner, A. A. (1984). The universal nutrient solution. *In: Proceedings Sixth International Congress on Soilless Culture, ISOSC*. Lunteren, Wageningen. The Netherlands. pp: 633-650.
- Tigist, M., Workneh, T. S. and Woldetsadiq, K. (2013). Effects of variety on the quality of tomato stored under ambient conditions. *Journal of Food Science and Technology* 50: 477-486. doi: 10.1007/s13197-011-0378-0
- Trejo-Téllez, L. I., Rodríguez-Mendoza, M.N., Alcántar-González, G. and Gómez-Merino, F.C. (2004). Micronutrient foliar fertilization increases quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) in alkaline soils. *Acta Horticulturae (ISHS)* 729: 301-306. doi: 10.17660/ActaHortic.2007.729.49
- Turhan, A., and Şeniz, V. (2009). Estimation of certain chemical constituents of fruits of selected tomato genotypes grown in Turkey. *African Journal of Agricultural Research* 4: 1086-1092.
- Tyson, R. V., Simonne E. H., Treadwell D. D., White J. M. and Simonne A. (2008). Reconciling pH for ammonia biofiltration and cucumber yield in a recirculating aquaponic system with perlite biofilters. *HortScience* 43: 719-724. doi: 10.21273/HORTSCI.43.3.719
- Wu, M. and Kubota, C. (2008). Effects of high electrical conductivity of nutrient solution and its application timing on lycopene, chlorophyll and sugar concentrations of hydroponic tomatoes during ripening. *Scientia Horticulturae* 116: 122-129. doi: 10.1016/j.scienta.2007.11.014
- Yurtseven, E., Kesmez, G. D. and Ünlükara, A. (2005). The effects of water salinity and potassium levels on yield, fruit quality and water consumption of a native central Anatian tomato species (*Lycopersicon esculentum*). *Agricultural Water Management* 78: 128-135. doi: 10.1016/j.agwat.2005.04.018

First record of *Neospora caninum* in cattle in southeast Guerrero, Mexico

Primer reporte de *Neospora caninum* en el ganado bovino de la Costa Chica de Guerrero, México

Ascencio-Díaz María del Pilar¹; Núñez-Martínez Guadalupe¹; Sollano-Mendieta Citlali Estefania¹; Alaniz-Gutiérrez Luis¹; Rojas-García Adelaido Rafael¹; Bottini-Luzardo María^{1*}

¹Universidad Autónoma de Guerrero.

*Corresponding autor: mariabluzardo@yahoo.es

ABSTRACT

Objetivo: determine the seroprevalence of *N. caninum* in multiparous cows with a history of abortions or those with an intergestation interval greater than one year in the municipalities of Cuajinicuilpa and Ometepec, Guerrero, Mexico.

Design/methodology/approach: blood samples were collected from 13 cows and two dogs in the municipalities of Cuajinicuilpa and eight cows and seven dogs in the municipalities of Ometepec. Detection of antibodies against *N. caninum* was done with an indirect ELISA kit.

Results: a total of 21 cows and nine dogs were sampled in the two municipalities. In Cuajinicuilpa six cows (28.6%) and 2 dogs (32%) were positive, while in Ometepec, two cows (9.5%) and two dogs 32% were positive for *N. caninum*. Most of the positive dogs were in contact with positive cows and had free access to different ranches, making them migratory vectors.

Limitations/implications: this is the first published record of this parasite in cattle and dogs in Guerrero and allows explaining the cause of abortion or long intervals between deliveries in apparently healthy cows.

Conclusions: Overall, 38% of the sampled cows and 64% of the sampled dogs had antibodies against *N. caninum*, confirming that this parasite is present in two municipalities of the Guerrero state, Mexico.

Keywords: neosporosis, cattle, dogs.

RESUMEN

Objetivo: determinar la seroprevalencia de *Neospora caninum* en los municipios de Cuajinicuilpa y Ometepec, en la Costa Chica de Guerrero, México, en vacas multiparas con historial de abortos o no gestantes por un periodo mayor a un año.

Diseño/metodología/aproximación: se tomaron muestras de sangre de 13 vacas y dos perros en el municipio de Cuajinicuilpa y ocho vacas y siete perros en el municipio de Ometepec. Se empleó el kit para ELISA ID Screen *Neospora caninum* Indirect para detectar anticuerpos contra *Neospora caninum*.

Resultados: Un total de 21 vacas y nueve perros fueron muestreados en los dos municipios. Se encontraron seis vacas (28.6%) y dos perros (32%) resultaron positivos a *N. caninum* en el municipio de Cuajinicuilpa. En el caso del municipio de Ometepec dos vacas (9.5%) y 2 perros (32%) presentaron anticuerpos en contra de *N. caninum*. La mayoría de los perros positivos a *N. caninum* pertenecían a los trabajadores eventuales de los ranchos, permitiendo que estos animales tuvieran libre acceso a diferentes unidades de producción, convirtiéndose en vectores migratorios.

Limitaciones/implicaciones: este es el primer reporte de la presencia de *N. caninum* en Guerrero, permitiendo explicar, parcialmente, la causa de abortos o largos intervalos entre partos en vacas aparentemente sanas.

Agroproductividad: Vol. 13, Núm. 5, mayo, 2020. pp: 87-89.

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

Conclusión: El 38% del total de vacas muestreadas y 64% de los perros presentaron anticuerpos contra *N. caninum*, confirmando la presencia de éste parásito en dos municipios del estado de Guerrero, México.

Palabras clave: neosporosis, bovinos, perros.

INTRODUCCIÓN

Neospora caninum es un protozooario considerado como una de las principales causas de abortos en el ganado bovino (Dubey *et al.*, 2007), siendo el perro (*Canis lupus familiaris*) el principal transmisor de este parásito (McAllister *et al.*, 1998). En México se demostró la presencia de *N. caninum* en 1997 al identificarse lesiones microscópicas consistentes con neosporosis en fetos bovinos lecheros (Morales *et al.*, 2001), actualmente se ha reportado en los estados de Chihuahua, Durango, Coahuila, Aguascalientes, Hidalgo, Querétaro, Jalisco (García-Vázquez *et al.*, 2009), Nuevo León, Tamaulipas, Chiapas, Veracruz y Yucatán (Salinas *et al.*, 2005; García-Vázquez *et al.*, 2009; Romero-Salas *et al.*, 2010).

En encuestas recientes aplicadas a productores de los municipios de Ometepec y Cuajinicuilapa del estado de Guerrero (Cesario, 2019) manifestaron que uno de los principales problemas en el hato es la presencia de abortos, aun cuando llevan planes de vacunación contra Rinotraqueitis Infecciosa Bovina (IBR), Leptospirosis y se encuentran libres de Brucelosis (SENASICA, 2015) dejando al productor sin respuesta ante el origen de los abortos que afectan al rebaño. No se encontró en la literatura científica reportes sobre la presencia de *Neospora caninum* en perros y bovinos en el estado de Guerrero. Generalmente el estado de Guerrero realiza venta de ganado a los estados del norte de México e inició en recientes años exportaciones de ganado en pie hacia los Estados Unidos (SENASICA, 2018), por lo que el desconocimiento de la presencia de Neosporosis en el rebaño, no sólo evita que sea controlada en Guerrero, sino que podría contribuir a la diseminación de la misma en otros estados y países. El objetivo fue determinar en los municipios de Cuajinicuilapa y Ometepec, en la Costa Chica de Guerrero, México, bajo la premisa de que vacas multíparas con historial de abortos o no gestantes por un período mayor a un año presentan anticuerpos contra *Neospora caninum*.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en los municipios de Ometepec y Cuajinicuilapa, ambos ubicados en el suroeste del estado

de Guerrero. Ambos municipios presentan clima cálido-subhúmedo con temperaturas medias de 27 °C, y precipitaciones anuales de 1,100 mm (CONAGUA, 2019). El clima es considerado como Cfb según la clasificación Köppen-Geiger (Data-org, s/a). En ambos municipios las unidades de producción practican la ganadería extensiva cuyo fin zootécnico es la cría, con ordeños ocasionales.

Animales

Por medio del registro de productores de la Casa Agraria Ejidal de ambos municipios, se visitaron las unidades de producción (UP) cuyos propietarios manifestaron tener animales con historial de abortos y vacas con intervalo entre partos mayor a un año en sus unidades de producción. El total de UP visitadas fue de 13 en el municipio de Cuajinicuilapa y ocho en el municipio de Ometepec, se muestreó una vaca por UP. Todos los animales muestreados fueron mestizos *Bos taurus* × *Bos indicus* entre 3 y 12 años de edad. Los perros muestreados fueron los que se encontraban en el rancho al momento del muestreo y que convivían con las vacas, de forma ocasional o permanente.

Colección de suero

En los vacunos se tomaron 10 mL de sangre de la vena/arteria coccígea, la sangre fue recolectada en tubos SARSTEDT® MONOVETTE sin anticoagulante. Para la obtención de sangre en perros se puncionó la vena yugular en perros pequeños y la vena cefálica en caso de perros grandes (Núñez, 2007). La sangre se centrifugó a 3,500 rpm durante 15 min para separar el suero, el cual fue depositado en viales tipo EPPENDORF de 1.5 mL que se mantuvieron a -20 °C hasta su análisis.

Serología

La identificación de anticuerpos contra *Neospora caninum* se realizó mediante el método indirecto de Elisa empleando el kit comercial ID Screen *Neospora caninum* Indirect (ID.Vet. Grabels, Francia), el cual tiene una especificidad del 100% y una sensibilidad del 100% (Álvarez-García *et al.*, 2013). La lectura de los resultados se llevó a cabo con el método y punto de corte descrito por el reactivo comercial, empleando un lector de Elisa Stat Fax 4700, Awareness Technology, U.S.A.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Cuadro 1 muestra la cantidad de animales seropositivos a *N. caninum* por municipio, encontrándose una proporción más alta de animales vacunos positivos a este protozooario, en el municipio de Cuajinicuilapa que

en Ometepec. Dicha diferencia puede ser debido a que los ganaderos del municipio Cuajinicuilapa no envían de forma inmediata a rastro las vacas abortadas, por lo que aumentó el número de animales que pudieron muestrearse. Lo contrario ocurrió en el municipio de Ometepec.

En cuanto a los perros, en ambos municipios sólo dos animales presentaron anticuerpos contra *N. caninum* (Cuadro 1).

Los perros positivos convivían, de forma permanente o intermitente, con vacas que resultaron también positivos, perteneciendo tres de ellos a los trabajadores de los ranchos, permitiendo que estos animales tuvieran libre acceso a diferentes unidades de producción, convirtiéndose en vectores migratorios.

Destaca el hecho que los cinco perros negativos a *N. caninum* no tenían contacto con alguna vaca que haya resultado positiva, lo cual refleja el papel del perro como hospedero definitivo y transmisor del protozooario, lo que es descrito por Cruz-Vázquez et al. (2008) quienes señalan que el ganado que está en contacto con perros positivos tiene mayor riesgo de infección.

La seroprevalencia en vacas encontrada en el presente estudio, 38.1%, es menor a la reportada en otros estados del país, como en la cuenca lechera donde la seroprevalencia alcanza hasta el 100% (Salinas et al., 2005) o el estado sureño de Chiapas y la península de Yucatán donde se reporta hasta un 90% (García-Vázquez et al., 2009). Pero similar a lo encontrado por Romero-Salas et al. (2010) en el estado de Veracruz en animales mestizos *Bos indicus* × *Bos taurus*.

CONCLUSIÓN

Un porcentaje de las vacas múltiples con historial de abortos o no gestantes por un período mayor están infectadas con *Neospora caninum*. El presente estudio es el primer reporte de *N. caninum* en el estado de Guerrero, México.

LITERATURA CITADA

Álvarez-García, G., Collantes, E., y Gómez-Bautista, M. (1999) Control: Patología de la reproducción de etiología parasitaria (II) Neosporosis. Tratado de práctica veterinaria: Bovis. España 8: 69-72.

Cuadro 1. Número de hembras vacunas y perros doméstico que presentaron anticuerpos contra *Neospora caninum* en dos municipios de Guerrero, México.

Municipio	Vacas positivas	Vacas negativas	Perros positivos	Perros negativos
Cuajinicuilapa	6 (28.6%)	7(33.3%)	2 (22.2%)	0%
Ometepec	2 (9.5%)	6 (28.6%)	2 (22.2%)	5 (55.6%)
Total	8 (38.1%)	13(61.9%)	4 (44.4%)	5 (55.6%)

Cesario, S. (2019) Análisis de la ganadería bovina en la localidad de San Nicolás, Municipio de Cuajinicuilapa, Guerrero, (Tesis de pregrado) Universidad Autónoma de Guerrero, Cuajinicuilapa, Guerrero.

CONAGUA. (2019) Información climatológica por estado: Guerrero. <https://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado?estado=gro>.

Cruz-Vázquez, C., Medina-Esperza, L., Marentes, A., Morales-Salinas, E., y García-Vázquez, Z. (2008). Seroepidemiological study of *Neospora caninum* infection in dogs found in dairy farms and urban areas of Aguascalientes, México. *Vet. Parasitology* 157: 139-143.

Data-org (S/A) Costa Chica Clima <https://es.climate-data.org/america-del-sur/argentina/buenos-aires/costa-chica-1019572/>

Dubey, J., Schares, G. y Ortega-Mora, L. (2007). Epidemiology and control of neosporosis and *Neospora caninum*. *Clinical Microbiology Reviews* 20: 323-367.

García-Vázquez, Z., Rosario, C.R., Mejía, E.F., Rodríguez, V.I., Romero, S.D., Fernández, R.M. y Cruz-Vázquez, C. (2009). Seroprevalence of *Neospora caninum* antibodies in beef cattle in three southern states of Mexico, *Trop. Anim. Health Pro.* 41: 749-753.

McAllister, M.M., Dubey, J.P., Lindsay, D.S., Jolley, W.R., Wills, R.A. y McGuire, A.M. (1998). Dogs are definitive hosts of *Neospora perrosinum*. *Int.J. Parasitol-Par* 28: 1473-1478.

Morales, E., Trigo, F.J., Ibarra, F., Puente, E., Santacruz, M. (2001). Seroprevalence study of bovine neosporosis in México. *J. Vet Diagn Investig* 13: 413-415.

Núñez, O. y Bouda, J.L. (2007). Patología Clínica Veterinaria. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia México D.F., México Universidad Nacional Autónoma de México.

Romero-Salas, D., García-Vázquez, Z., Montiel-Palacios, F., Montiel-Peña, T., Aguilar Domínguez, M., Medina-Esparza, L. y Cruz Vázquez, C. (2010). Seroprevalence of *Neospora perrosinum* antibodies in cattle in Veracruz, Mexico. *J Anim Vet Adv* 10: 1445- 1451.

Salinas, M.E., Ramírez, L.J., Trigo, T.F., Ibarra, V.F., Puente, C.E. y Santa Cruz, M. (2005). Descripción de un caso de aborto bovino asociado a infección por *Neospora* spp. En México. *Vet México* 28: 353-357.

SENASICA (2015) Otorga SAGARPA a Guerrero estatus zoosanitario de Fase de erradicación en Brucelosis. <https://www.gob.mx/senasica/prensa/otorga-sagarpa-a-guerrero-estatus-zoosanitario-de-fase-de-erradicacion-en-brucelosis-20455>.

SENASICA (2018) Serán más competitivos 34 mil productores de la región integrada por 38 municipios de los Estados de México, Guerrero y Michoacán. 2018. <https://www.gob.mx/senasica/articulos/tierra-caliente-se-prepara-para-exportar-bovinos>

Biotechnology of inoculation of trees of forest importance with edible ectomycorrhizal fungi

Biotecnología de inoculación de árboles de importancia forestal con hongos ectomicorrízicos comestibles

Pérez-Moreno, J.*; Martínez-Reyes, M.; Hernández-Santiago, F.

Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México. C. P. 56230.

*Autor responsable: jperezm@colpos.mx

PROBLEMA

México se considera un país megadiverso ya que cuenta con aproximadamente 10% de la diversidad terrestre del planeta. Respecto a la diversidad de hongos, se estima que existen 2.2 a 3.8 millones de especies en el planeta y en México existen más de 200,000 especies, de las cuales sólo se conocen alrededor de 5%. Los hongos juegan un papel esencial en la regulación de los ecosistemas terrestres. Las micorrizas son asociaciones simbióticas entre hifas de cierto tipo de hongos y las raíces de aproximadamente 95% de las plantas terrestres. Particularmente, las ectomicorrizas son un componente de enorme relevancia para el mantenimiento de los bosques al considerarse como una extensión de la raíz e incrementar el área de absorción de las mismas. Los hongos ectomicorrízicos (HEC) originan un efecto benéfico en las plantas asociadas, aumentando la absorción de nutrimentos, principalmente N y P, en retribución, los hongos reciben carbono de ellas. En México, la ectomicorriza es de enorme interés estructural y funcional en ecosistemas templados, subtropicales y tropicales. En la actualidad, uno de los problemas más serios que enfrenta la humanidad, es el cambio climático global y una de las causas principales de dicho fenómeno es la enorme emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera, la cual es originada por varios factores dentro de los cuales se incluye la masiva deforestación que existe alrededor del mundo. Sin embargo, la reforestación es un tema complejo, que incluye entre otras limitantes técnicas, una baja tasa de supervivencia cuando se plantan árboles en condiciones de campo. Una de las razones, que explica la baja supervivencia, es la falta de simbiontes ectomicorrízicos en las raíces de la mayoría de las especies forestales producidas en vivero, cuya presencia es obligada cuando crecen en condiciones naturales.

SOLUCIÓN

Se desarrolló un estudio integral y multiescalar con bases biotecnológicas para la de inoculación de especies forestales con hongos ectomicorrízicos. A la fecha, se han generado en México resultados exitosos en la inoculación de árboles forestales con el uso de micelio ectomicorrízico o esporas. La inoculación con cepas de los géneros *Hebeloma*, *Suillus* y *Pisolithus*, han demostrado

Agroproductividad: Vol. 13, Núm. 5, mayo, 2020. pp: 91-92.

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

ser benéficos en el crecimiento de los árboles. Asimismo, en el Colegio de Postgraduados se ha desarrollado una tecnología barata, sencilla y eficiente utilizando esporomas de HEC y cuya patente se encuentra en trámite. Se ha observado con éxito una colonización radical de hasta 97%, usando esta tecnología con especies de HEC de los géneros *Laccaria*, *Hebeloma* y *Suillus*. Asimismo, como consecuencia de la colonización radical, se han registrado efectos benéficos, en términos de crecimiento de la planta y el contenido de nutrientes (N, P, K, Ca y Mg), en más de 20 especies forestales nativas de México utilizadas para reforestación y restauración de áreas degradadas, incluyendo *Pinus hartwegii*, *P. patula*, *P. pseudostrobus* y *P. greggii*. En total se han registrado resultados benéficos en 132 combinaciones de árboles y hongos ectomicorrízicos nativos de México. Adicional a estos resultados, la inoculación de *P. greggii* con especies de *Suillus*, presentó una tasa de supervivencia de 85% en campo, después de 1 año del trasplante, mientras que en plantas no inoculadas fue de 19%. Después de siete años, la tasa de supervivencia de los árboles inoculados se ha mantenido en un 50%, mientras que las plantas no inoculadas es del 5%. Actualmente, se han efectuado más de 30 bioensayos en campo los cuales han demostrado que la inoculación con HEC constituye un factor potencial para incrementar la supervivencia al trasplantar los árboles del vivero a condiciones de campo en nuestro país.

Impactos e Indicadores

Innovación	Impacto	Indicador general	Indicador específico
Establecimiento de prácticas para el uso sustentable de los hongos ectomicorrízicos comestibles silvestres	Conservación de los recursos naturales, reducción del grado de presión ambiental, incremento en el índice global de sustentabilidad, reducción de costos ambientales	Medio ambiente, económico	Medio físico natural, degradación y protección ambiental, contabilidad nacional y aspectos macroeconómicos
Revalorización de la diversidad cultural y desarrollo de actividades de micoturismo	Incremento en el ingreso de la población local, generación de empleos locales, incremento en el número de turistas	Demográfico y social, económico	Pobreza y marginación, empleo y ocupación, movimientos turísticos
Artículos, libros publicados, tesis, folletos, conferencias y talleres	Contribución a la ciencia y tecnología	Ciencia y tecnología	Producción científica y tecnológica
Investigación	Talentos formados: Licenciatura, Maestría y Doctorado	Ciencia y tecnología	Recursos humanos, egresados

