

Caracterización morfológica
de 15 pastos de la especie
Pennisetum purpureum

pág. 39

Año 12 • Volumen 12 • Número 12 • diciembre, 2019

Diversidad morfológica y fisiológica de cepas nativas de <i>Trichoderma</i> spp. en suelos cacaoteros de México	3
Problemas productivos y reproductivos por deficiencias minerales en bovinos de algunas regiones tropicales de México	11
Flora, vegetación y paisaje de la región de las altas montañas de Veracruz, México, elementos importantes para el turismo de naturaleza	19
Producción y competitividad del algodón mexicano en el contexto internacional	31
Respuesta de limón mexicano (<i>Citrus aurantifolia</i> (Christm) Swingle) a dos tipos de fertilización en un sistema de producción en contenedores	47
Análisis de la competitividad de cinco cultivos en el municipio de Suchiapa, Chiapas, México	55

y más artículos de interés...

3	Morphological and physiological diversity of native strains of <i>Trichoderma</i> spp. in soils with cocoa cultivation in México / Diversidad morfológica y fisiológica de cepas nativas de <i>Trichoderma</i> spp. en suelos cacaoteros de México
11	Production and reproductive problems due to mineral deficiencies in cattle in some tropical regions of Mexico / Problemas productivos y reproductivos por deficiencias minerales en bovinos de algunas regiones tropicales de México
19	Flora, vegetation and landscape of high mountains of Veracruz, Mexico, important elements for nature-based tourism / Flora, vegetación y paisaje de la región de las altas montañas de Veracruz, México, elementos importantes para el turismo de naturaleza
31	Production and competitiveness of Mexican cotton in the international context / Producción y competitividad del algodón mexicano en el contexto internacional
39	Morphological characterization of 15 grasses of <i>Pennisetum purpureum</i> species / Caracterización morfológica de 15 pastos de la especie <i>Pennisetum purpureum</i>
47	Mexican lime (<i>Citrus aurantifolia</i> (Christm) Swingle) response to two types of fertilization in a container production system / Respuesta de limón mexicano (<i>Citrus aurantifolia</i> (Christm) Swingle) a dos tipos de fertilización en un sistema de producción en contenedores
55	Analysis of the competitiveness of five crops in the municipality of Suchiapa, Chiapas, Mexico / Análisis de la competitividad de cinco cultivos en el municipio de Suchiapa, Chiapas, México
61	Meat physical characteristics of Katahdin with Pelibuey lambs fed with forage and concentrate / Características físicas de la carne de corderos Katahdin con Pelibuey alimentados a base de forraje y concentrado
67	Agribusiness diversification in Mexico and Tamaulipas; a model for regional development / Diversificación en agronegocios en México y Tamaulipas; una propuesta de modelo para el desarrollo regional
75	Determinants of the poultry meat demand in carcass in Mexico, 1990-2018 / Determinantes de la demanda de carne de pollo en canal en México, 1990-2018
81	Evaluation of three commercial rooters in the production of undetermined tomato seedlings (<i>Solanum lycopersicum</i> (L.) Lam) / Evaluación de tres enraizadores comerciales en la producción de plántulas de tomate indeterminado (<i>Solanum lycopersicum</i> (L.) Lam)
87	Phenological development and biomass production of maralfalfa grass (<i>Pennisetum</i> sp.) cultivated in southeastern Mexican / Desarrollo fenológico y producción de biomasa del pasto maralfalfa (<i>Pennisetum</i> sp.) cultivado en el sureste mexicano
93	Rustic aquaponics: an alternative to contribute to food sovereignty in rural communities / La acuaponía rústica: una alternativa para contribuir a la soberanía alimentaria en comunidades rurales
Notas de investigación	
101	Technological development for the production and commercialization of tilapia (<i>Oreochromis</i> spp.) / Desarrollo tecnológico para la producción y comercialización de tilapia (<i>Oreochromis</i> spp.)
103	The creole bovine breed Lechero Tropical / La raza bovina criolla Lechero Tropical
105	New varieties of sugarcane (<i>Saccharum</i> spp.) Generated by the College of Postgraduates in Agricultural Sciences for the Mexican humid tropics / Nuevas variedades de caña de azúcar (<i>Saccharum</i> spp.) generadas por el Colegio de Postgraduados para el trópico húmedo mexicano
107	Training and education model for the dissemination of innovations in the sugarcane sector / Modelo de capacitación y formación para la difusión de innovaciones en el sector cañero
111	Cultural tourist attractions Zongolica Veracruz, Mexico / Atractivos turísticos culturales Zongolica Veracruz, México
113	Productivity and sustainability of sorghum (<i>Sorghum bicolor</i> L.) in the dry tropics of Puebla, Mexico / Productividad y sostenibilidad del sorgo (<i>Sorghum bicolor</i> L.) en el trópico seco de Puebla, México

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.



ZOOLOGICAL RECORD®



Año 12, Volumen 12, Número 12, diciembre 2019, Agro productividad es una publicación mensual editada por el Colegio de Postgraduados. Carretera México-Texcoco Km. 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México. CP 56230. Tel. 5959284427. www.colpos.mx. Editor responsable: Dr. Jorge Cadena Iñiguez. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2017-031313492200-203. ISSN: 2594-0252, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, M.C. Valeria Abigail Martínez Sias. Fecha de última modificación, 31 de diciembre de 2019.

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

Contacto principal

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

Morphological and physiological diversity of native strains of *Trichoderma* spp. in soils with cocoa cultivation in México

Diversidad morfológica y fisiológica de cepas nativas de *Trichoderma* spp. en suelos cacaoteros de México

Arrazate-Argueta, Víctor del C.¹; Martínez-Bolaños, Misael²; Ayala-Escobar, Victoria¹; Avendaño-Arrazate, Carlos Hugo²; Hernández-Morales, Javier¹

¹Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Montecillo, Texcoco, Estado de México. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Rosario Izapa. Tuxtla Chico, Chiapas, México.

*Autor de correspondencia: hjavier@colpos.mx

ABSTRACT

Objective: To study the morphological, microscopic and physiological diversity of native species of *Trichoderma* genus associated with soils with cocoa cultivation in Mexico.

Design/methodology/approximation: Colonies of *Trichoderma* spp. were isolated and characterized morphologically, microscopically and physiologically. from soil samples from six sites with different agronomic management: Organic Management, Conventional and No Management. A multivariate analysis (Analysis of Main Components and Analysis of Hierarchical Conglomerates) was carried out based on eight morphological characters of the colonies: shape, mycelium texture, obverse color, reverse color, central halo, number of concentric rings, type of sporulation and sporulation capacity; three microscopic characters: conidia shape and length / width relation of conidia and phialides.

Results: Thirty strains with macroscopic characteristics of the genus *Trichoderma* were isolated and purified. The Principal Components Analysis showed that the first three components expressed 66.27% of the total variability in the 30 strains of *Trichoderma* spp., observing a wide distribution of the strains from the analysis of the evaluated characters. The analysis of hierarchical clusters determined eight groups divided into subgroups from the semipartial correlation coefficient of 0.05.

Limitations of the study/implications: *Trichoderma* species show intraspecific variation that change with respect to the environmental conditions of the environment where they grow.

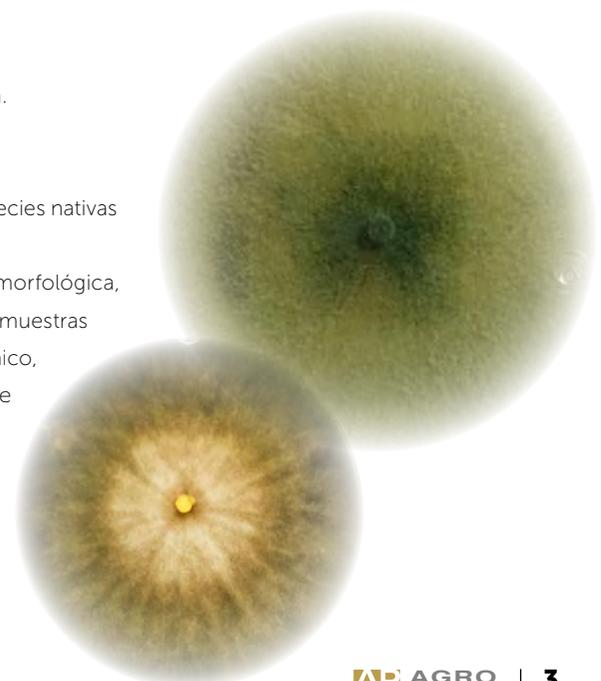
Findings/conclusions: The morphological, microscopic and physiological characterization shows a high variability expressed in different characters that demonstrate the high diversity and specificity of *Trichoderma* spp. in soils with cocoa cultivation in Mexico.

Key words: *Theobroma cacao* L., agroecosystem, mycobiota, characterization.

RESUMEN

Objetivo: Estudiar la diversidad morfológica, microscópica y fisiológica de especies nativas del género *Trichoderma* asociadas a suelos cacaoteros de México.

Diseño/metodología/aproximación: Se aislaron y caracterizaron morfológica, microscópica y fisiológicamente, colonias de *Trichoderma* spp. a partir de muestras de suelo de seis sitios con diferente manejo agronómico: Manejo Orgánico, Convencional y Sin Manejo. Se realizó un análisis multivariado (Análisis de Componentes Principales y Análisis de Conglomerados Jerárquicos) a partir



de ocho caracteres morfológicos de las colonias: forma, textura del micelio, color anverso, color reverso, halo central, número de anillos concéntricos, tipo de esporulación y capacidad de esporulación; tres caracteres microscópicos: forma de conidios y relación largo/ancho de conidios y fiálides.

Resultados: Se aislaron y purificaron 30 cepas con características macroscópicas del género *Trichoderma*. El Análisis de Componentes Principales mostró que los primeros tres componentes expresaron el 66.27 % de la variabilidad total en las 30 cepas de *Trichoderma* spp., observando una amplia distribución de las cepas a partir del análisis de los caracteres evaluados. El Análisis de Conglomerados Jerárquicos determinó ocho grupos divididos en subgrupos a partir del coeficiente de correlación semiparcial de 0.05.

Limitaciones del estudio/implicaciones: Las especies de *Trichoderma* muestran variación intraespecífica que cambian con respecto a las condiciones ambientales del medio donde crecen.

Hallazgos/conclusiones: La caracterización morfológica, microscópica y fisiológica, muestra una alta variabilidad expresada en diferentes caracteres que demuestran la alta diversidad y especificidad de las especies de *Trichoderma* spp. en suelos cacaoteros de México.

Palabras clave: *Theobroma cacao* L., agroecosistema, micobiota, caracterización.

género *Trichoderma*. Estos hongos son componentes predominantes de la micobiota del suelo en varios ecosistemas (De Bellis *et al.*, 2007) y funcionan como antagonistas eficaces en el manejo integrado de hongos fitopatógenos en diversos cultivos (Stefanova, 2007). Los hongos del género *Trichoderma* son asexuales (anamorfos) con especies genéticamente vinculadas al género *Hypocrea* (teleomorfo), presentes en el suelo, raíz y follaje de plantas (Samuels, 2004).

En estudios sobre diversidad de *Trichoderma/Hypocrea* en el agroecosistema cacao, Rivas-Cordero y Pavone-Maniscalco (2010) mencionan la presencia de especies como: *T. harzianum*, *T. virens*, *T. brevicompactum*, *T. theobromicola*, *T. koningiopsis*, *T. ovalisporum*, *T. asperellum*, y *T. pleurotum*. Así mismo, Migheli *et al.* (2009) y Torres-de la Cruz *et al.* (2015) reportan a *T. harzianum* como la más abundante. Por lo anterior, el objetivo fue estudiar la diversidad morfológica, microscópica y fisiológica de especies nativas del género *Trichoderma* asociadas a en suelos cacaoteros establecidos en los estados de Yucatán, Chiapas y Tabasco del sureste de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestras de suelo

Se colectaron muestras de suelo en seis parcelas productoras de cacao en el Sureste de México. Las muestras correspondieron a tres sistemas de manejo agronómico: Manejo Orgánico, Convencional y Sin Manejo (Cuadro 1).

Se utilizó el método cinco de oro para obtener una muestra representativa de 1 kg por cada sitio de muestreo, resguardada en bolsas

INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es uno de los cultivos agrícolas más importantes de los trópicos húmedos de México (Ten Hoopen *et al.*, 2012), donde se cultiva un total de 59,554 ha distribuidas en los estados de Tabasco, Chiapas y Guerrero (SIAP, 2019). Las plantaciones de cacao se caracterizan por ser un agroecosistema arbolado de sombra y de amplia diversidad florística, debido a las condiciones climáticas donde se cultiva y por establecerse bajo un dosel diversificado, haciendo que este agroecosistema tenga similitud con las selvas tropicales (Greenberg *et al.*, 2000). Desde el punto de vista ecológico y de control natural de plagas, el agroecosistema de cacao ha sido uno de los más estudiados (Evans, 1998), debido a que presenta características atractivas para estudios de diversidad y establecimiento de sistemas de manejo agroecológico. Sin embargo, la biodiversidad contenida en este tipo de agroecosistema se puede ver afectado por el grado de modificación o la intensidad del manejo agronómico, afectando la composición y abundancia de la biota asociada (Matson *et al.*, 1997).

Estudios en México, han confirmado una alta diversidad animal (Greenberg *et al.*, 2000; Muñoz *et al.*, 2005; Pérez-de la Cruz, 2009) y vegetal (Ramírez-Meneses, 2013) dentro del agroecosistema cacao. Sin embargo, Torres-de la Cruz *et al.* (2015) mencionan que los trabajos de diversidad de hongos en suelo han sido poco estudiados.

Las características únicas de este agroecosistema sugieren la existencia de una amplia diversidad de especies de hongos asociados con la rizosfera de plantas o de manera endófitas (Harman *et al.*, 2004), incluidas especies del

de plástico y transportado al Laboratorio de Fitopatología del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Campo Experimental Rosario Izaapa, ubicado en Tuxtla Chico, Chiapas, México.

Aislamiento de especies del género *Trichoderma*

Los aislados de *Trichoderma* spp. se obtuvieron por el método de dilución de esporas en cajas Petri (Acuña y Peña, 2005). Se preparó una solución madre en un matraz con 90 mL de agua destilada y esterilizada +10 g de suelo. La solución se agitó durante un minuto hasta homogeneizar completamente. Se realizaron diluciones seriadas de 10^{-2} , 10^{-3} y 10^{-4} , tomando una alícuota de 1 mL de la solución y 9 mL de agua destilada y esterilizada. Se incubó 0.1 mL de cada dilución en cajas Petri con medio de cultivo Papa Dextrosa Agar (PDA) + Ampicilina ($200 \mu\text{L L}^{-1}$) y Ácido Láctico ($600 \mu\text{L L}^{-1}$), distribuyendo uniformemente la mezcla en toda la superficie del medio. Las cajas fueron incubadas a 25 °C durante 3 días y cuantificado el número de colonias del género *Trichoderma*. Las colonias fueron aisladas en cajas Petri con medio de cultivo Agua Agar (AA). La purificación de cada aislado de *Trichoderma* se hizo a través del método de punta de hifa, tomando la sección final de la hifa en crecimiento e incubado en cajas Petri con medio de cultivo PDA.

Cuadro 1. Sitios de colecta de muestras de suelos cacaoteros en el sureste de México.

Sitio	Lugar de muestreo	Manejo agronómico
1	El Triunfo, Escuintla, Chiapas	Sin Manejo
2	Maravilla Tenejapa, Chiapas	Sin Manejo
3	Pichucalco, Chiapas	Orgánico
4	Unión Jamaica, Escuintla, Chiapas	Orgánico
5	Valladolid, Yucatán	Sin Manejo
6	Zunú, Tlacotalpa, Tabasco	Convencional

Caracterización morfológica y fisiológica de especies del género *Trichoderma*

Se incubaron discos de 5 mm en el centro de cajas Petri con medio de cultivo PDA para cada cepa pura. Las características morfológicas y fisiológicas de las colonias de *Trichoderma* se identificaron siguiendo

la guía de Barnett y Hunter (1972), Samuels et al. (2002) y Gams y Bissett. (1998), considerando características morfológicas de las colonias como: Forma (FC), Color Anverso (CA), Color Reverso (CR), Textura del Micelio (TM), Halo Central (HC), Número de Anillos Concéntricos (NAC), Tipo de Esporulación (TE), Capacidad de Esporulación (CE); características microscópicas: Forma de conidios (FCON), Relación Largo/Ancho de conidios (RLAC), Relación Largo/Ancho de fiálides (RLAF); y características fisiológicas como la Tasa de Crecimiento (TC) (Cuadro 2). La FC, CA, CR, TM, HC y TC, se evaluó a los tres días de incubación y la NAC, TE, CE, FCON, RLAC y RLAF a los seis días de incubación en medio de cultivo PDA a 25 °C.

Se realizó un análisis multivariado con el paquete estadístico SAS® (Statistical Analysis System, versión 9.4) utilizando datos cualitativos y cuantitativos. Se hizo un Análisis de Componentes Principales (ACP) para observar la distribución de las cepas caracterizadas y un Análi-

Cuadro 2. Caracteres morfológicos, microscópicos y fisiológicos de *Trichoderma* spp., evaluados para estudiar la diversidad de especies nativas en el sureste de México.

Carácter	Código	Escala
Forma	FC	1: Circular, 2: Irregular y 3: Filamentosa
Textura del micelio	TM	1: Polvorienta, 2: Granulosa, 3: Velloso, 4: Aterciopelada y 5: Algodonosa
Color anverso	CA	1: Blanco, 2: Blanco-Marrón, 3: Amarillo-Verdoso y 4: Amarillo
Color reverso	CR	1: Blanco, 2: Blanco-Amarillento, 3: Blanco-Verdoso y 4: Amarillo
Halo central	HC	1: Ausente, 2: Micelial-Hialino, 3: Micelial-Algodonoso y 4: Esporulativo
Número de anillos concéntricos	NAC	0: Sin anillos, 1: Un anillo, 2: Dos anillos y 3: Tres anillos
Tipo de esporulación	TE	1: Ausente, 2: Dispersa, 3: Homogénea y 4: Anular
Capacidad de esporulación	CE	1: Baja, 2: Media y 3: Alta
Tasa de crecimiento	TC	Cm
Relación largo/ancho de conidios	RLAC	μm
Forma de conidios	FCON	1: Globoso, 2: Subgloboso, 3: Elipsoidal y 4: Ovoido
Relación largo/ancho de fiálides	RLAF	μm

sis de Conglomerados Jerárquicos (ACJ) para distinguir grupos conformados por las mismas (Gonzalez, 2001).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Aislamiento de especies del género *Trichoderma*

Se aislaron y purificaron 30 cepas con características macroscópicas del género *Trichoderma*. El sitio dos (Maravilla Tenejapa, Chiapas) resaltó por obtenerse el mayor número de cepas (10), representando el 33.33 % del total de cepas encontradas; además, el sitio estuvo asociado a un bajo nivel de perturbación por no realizarse actividades de manejo agronómico. Perfecto *et al.* (1996) resaltan que los agroecosistemas tradicionales de cacao pueden contener altos niveles de biodiversidad en flora y fauna, debido a su estructura bajo deferentes especies de árboles, siendo, junto con el café, uno de los modelos más atractivos para la conservación de la biodiversidad.

En el sitio cinco (Valladolid, Yucatán) y seis (Zunú, Tlacoatalpa, Tabasco) se encontró solo una cepa, respectivamente; que representó, para cada sitio, el 3.33 % del total de cepas encontradas.

El sitio cinco representó el menor porcentaje de cepas encontradas. Importante destacar que este sitio estuvo asociado a un agroecosistema sin actividades de manejo agronómico. Esto sugiere que las características físico-químicas del suelo pueden influir en el desarrollo de hongos del género *Trichoderma*. Elíades *et al.* (2004) encontraron especies como *T. koningii* y *T. hamatum* hasta pH=7, considerándolas alcalofóbicas en pH superiores, ya que únicamente crecieron en medios ligeramente ácidos. Lo que es confirmado por Wicklow (1986) donde afirma que la presencia de hongos del género *Trichoderma* está fuertemente regulada por el calcio en la solución edáfica.

El sitio seis, al igual que el sitio cinco, estuvo asociado al manejo agronómico tradicional del cultivo, por lo que se puede presumir algún grado de perturbación en la biodiversidad. Perfecto *et al.* (2003) mencionan que los agroecosistemas pueden ser grandes repositorios de biodiversidad, pero el tipo de agricultura puede determinar la biodiversidad contenida en ellos. De la misma manera, Philpott *et al.* (2006) menciona que la intensidad del manejo o intensificación de la agricultura es la transición entre un agroecosistema de alta biodiversidad a uno de baja biodiversidad con el uso de ma-

quinaria y agroquímicos. Lecointre y Le Guyader (2006) encontraron que organismos del suelo y hojarasca son altamente susceptibles al uso de pesticidas. Estudios *in vitro* realizados por Terreno *et al.* (2018) con fungicidas de uso común para combatir enfermedades en cacao, encontraron que los fungicidas a base de óxido de cobre inhiben la presencia de especies del género *Trichoderma* como: *T. harzianum*, *T. ovalisporum*, *T. stromaticum* y *T. koningiopsis*.

Caracterización morfológica y fisiológica de especies del género *Trichoderma*

Las características morfológicas cualitativas se presentan de manera gráfica, señalando las frecuencias de cada nivel del caracter dentro de cada descriptor (Figura 1).

Las variables FC y TM mostraron frecuencias constantes, con forma circular y micelio algodonoso en todas las colonias. El CA blanco (Figura 2a) mostró la mayor frecuencia (43.33 %) y el CA amarillo (Figura 2d) en menor frecuencia (10 %). El CR blanco-verdoso (Figura 2g) mostró la mayor frecuencia (40 %) y en menor frecuencia (13.33 %) el CR amarillo (Figura 2h).

El HC micelial hialino (Figura 3b) presentó la mayor frecuencia (33.33 %) y con menor frecuencia (6.67 %) el HC micelial algodonoso (Figura 3c).

El NAC fue variable, donde la mayor frecuencia (46.67 %) mostró dos anillos y en menor frecuencia (3.33 %) tres anillos. El TE anular (Figura 4d) mostró la mayor frecuencia (36.67 %) y en menor frecuencia (3.33 %) no se observó esporulación (Figura 4a). La CE alta (Figura 4c y 4d) mostró la mayor frecuencia

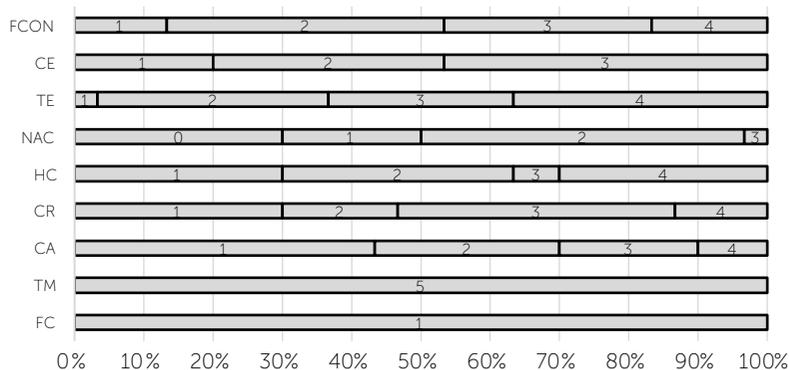


Figura 1. Frecuencia por clase de caracteres morfológicos (9) de 30 cepas nativas de *Trichoderma* spp. encontradas en cacaotales del sureste de México. FC=Forma de la colonia, TM=Textura del micelio, CA=Color anverso de la colonia, CR=Color reverso de la colonia, HC=Halo central de la colonia, NAC=Número de anillos concéntricos, TE=Tipo de esporulación, CE=Capacidad de esporulación y FCON=Forma de conidios.



Figura 2. Color anverso y reverso de cepas nativas de *Trichoderma* spp. en medio de cultivo PDA. a-d=Color anverso a los tres días de incubación; a: Blanco; b: Blanco-Marrón; c: Amarillo-Verdoso; d: Amarillo. e-h=Color reverso a los 6 días de incubación; e: Blanco; f: Blanco-Amarillento; g: Blanco-Verdoso y h: Amarillo.

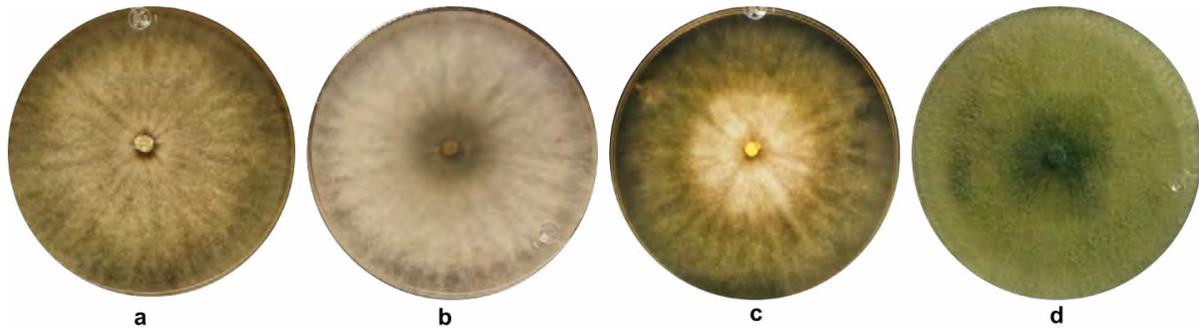


Figura 3. Halo central de cepas nativas de *Trichoderma* spp. a los tres días de incubación a 25 °C en medio de cultivo PDA. a: Ausente; b: Micelial-Hialino; c: Micelial-Algodonoso y d: Esporulativo.



Figura 4. Tipo de esporulación de cepas nativas de *Trichoderma* spp. a los seis días de incubación a 25 °C en medio de cultivo PDA. a: Ausente; b: Dispersa; c: Homogénea y d: Anular.

(46.67 %) y en menor frecuencia (20 %) la esporulación baja a nula (Figura 4a).

Análisis de Componentes Principales (ACP)

El ACP mostró que los primeros tres componentes expresaron el 66.27 % de la variabilidad total en las 30 cepas de *Trichoderma* spp., donde el CP1 explicó el 35.54 %, el CP2 15.85 % y el CP3 14.87 % (Cuadro 3).

En la Figura 5a se observa la distribución de las cepas con base al CP1 y CP2 y en la Figura 5b con base al CP1 y CP3, observando una amplia distribución de las cepas a partir del análisis de los caracteres morfológicos, microscópicos y fisiológicos de *Trichoderma* spp.

Análisis de Conglomerados Jerárquicos (ACJ)

Con las variables morfológicas, microscópicas y fisiológicas, se determinaron ocho grupos (GI, GII, GIII, GIV, GV, GVI, GVII y GVIII) divididos en subgrupos a partir del coeficiente de correlación semiparcial de 0.05 (Figura 6).

Las cepas del G I (1, 2, 27 y 29) presentaron esporulación homogénea, capacidad de esporulación alta y sin formación de anillos concéntricos. El G II (20) presentó la relación largo/ancho de conidios más alta (1.93). El G III (5) presentó la tasa de crecimiento más baja (4.2 cm). El G IV

Cuadro 3. Valores propios y proporción de la varianza total explicada por componente principal, basado en caracteres morfológicos, microscópicos y fisiológicos de *Trichoderma* spp. encontradas en cacaotales del sureste de México.

CP	Autovalor	Diferencia	Proporción	Acumulado
1	3.5542501	1.9690284	0.3554	0.3554
2	1.5852217	0.0978187	0.1585	0.5139
3	1.4874031	0.3730124	0.1487	0.6627

CP=Componente principal.

(19, 22, 23, 26, 28 y 30) presentó color anverso amarillo-verdoso, color reverso blanco-verdoso, halo central esporulativo, dos anillos concéntricos, esporulación anular y una alta capacidad de esporulación. El G V (21 y 25) presentó color anverso blanco. El G VI (3, 7 y 8) presentó un anillo concéntrico y baja capacidad de esporulación. El G VII (15 y 24) presentó color anverso blanco-marrón y sin formación de halos centrales. El G VIII (4, 6, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17 y 18) presentó esporulación dispersa y capacidad de esporulación media.

El color anverso y reverso de las colonias pueden estar influenciados por la producción de pigmentos como la Antraquinona (Druzhinina y Kubicek, 2005) y otros metabolitos secundarios como antibióticos y promotores del crecimiento vegetal (Vinale *et al.*, 2009).

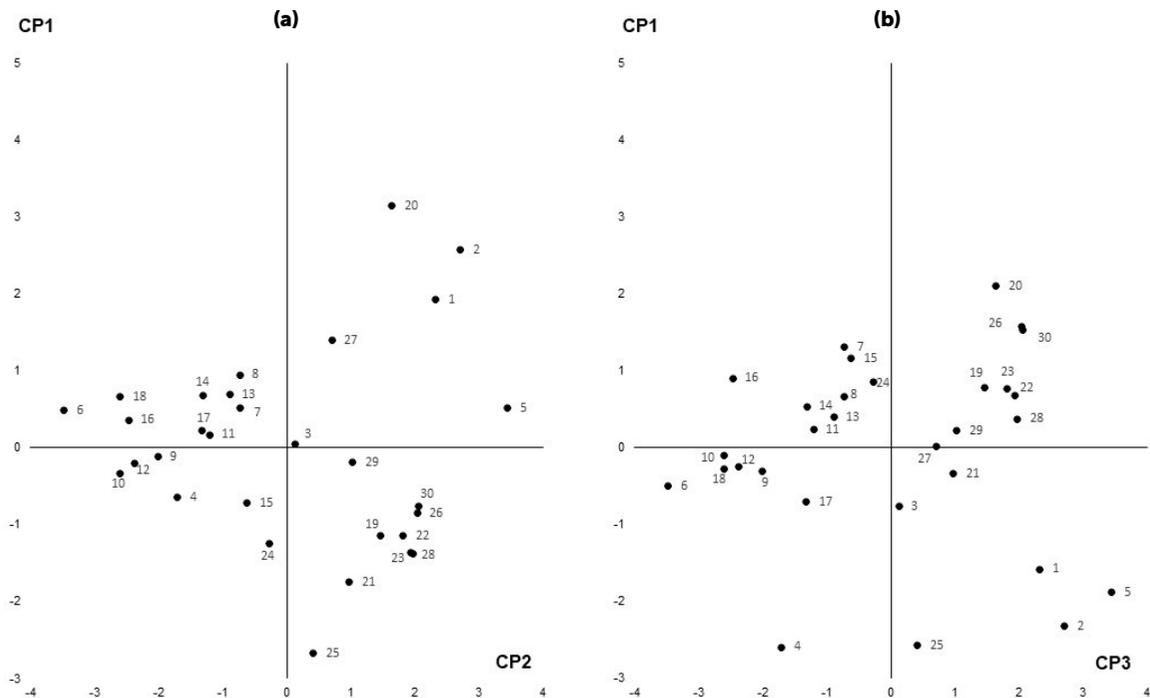


Figura 5. Distribución de 30 cepas nativas de *Trichoderma* spp. encontradas en cacaotales del sureste de México. a: Distribución en función de los componentes principales 1 y 2 (CP1=componente principal 1 y CP2=componente principal 2). b: Distribución en función de los componentes principales 1 y 3 (CP1=componente principal 1 y CP3=componente principal 3).

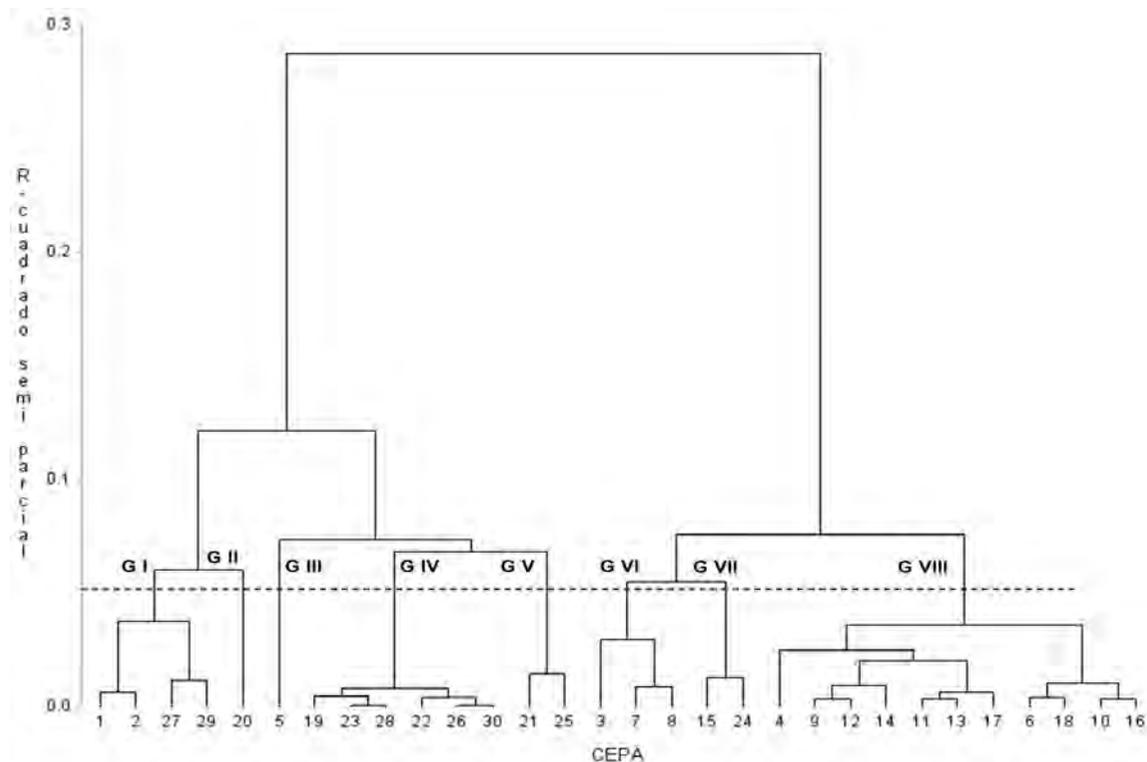


Figura 6. Dendrograma de caracteres cualitativos y cuantitativos para 30 cepas nativas de *Trichoderma* spp. encontradas en cacaotales del sureste de México. GI=Grupo uno, GII=Grupo dos, GIII=Grupo tres, GIV=Grupo cuatro, GV=Grupo cinco, GVI=Grupo VII y GVIII=Grupo ocho.

La forma de las colonias y cantidad de conidiación observada en las placas, puede ser estimulada por factores que propician un ambiente de estrés, como son: la exposición a la luz, la falta de nutrientes o cambios en pH (Osorio-Concepción et al., 2013).

La utilización de fuentes de nutrientes y la adaptación a condiciones ambientales específicas de cada especie nativa de *Trichoderma* spp. pudo ser un indicador de la diversidad observada, al someter todos los organismos a las mismas condiciones de temperatura, humedad relativa, luz, pH y nutrientes.

CONCLUSIONES

La calidad de los suelos y la perturbación con la intensificación de la agricultura influye en la diversidad de especies de *Trichoderma* spp. en el agroecosistema cacao.

La caracterización morfológica, microscópica y fisiológica, muestra una alta variabilidad expresada en diferentes caracteres que demuestran la alta diversidad y especificidad de las especies de *Trichoderma* spp. en suelos cacaoteros del sureste de México.

LITERATURA CITADA

- Acuña, O. & Peña, W. (2005). Determinación de poblaciones de microorganismos en el suelo mediante técnicas de recuento directo. Eds. Imbap, Universidad de Costa Rica. San José, CR. pp. 4-7.
- Barnett, H. L. & Hunter, B. B. (1972). Illustrated genera of imperfect fungi. 3rd edition, 241 p.
- De Bellis, T., Kernaghan, G. & Widden, P. (2007). Plant community influences on soil microfungus assemblages in boreal mixed-wood forests. *Mycologia* 99: 356-367.
- Druzhininina, I. & Kubicek, C. P. (2005). Species concepts and biodiversity in *Trichoderma* and *Hypocrea*: from aggregate species to species clusters?. *Journal of Zhejiang University Sci B*. 2005 (2): 100-112.
- Eliades, L., Bucsinszky, A. M. & Cabello, M. (2004). Micobiota alcalofílica y alcalinotolerante en suelos de bisques xéricos en una localidad de la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Boletín Micológico* 19: 41-47.
- Evans, H. C. (1998). Disease and sustainability in the Cocoa agroecosystem. First International Workshop on Sustainable Cocoa Growing. Smithsonian Tropical Research Institute. Panama City, Panama.
- Gams, W. & Bissett, J. (1998). Morphology and identification of *Trichoderma*. In: *Trichoderma and Gliocladium*, Basic Biology, Taxonomy and Genetics, Harman, G. E. and C. P. Kubicek (Eds.). Taylor and Francis, London, UK., pp:3-34.
- González-Andrés, F. & Pita-Villamil, J. M. (2001). Conservación y Caracterización de Recursos Fitogenéticos. Ed. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola. Madrid. 279 p.

- Greenberg, R., Bichier, P. & Cruz, A. A. (2000). The conservation value for birds of cacao plantations with diverse planted shade in Tabasco, Mexico. *Animal Conservation* 3: 105-112.
- Harman, G. E., Howell, C. R., Viterbo, A. & Chet, I. (2004). *Trichoderma* spp. opportunistic avirulent plant symbionts. *Nature Reviews Microbiology* 2: 43-56.
- Lecointre, G. & Le Guyader, H. (2006). *The Tree of Life: A Phylogenetic Classification*. The Belknap Press of Harvard University Press. Cambridge, MA, USA.
- Matson, P. A., Parton, W. J., Power, A. G. & Swift, M. J. (1997). Agricultural intensification and ecosystems properties. *Science* 277: 504-509.
- Migheli, Q., Balmas, V., Komon-Zelazowska, M., Scherm, B., Fiori, S. & Kopchinskiy, A. G. (2009). Soils of a Mediterranean hot spot of biodiversity and endemism (Sardinia, Tyrrhenian Islands) are inhabited by Paneuropean, invasive species of *Hypocrea/Trichoderma*. *Environmental Microbiology* 11: 35-46.
- Muñoz, D., Estrada, A. & Naranjo, E. (2005). Monos aulladores (*Alouatta palliata*) en una plantación de cacao (*Theobroma cacao*) en Tabasco, México: aspectos de la ecología alimentaria. *Universidad y Ciencia* 2: 35-44.
- Osorio-Concepción, M., Casas-Flores, S. & Cortés-Penagos, C. (2013). Efecto de la limitación de fosfato sobre la conidiación de *Trichoderma atroviride* y mutantes ciegas a la luz. *Revista Mexicana de Micología* 37: 41-50.
- Pérez-De la Cruz, M., Equihua-Martínez, A., Romero-Nápoles, J., Sánchez-Soto, S., García-López, E. y Bravo-Mojica, H. (2009). Escolítidos (Coleoptera: Scolytidae) asociados al agroecosistema cacao en Tabasco, México. *Neotropical Entomology* 38: 602-609.
- Perfecto, I., Rice, R. A., Greenberg, R. & Van der Voort, M. (1996). Shade coffee: a disappearing refuge of biodiversity. *Bioscience* 46: 598-608.
- Perfecto, I., Mas, A., Dietsch, T. V. & Vandermeer, J. (2003). Species richness along an agricultural intensification gradient: a tri-taxa comparison in shade coffee in southern México. *Biodiversity and Conservation* 12: 1239-1252.
- Philpott, S. M., Perfecto, I. & Vandermeer, J. (2006). Effect of management intensity and season on arboreal ant diversity and abundance in coffee agroecosystems. *Biodiversity and Conservation* 15: 139-155.
- Ramírez-Meneses, A., García-Lopez, E., Obrador-Orlán, J., Ruiz-Rosado, O. & Camacho-Chiu, W. (2013). Diversidad florística en plantaciones agroforestales de cacao en Cárdenas, Tabasco, México. *Universidad y Ciencia* 29 (3): 215-230.
- Rivas-Cordero, M. & Pavone-Maniscalco, D. (2010). Diversidad de *Trichoderma* spp. en plantaciones de *Theobroma cacao* L. del estado Carabobo, Venezuela, y su capacidad biocontroladora sobre *Crinipellis pernicioso* (Stahel) Singer. *Interciencia* 35: 777-783.
- Samuels, G. (2004). *Trichoderma: a guide to identification and biology*. United States Department of Agriculture. Agricultural Research Service. Systematic Botany and Mycology Laboratory. Beltsville, USA. 40 p.
- SIAP. (2019). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Cierre de la producción agrícola por cultivo 2016. Avance de siembras y cosechas por cultivo Consultado: 12 de octubre 2019. Disponible en: http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenDelegacion.do
- Stefanova, M. (2007). Introducción y eficacia técnica del biocontrol de fitopatógenos con *Trichoderma* spp. en Cuba. Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal, Ciudad de La Habana, Cuba. *Fitosanidad* 11 (3): 75-79.
- Ten Hoopen, G.M., Deberdt, P., Mbenoun, M. & Cilas, C. (2012). Modelling cacao pod growth: implications for disease control. *Annals of Applied Biology* 160: 260-272.
- Terreno, Y. P.I., Peñaherrera, V. S. L., Solís, H. Z. K., Vera, C. D. I., Navarrete, C. J. B. & Herrera, D. M. A. (2018). Compatibilidad *in vitro* de *Trichoderma* spp. con fungicidas de uso común en cacao (*Theobroma cacao* L.). *Investigación Agraria* 20 (2): 146-151.
- Torres-de la Cruz, M., Ortiz-García C. F., Bautista-Muñoz, C., Ramírez-Pool, J. A., Ávalos-Contreras, N. & Capello-García, S. (2015). Diversidad de *Trichoderma* en el agroecosistema cacao del estado de Tabasco, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 86: 947-961.
- Vinale, F., Ghisalberti, E., Sivasitphamparamb, K., Marra, R., Ritieni, A., Ferracane, R., Woo, S. and Lorito, M. (2009). Factors affecting the production of *Trichoderma harzianum* secondary metabolites during the interaction with different plant pathogens. *Letters of Applied Microbiology* 72: 2032-2035.
- Wicklow, D. T. (1986). Functional relationship between Quebec forest soil microfungi and their environment. *Canadian Journal of Botany* 64 (7): 1424-1432.



Production and reproductive problems due to mineral deficiencies in cattle in some tropical regions of Mexico

Problemas productivos y reproductivos por deficiencias minerales en bovinos de algunas regiones tropicales de México

Valdez-Arjona, Laura¹; Ramírez-Mella, Monica¹; Rayas-Amor, Adolfo²; Díaz-Ramírez, Mayra²; Jiménez-Guzmán, Judith²; García-Garibay, Mariano²; Miranda-de la Lama, Genaro²; Cruz-Monterrosa, Rosy²; Ramírez-Briebesca, Efrén^{3*}

¹Colegio de Posgraduados Campus Campeche Programa de Bioprospección y Sustentabilidad Agrícola en el Trópico. ²Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Lerma Departamento de Ciencias de la Alimentación. ³Colegio de Posgraduados, Campus Montecillo, Programa de Ganadería.

*Autor de correspondencia: efrénrb@colpos.mx

ABSTRACT

Objective: To carry out the mapping of the most common mineral deficiencies of cattle in tropical regions of Mexico.

Design/methodology/approach: The search for scientific publications on tropical cattle in different scientific and academic databases was carried out.

Results: The tropical zones of Mexico present the problem of forages low in protein and minerals. The climatic conditions influence the content of minerals in the soil, plants and animals. Low contents of Ca, P, Zn, Se, I and Cu are reported.

Limitations of the study/implications: The presence of some deficiency diseases is reflected by the low production in milk and meat, there are negative effects on fertility, abortions, low semen quality, retention of placenta and dystrophic births.

Findings/conclusions: Minerals lacking in cattle should be supplemented, in order to improve productive efficiency. Avoid high-mineral diets to prevent polluting effects on the environment.

Keywords: Lack of minerals, grazing cattle, tropics.

RESUMEN

Objetivo: Realizar un mapeo de las deficiencias minerales más comunes que presenta el ganado bovino en las regiones tropicales de México.

Diseño/metodología/aproximación: Se realizó la búsqueda en bases de datos científicas y académicas de publicaciones científicas sobre ganado bovino criado en el trópico.

Resultados: Las zonas tropicales de México presentan la problemática de forrajes bajos en proteína y minerales. Las condiciones climáticas influyen en el contenido de minerales en el suelo, plantas y en los animales. Se reportan bajos contenidos de Ca, P, Zn, Se, I y Cu.

Limitaciones del estudio/implicaciones: La presencia de algunas enfermedades carenciales se refleja con la baja producción en leche y carne, hay efectos negativos en la fertilidad, abortos, baja calidad de semen, retención de placenta y partos distócicos.

Hallazgos/conclusiones: Los minerales carentes en el ganado bovino se deben de suplementar, con el propósito de mejorar la eficiencia productiva. Se debe evitar dietas con alto contenido de minerales para prevenir efectos contaminantes al ambiente.

Palabras clave: Carencia de minerales, ganado de pastoreo, trópico.

Agroproductividad: Vol. 12, Núm. 12, diciembre. 2019. pp: 11-18.

Recibido: febrero, 2019. **Aceptado:** octubre, 2019.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas ganaderos extensivos o semi-extensivos de doble propósito (carne y leche) predominan en las regiones tropicales de México, la cual incluye el 23% del territorio, albergando el 30% de la población bovina del país (Segura-Correa, 1990). El principal problema de los sistemas es la baja calidad y disponibilidad de los forrajes, baja eficiencia en el uso de los suelos, hay deterioro ambiental por problemas de deforestación, erosión, pérdida de biodiversidad y contaminación del agua (Arboleda *et al.*, 2013). El suelo contiene material orgánico que son usados para el crecimiento de las plantas (Docampo, 2014) y a su vez para la alimentación animal (Gupta & Gupta, 2014). La carencia o desequilibrio de minerales en el suelo, ocasiona falta de crecimiento en las plantas y carencia de minerales en los animales (Soetan *et al.*, 2010). Las principales deficiencias de minerales en la relación suelo-planta-animal son por fósforo (P), calcio (Ca), cobre (Cu), zinc (Zn), selenio (Se) e yodo (I) (Bhandari *et al.*, 2016; Dermauw *et al.*, 2014; Hill & Shannon, 2019).

En los suelos de México se reporta amplia variación del contenido mineral, lo cual refleja su composición en los forraje y los animales (Huerta-Bravo *et al.*, 2016). Los minerales integran la estructura de tejidos, participan en el transporte de fluidos en la membrana celular (Suttle & Underwood, 2010) y son componentes de sistemas enzimáticos (Campos Granados, 2016; Pond, Church, & Pond, 2002). En la ganadería, la deficiencia mineral causa varias enfermedades como la fiebre de leche, síndrome del becerro débil, problemas de lactancia, laminitis, abortos, infertilidad,

tetania, osteoporosis, síndrome de pica, anemia, etc. (Confalonieri *et al.*, 2016; López-Alonso, 2012; Yasothai, 2014), repercutiendo en la producción, reproducción (Salamanca, 2010) y causas de muerte en los animales (Kumar, Pandey, Razaque, & Dwivedi, 2011). El objetivo de este trabajo fue describir algunos problemas productivos y reproductivos involucrados en la deficiencia de minerales en bovinos que pastorean algunas regiones tropicales de México.

Sistemas ganaderos en las regiones tropicales

Se presentan tres tipos de sistemas de producción en el ganado bovino, los cuales son: intensivo, mixto y extensivo (Perdomo *et al.*, 2017). Los sistemas mixtos o semi-intensivos se combinan con el pastoreo y suplementación; mientras el intensivo mantiene a los animales en corrales y se les proporciona alimento balanceado para incrementar la producción de carne o leche. La ganadería tropical de América Latina se integra con el 78% de la población bovina, correspondiendo a doble propósito (Perdomo *et al.*, 2017) se desarrolla principalmente bajo el sistema extensivo y es una de las principales actividades productivas del sector agropecuario (Molina *et al.*, 2019; Orantes *et al.*, 2014).

Las regiones de trópico seco y húmedo en México

La zona tropical de México se clasifica en seca y húmeda. El clima de estas regiones se caracteriza por la temperatura media anual mayor a 18 °C con lluvias de 800 a 4000 mm al año. Dependiendo de las precipitaciones, existen tres tipos de climas: Af, tropical con lluvias todo el año; Aw, tropical con lluvias en verano y Am, tropical con lluvias inten-

sas en verano. La altitud es menor a 1000 m, y distribución estacional de seis meses al año con periodo seco y el restante con lluvias. Las características del trópico son la abundancia de agua y suelos para el cultivo de especies de la familia Poaceae y Fabaceae (antes gramíneas y leguminosas) (Martínez-González, 2006). Entre las características del suelo, tienden a ser someros, infértiles y ácidos; se llega a presentar toxicidad por aluminio que fija el P en complejos insolubles haciéndolo poco disponible para la vegetación (Osorio-Miranda *et al.*, 2013).

Deficiencia de minerales en suelo-planta-animal

El suelo contiene material orgánico y minerales (Aguilar Alínquer, 2014) usados para el desarrollo de las plantas (Docampo, 2014). La composición mineral de los suelos se debe al origen de la roca madre, glaciación, lixiviación, erosión, evaporación, salinización y uso de químicos (Smart *et al.*, 1981). Un ejemplo es el contenido de selenio (Se) en el suelo que varía con el tipo (cambisoles, vermisoles, fluvisoles, alisoles, andasoles), la textura (arcillosa, franco-limosa y arenosa) y el contenido de materia orgánica (Mehdi *et al.*, 2013). Las épocas de sequía y lluvia tienen una amplia variación en el contenido mineral en las regiones tropicales (Huerta-Bravo *et al.*, 2016). Estudios realizados en regiones de Nayarit, Veracruz, Chiapas, Jalisco, Tabasco y Quintana Roo en México (Cuadro 1), se reportan diferentes concentraciones de minerales en los suelos y plantas.

En las plantas, la acumulación de minerales depende del contenido y la disponibilidad de éstos en el suelo, la especie y etapa de madurez de la planta, el rendimiento, manejo de los pastos y clima (Fitri, 2016). Los

factores del suelo, que influyen en la absorción mineral de las plantas o cultivos son: acidez, humedad, condiciones de drenaje y temperatura (Smart et al., 1981). El estado de madurez del forraje afecta el contenido de proteína y minerales, ya que durante la etapa inicial de crecimiento en la planta, es mayor el contenido de minerales, contrario a la disminución gradual que se presenta a medida que la planta madura (Salamanca, 2010). Minerales como el P, Zn, Fe, Co y Mo son los que presentan disminución severa durante el crecimiento y maduración de la planta (Iqbal et al., 2007; Salamanca, 2010). Las principales deficiencias de minerales que se reportan en los suelos y forrajes de las regiones tropicales de México son: Ca, P, Mg, K, Cu, Zn y Se (Cuadro 1).

Los principales forrajes en el trópico mexicano son: *Brachiaria (B. Brizantha)*, Estrella de África (*Cynodon plectostachyus*), Taiwán (*Pennisetum purpureum*), Tanzania (*Panicum maximun*), Mombasa (*Panicum maximun*) pasto Chetumal (*Brachiara humidicola*) entre otros. Hay variabilidad en el contenido de minerales Cu, Zn, Fe, Ca, P, Na, K y Mg. El Cuadro 2 resume el contenido de minerales por especies tropicales.

Las limitaciones climáticas imponen severas restricciones nutricionales a los forrajes (May et al., 2011), ocasionando poca disponibilidad durante la sequía. En la época de lluvias, a pesar de la abundancia de forraje, su rápido crecimiento está asociado con deficiencia de minerales (Susmira et al., 2009). Un estudio realizado en época de lluvia reportó deficiencias de Ca, K, Cu y Zn en la mitad de los forrajes muestreados, mientras el contenido de Fe fue mayor y su efecto antagonista predispone a deficiencias de Cu y Zn (May et al., 2011). También se ha observado que en la época de sequía de regiones subtropicales, se afecta el contenido de P a diferencia de la época de lluvia (Susmira et al., 2009). El Cuadro 3 muestra la variabilidad de los minerales en los forrajes por época de año.

El contenido de minerales se ve afectado principalmente en épocas de lluvias. Por tipo de forraje, se observa que las poáceas tienen mayor contenido de minerales, pero no cumplen con los requerimientos de los animales en Ca, P, Cu y Zn, por lo tanto en los animales se debe considerar el balance de los nutrientes que contiene el forraje (Pond et al., 2002). Los minerales son importantes para los procesos metabólicos y fisiológicos de los animales (Campos Granados, 2016), estos contribuyen entre 4-5% del peso vivo del animal. Los principales macrominerales son Ca, P, Mg, K, Na, Cl y S y los microminerales son Cu, Co, Se, Zn, Mn, I y Fe (Perdomo et al., 2017; Sales F., 2017). Todos se agrupan en cuatro tipos de funciones en

Cuadro 1. Concentraciones de minerales en algunas regiones tropicales de México.

	unidades	Suelos					
		Chiapas (Castro et al., 2010)	Q. Roo (Cabrera et al., 2009)	Tabasco (Osorio-Miranda et al., 2013)	Jalisco (Martínez-Trinidad et al., 2008) (cmol kg ⁻¹)	Veracruz (Campos et al., 2007) (cmol kg ⁻¹)	Nayarit (Vivanco et al., 2010) (cmol kg ⁻¹)
Ca	Meq 100 g ⁻¹	12.8	3.1	30.9	4.64	2.67	4.4
P			6.0	6.62			
Mg		2.7	1.0	3.70	0.77	0.95	0.8
Na		0.1	1.6	0.13	0.08		0.2
K		0.7	2.1	0.36	0.51	0.25	0.8
Fe	mg kg ⁻¹	74.26	21.0				
Cu		1.07	1.5				
Zn		2.7	2.0				
Mn		43.7	12.0				
		Forrajes					
		Chiapas (Muñoz-González J; et al., 2016; Muñoz-González, 2014)	Q. Roo (Cabrera et al., 2009)	Tabasco (Muñoz-González, 2014)	S. L. Potosí (Dominguez-Vara et al., 2013; Santiago-Figueroa et al., 2016)	Yucatán (Vivas -May et al., 2011)	
Ca	%	0.8	0.11	0.32	0.22	0.83	
P		0.2	0.21	0.13	0.14		
Mg		0.02	0.02		0.11		
K						0.53	
Cu	mg kg ⁻¹	6.23	5.0 ppm		8.0 ppm	4.5 ppm	
Zn			28.0 mg kg ⁻¹		25.0 mg kg ⁻¹	23.0 mg kg ⁻¹	



Cuadro 2. Contenido mineral en pastos tropicales.

Pastos	Macro (%)	Micro ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Referencia
<i>Brachiaria brizantha</i>	Ca: 0.35; P: 0.19	Cu: 6.25	(Muñoz-González <i>et al.</i> , 2014)
<i>Brachiaria humidicola</i>	Ca: 0.33; P: 0.22	Cu: 5.62	
Estrella de áfrica (<i>C. plectostachyus</i>)	Ca: 0.25; P: 0.18	Cu: 6.0	(Cabrera <i>et al.</i> , 2009; May <i>et al.</i> , 2011; Muñoz-González <i>et al.</i> , 2016)
Taiwán (<i>P. purpureum</i>)	Ca 0.34; P: 0.20	Cu: 9.0	(May <i>et al.</i> , 2011; Muñoz-González J; <i>et al.</i> , 2016)
Tanzania (<i>P. maximun</i>)	Ca 0.25; P: 0.13	Cu: 3.0	(May <i>et al.</i> , 2011)
Mombasa (<i>P. maximun</i>)	Ca 0.43; P: 0.08	Cu: 5.0	

Cuadro 3. Concentración de mineral de los forrajes dependiendo la época del año.

Forraje	Época	Cu	Fe	Zn	Ca	Mg	Na	K	P	Referencia
Poaceae	Lluvias	4.93	2.53	31	0.31	0.23	0.09	1.96	0.22	(Ruiz, 2016)
	Secas	6.80	298	44	0.42	0.32	0.15	1.39	0.18	
	Lluvias	4.5	167	31.6	0.19			0.59		(May <i>et al.</i> , 2011)
	Seca	-	149	26	0.33	0.05	0.08	0.13	0.07	
	Lluvia		114	20	0.27	0.04	0.09	0.17	0.06	(Sales F., 2017)
Fabaceae		-	165	32	0.80	0.07	0.10	0.16	0.10	
<i>Leucaena leucocephala</i>		11.32	141.2	22.1	0.23	0.33	0.22	2.06	0.28	(Santiago <i>et al.</i> , 2016)

los animales: Estructurales, fisiológicos, catalíticos y reguladores (Costa e Silva *et al.*, 2015); por ejemplo, el Ca tiene un papel vital como mensajero intracelular regulando funciones vitales en las células, en la reproducción sirve para la contracción muscular durante el parto (Perdomo *et al.*, 2017). La deficiencia de Se es severa desde el altiplano hasta el sur del país, aunque no se incluyen referencia en los Cuadros, esta bien documentado que los animales contienen en promedio menos de 0.08 $\mu\text{gSe mL}^{-1}$ en tejido hemático; principalmente el poco Se se adquiere en la mayoría de las plantas (White, 2016) y se sabe que el aumento de su contenido en el forraje, ayuda a tener efectos positivos en la salud (Puccinelli *et al.*, 2017). Además, demuestra importancia en el proceso reproductivo y en el comportamiento sexual junto con el I; el Zn se une hormonas esteroidales por los receptores de órganos o tejido blanco (Perdomo *et al.*, 2017). Sin embargo, de acuerdo con estudios realizados (Allen *et al.*, 1983; Confalonieri *et al.*, 2016; Hefnawy & Tórtora-Pérez, 2010; Perdomo *et al.*, 2017; Smart *et al.*, 1981; Van, 2018), se ha demostrado que la carencia de minerales se puede manifestar en enfermedades o síntomas clínicos (Cuadro 4).

Las enfermedades por carencia mineral son más frecuentes en los hervíboros, animales en crecimiento, hembras preñadas y altas productoras de leche (Confalonieri *et al.*, 2016). La ingestión involuntaria de cierta cantidad de suelo, expone al animal a otros compuestos tóxicos como metales pesados y químicos (Blanco-Pe-

nedo *et al.*, 2010). Algunos estudios sobre la concentración de minerales en tejidos animales se muestran en el Cuadro 5.

Las principales deficiencias de Ca, P, Cu y Zn tienen relación con las concentraciones de suelos y forrajes. Se deben tomar en cuenta las recomendaciones de seguridad sobre la cantidad de minerales que se incluyen en la dieta, debido a la interacción con otros minerales (López-Alonso, 2012). Algunos ejemplos, son los excesos de Fe, Ca, Mo que impiden la absorción del Mn, Cu y Zn (Dominguez-Vara R *et al.*, 2013; López-Alonso, 2012; Perdomo *et al.*, 2017). Altos contenidos de Co, Cu, Zn, Mn y Mo en presencia de S, limitan la absorción de Fe y el exceso de K puede reducir la absorción de Mg (Sales F., 2017). El margen entre el requerimiento nutricional y la toxicidad es pequeño, por lo tanto, los excesos de ciertos minerales causan efectos antagonistas a otros minerales y son tóxicos para los animales. Ejemplo, intoxicaciones por Cu se da por la baja ingesta de molibdeno, causando hemoglobinuria, gastroenteritis y la muerte súbita (Varga & Puschner, 2012). La pérdida del equilibrio calcio-fósforo (2:1) se caracteriza por la presentación de celos irregulares o largos períodos de anestro (Perdomo *et al.*, 2017) y baja producción de leche (Albornoz *et al.*, 2017). La intoxicación por Na puede generar edema cerebral y poliencefalomalacia. El desequilibrio en Mg, Ca y P puede generar urolitiasis (Rodríguez y Banchemo, 2007). De acuerdo a los requerimientos nutricionales del ganado, los bovinos nece-

Cuadro 4. Enfermedades o signología clínica por deficiencia de minerales

Enfermedad	Signología	Deficit
Bocio	Hipertrofia de la glándula tiroides.	I
Raquitismo	Deformación de huesos.	P y Ca
Pica o afosforosis	Apetito depravado caracterizado por el deseo de comer madera, huesos, rocas y otros materiales similares.	P
Eclampsia	Convulsiones.	Ca
Paresia	Parálisis de la musculatura.	Ca y K
Anemia	Disminución anormal de eritrocitos.	Fe y Cu
Osteomalacia	Reblandecimiento de los huesos.	Ca
Musculo Blanco o distrofia muscular nutricional	Lesiones cardíacas, dificultad para caminar y posturas anormales.	Se
Tetania de los pastos	Convulsiones.	Mg
Fiebre de la leche	Inapetencia, inercia, temores musculares y decaimiento.	Ca
Osteoporosis	Disminución de la densidad ósea.	Ca

Cuadro 5. Concentración de minerales en tejidos de rumiantes.

Muestra	Valores		Referencia	
	Encontrados	Normales		
Hueso (ovinos)	Ca,%	47.6	36	(Turrisa et al., 2010)
	K,%	0.01	0.05	
	Cu $\mu\text{g g}^{-1}$	0.64	3	
	Fe $\mu\text{g g}^{-1}$	4.31	15	
Hígado $\mu\text{g g}^{-1}$ (hembras, bovinos)	Cu	27.59	75	(García J; et al., 2010)
	Zn	142.35	160	
	Fe	47.97	180	
	Mn	4.98	6	
Suero sanguíneo mg L^{-1} (bovinos)	Ca	54-117	80-1120	(Dominguez-Vara et al., 2013; Huerta Bravo, 2015)
	P	48.6	40-60	
	Mg	14-24	18-35	
	K	200	150-220	
	Na	3000	3220-3680	
	Cu	0.00051	0.80-2.5	
	Zn	0.00083	0.80-2.5	
	Fe	0.0012	1.3-2.5	

sitan por lo menos 17 minerales (National Academies of Sciences, Engineering, 2016)the National Research Council (NRC (Cuadro 6).

Problemas productivos y reproductivos en el ganado

En los países tropicales de América Latina (McDowell y Conrad, 1974), Asia (Bhanderi et al., 2016) y África (Iqbal & Bamezai, 2012) los trastornos nutricionales representan un factor importante que limitan la productividad del ganado, sobre todo en bajos contenidos de minerales en forrajes, que varían dependiendo de las épocas lluviosa o sequía (McDowell L y Conrad J, 1974). En México se ha reportado que la deficiencia mineral afecta el crecimiento al destete, produciendo un retraso en etapas posteriores y baja del sistema inmune y trastornos en el desarrollo ovárico y fertilidad en hembras (Ruiz,

2016). Diferentes estudios realizados reportan problemas reproductivos y productivos que se presentan en el ganado por la deficiencia de minerales (Cuadro 7).

CONCLUSIONES

Las deficiencias de minerales en las regiones tropicales de México son principalmente de Ca, P, Cu, Zn, I y Se, puede variar en diferentes regiones, debido a condiciones climáticas, tipos de suelo, forrajes y disponibilidad para los animales. Por lo tanto, la carencia de minerales repercute en la ganadería de pastoreo a través de bajos parámetros de producción y reproducción de los animales. Debido a que son insuficientes los minerales en la dieta, se sugiere utilizar suplementos como sales minerales, bloques nutricionales, minerales inyectables o bolos intrarruminales de lenta liberación.

Cuadro 6. Requerimientos minerales para bovinos.

Mineral	Unidad	Crecimiento y finalización	Gestación	Lactación	Concentración máxima tolerable
calcio	%	9.2	16.9	16.4	-
cloro	%	-	-	-	-
cromo	mg kg ⁻¹	-	-	-	1000
cobalto	mg kg ⁻¹	0.15	0.15	0.15	25
cobre	mg kg ⁻¹	10	10	10	40
yodo	mg kg ⁻¹	0.5	0.5	0.5	50
hierro	mg kg ⁻¹	50	50	50	500
magnesio	%	0.1	0.12	0.2	0.4
manganeso	mg kg ⁻¹	20	40	40	1000
molibdeno	mg kg ⁻¹	-	-	-	5
níquel	mg kg ⁻¹	-	-	-	50
fósforo	%	7.1	12.9	9.3	-
potasio	%	0.6	0.6	0.7	2
selenio	mg kg ⁻¹	0.1	0.1	0.1	5
sodio	%	0.06	0.06	0.1	-
azufre	%	0.15	0.15	0.15	0.4
zinc	mg kg ⁻¹	30	30	30	500

Cuadro 7. Problemas reproductivos y productivos del ganado tropical por deficiencia de minerales.

Problema productivo y reproductivo	Deficiencia
Partos distócicos y retención de placenta. Baja producción de leche.	Ca
Bajas tasas de concepción y preñez, ganancia de peso y producción de leche disminuida.	P
Infertilidad, quistes ováricos, menor producción de leche, baja calidad del semen. Mortalidades en neonatos por más de 60%	Se
Pubertad tardía y crecimiento lento de las gónadas.	Zn
Muerte embrionaria, reabsorción del embrión y retención de placenta.	Cu
Retorno irregular del estro, bajo desarrollo folicular, quistes ovárico y anestro prolongado.	Mn
Crecimiento lento de los animales.	Fe
Depresión de los niveles de estrógenos, retraso en la pubertad, estro suprimido o irregular, infertilidad, muerte embrionaria, nacimiento de terneras débiles, aborto, retención de placenta, disminución de la libido y deterioro de la calidad del semen.	I
Disminución de la libido, reducción de la espermatogénesis, esterilidad en machos, retraso de la pubertad, reducción de la tasa de concepción y anestro prolongado en hembras.	Mo
Infertilidad.	Co
Crecimiento lento y baja producción de leche.	Na

Referencias: (Allen *et al.*, 1983; Barrios *et al.*, 2010; Hefnawy & Tórtora-Pérez, 2010; Karn, 2001; Perdomo *et al.*, 2017; Sales F., 2017; Sivertsen *et al.*, 2005; Van, 2018).

LITERATURA CITADA

- Aguilar Alínquer, B. (2014). El suelo de cultivo y las condiciones climáticas. Paraninfo.
- Albornoz, L; Albornoz, JP; Cruz JC; Fidalgo, LE; Espino L; Morales M; Ruprecht, G; Piaggio, J; Verdes, J. (2017). Comparative study of Calcium, Phosphorus and Magnesium levels during peripartum in dairy cows in different productive systems in Uruguay and Spain. In Veterinaria (Montevideo) (Vol. 53). Retrieved from http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1688-48092017000100001
- Allen, J. G., Masters, H. G., Peet, R. L., Mullins, K. R., Lewis, R. D., Skirrow, S. Z., & Fry, J. (1983). Zinc toxicity in ruminants. *Journal of Comparative Pathology*, 93(3), 363–377. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6886083>
- Arboleda, D; Tombe, A; Morales Velasco, S. (2013). Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6117797>
- Barrios, M., Sandoval, E., Camacaro, O., & Borges, J. (2010). Importancia del fósforo en el complejo suelo-animal. *Mundo Precuario*, 6(2), 151–156. Retrieved from http://www.produccionbovina.com.ar/suplementacion_mineral/133-foforo_suelo.pdf
- Bhandari, B. M., Goswami, A., Garg, M. R., & Samanta, S. (2016). Study on minerals status of dairy cows and their supplementation through area specific mineral mixture in the state of Jharkhand. *Journal of Animal Science and Technology*, 58(1), 42. <https://doi.org/10.1186/s40781-016-0124-2>
- Blanco-Penedo, I., López-Alonso, M., Miranda, M., Hernández, J., Prieto, F., & Shore, R. F. (2010). Non-essential and essential trace element concentrations in meat from cattle reared under organic, intensive or conventional production systems. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 27(1), 36–42. <https://doi.org/10.1080/02652030903161598>
- Cabrera Torres E.; Sosa Rubio, E., Castellanos Ruelas, A., Gutiérrez Baeza, A., & Ramírez Silva, J. (2009). Comparación de la

- concentración mineral en forrajes y suelos de zonas ganaderas del estado de Quintana Roo, México. In *Veterinaria México* (Vol. 40). Retrieved from Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México website: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0301-50922009000200006&script=sci_arttext&lng=en
- Campos C., A., Oleschko L., K., Etchevers B., J., & Hidalgo M., C. (2007). Exploring the effect of changes in land use on soil quality on the eastern slope of the Cofre de Perote Volcano (Mexico). *Forest Ecology and Management*, 248(3), 174–182. <https://doi.org/10.1016/J.FORECO.2007.05.004>
- Campos Granados, C. (2016). El impacto de los micronutrientes en la inmunidad de los animales. *Nutrición Animal Tropical*, 9(1), 1. <https://doi.org/10.15517/nat.v9i1.18778>
- Castro Mendoza, I., Salinas Cruz, E., Reynoso Santos, R., López Martínez, J., & López Báez, W. (2010). Propiedades de los suelos cafetaleros en la Reserva de la Biósfera El Triunfo, Chiapas, México. In *Revista mexicana de ciencias agrícolas* (Vol. 7). Retrieved from Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias website: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342016000300607
- CONACYT. (2015). LIBRO TÉCNICO ESTADO DEL ARTE SOBRE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN GANADERÍA BOVINA TROPICAL. Retrieved from http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/15_13_27_CL_22.pdf
- Confalonieri, O. E., Moscuza, H., Rodríguez, E. M., & Passucci, J. A. (2016). Revista Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia. *Revista de La Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 63(1), 11–19. Retrieved from <https://revistas.unal.edu.co/index.php/remezv/article/view/51537/52406>
- Costa e Silva, L. F., Valadares Filho, S. de C., Engle, T. E., Rotta, P. P., Marcondes, M. I., Silva, F. A. S., ... Tokunaga, A. T. (2015). Macrominerals and Trace Element Requirements for Beef Cattle. *PLoS One*, 10(12), e0144464. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144464>
- Dermauw, V., Lopéz Alonso, M., Duchateau, L., Du Laing, G., Tolosa, T., Dierenfeld, E., ... Janssens, G. P. J. (2014). Trace element distribution in selected edible tissues of zebu (*Bos indicus*) cattle slaughtered at Jimma, SW Ethiopia. *PLoS One*, 9(1), e85300. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0085300>
- Docampo, R. (2014). La importancia de la materia orgánica del suelo y su manejo en la producción frutícola. *Inia*, 67, 81–89. Retrieved from <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/1199/1/12822113111311309.pdf>
- Domínguez-Vara R; I., Olmos-Oropeza, G., Martínez-Montoya, J., Borquez-Gastelum, J., Palacio-Nuñez, J., Lugo de la Fuente, J., & Morales-Almaráz, E. (2013). Perfil e interrelación mineral en agua, forraje y suero sanguíneo de bovinos durante dos épocas en la Huasteca Potosina, México. In *Agrociencia* (Vol. 47). Retrieved from Colegio de Postgraduados website: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952013000200002&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Domínguez-Vara R, Olmos-Oropeza I, Martínez-Montoya G, Borquez-Gastelum J, Palacio-Nuñez J, Lugo de la Fuente J, & Morales-Almaráz E. (2013). Perfil e interrelación mineral en agua, forraje y suero sanguíneo de bovinos durante dos épocas en la Huasteca Potosina, México. In *Agrociencia* (Vol. 47). Retrieved from Colegio de Postgraduados website: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952013000200002
- Fitri, Y. (2016). Seasonal Forage Availability, Nutrient Composition and Mineral Concentrations of Imported Breed Cattle at the Padang Mangatas Breeding Center for Beef Cattle in West Sumatra, Indonesia. *Pakistan Journal of Nutrition*. <https://doi.org/10.3923/pjn.2016.1034.1041>
- García J.; Cuesta M.; García R.; Quiñones R.; Figueredo J.; Faure R.; ... Mollineda A. (2010). Caracterización del contenido de microelementos en el sistema suelo-planta-animal y su influencia en la reproducción bovina en la zona central de Cuba. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193015664004>
- Gupta, U. C., & Gupta, S. C. (2014). Sources and Deficiency Diseases of Mineral Nutrients in Human Health and Nutrition: A Review. *Pedosphere*, 24(1), 13–38. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(13\)60077-6](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(13)60077-6)
- Hefnawy, A. E. G., & Tórtora-Pérez, J. L. (2010). The importance of selenium and the effects of its deficiency in animal health. *Small Ruminant Research*, 89(2–3), 185–192. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2009.12.042>
- Hill, G. M., & Shannon, M. C. (2019). Copper and Zinc Nutritional Issues for Agricultural Animal Production. *Biological Trace Element Research*, 188(1), 148–159. <https://doi.org/10.1007/s12011-018-1578-5>
- Huerta-Bravo, M., Lara Bueno, A., Rangel Santos, R., Rosa Arana, J. L. de la, Muñoz-González, J. C., Huerta-Bravo, M., ... Rosa Arana, J. L. de la. (2016). Revista mexicana de ciencias agrícolas. In *Revista mexicana de ciencias agrícolas* (Vol. 7). Retrieved from http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342016001203315&script=sci_arttext#B33
- Huerta Bravo, M. (2015). Los macro y micro minerales en la nutrición de ovinos en Trópico. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/267966949>
- Iqbal Khan, Z., Ashraf, M., Elahi Valeem, E., Ahmad, K., & Danish, M. (2007). PASTURE CONCENTRATION OF MINERALS IN RELATION TO THE NUTRIENT REQUIREMENTS OF FARM LIVESTOCK. In *Pak. J. Bot* (Vol. 39). Retrieved from [http://www.pakbs.org/pjbot/PDFs/39\(6\)/PJB39\(6\)2183.pdf](http://www.pakbs.org/pjbot/PDFs/39(6)/PJB39(6)2183.pdf)
- Iqbal, M. A., & Bamezai, R. N. K. (2012). Resveratrol Inhibits Cancer Cell Metabolism by Down Regulating Pyruvate Kinase M2 via Inhibition of Mammalian Target of Rapamycin. *PLoS ONE*, 7(5), e36764. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0036764>
- José C Segura Correa. (1990). Comportamiento hasta el destete de un ható cebu comercial en el sureste de Mexico. Retrieved 30 June 2019, from <http://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/feedback/lrrd/lrrd2/1/mexico.htm>
- Karn, J. F. (2001). Phosphorus nutrition of grazing cattle: a review. *Animal Feed Science and Technology*, 89(3–4), 133–153. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(00\)00231-5](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(00)00231-5)
- Kumar, S., Pandey, A. K., Razzaque, W. A. A., & Dwivedi, D. K. (2011). Importance of micro minerals in reproductive: Performance of livestock. *Veterinary World*, Vol. 4, pp. 230–233. <https://doi.org/10.5455/vetworld.2011.230-233>
- López-Alonso, M. (2012). Trace Minerals and Livestock: Not Too Much Not Too Little. *ISRN Veterinary Science*, 2012, 1–18. <https://doi.org/10.5402/2012/704825>
- Martínez-González, J. M.-M. J. R.-A. G. (2006). Dual purpose cattle production systems and the challenges of the tropics of Mexico. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/28128771>
- Martínez-Trinidad, S., Cotler, H., Etchevers-Barra, J. D., Ordaz-Chaparro, V. M., & De León-González, F. (2008). Effect of Management on Soil Aggregation in a Tropical Dry Ecosystem. Retrieved from <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v26n4/v26n4a2.pdf>
- May, E. F. V., Rubio, J. G. R., Ruelas, a F. C., Aguilar, M. H. Y., & Cabrera-Torres, E. J. (2011). Mineral content of forage species found in sheep farms in the state of Yucatán, México. *Contenido Mineral de Forrajes En Predios de Ovinocultores Del Estado de Yucatán*, 2(4), 465–475. Retrieved from http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242011000400009
- McDowell L y Conrad J. (1974). Nutrición mineral traza en América Latina. Retrieved 18 June 2019, from <http://www.fao.org/3/X6512E/X6512E18.htm#ch18>

- Mehdi, Y., Hornick, J.-L., Istasse, L., & Dufrasne, I. (2013). Selenium in the environment, metabolism and involvement in body functions. *Molecules* (Basel, Switzerland), 18(3), 3292–3311. <https://doi.org/10.3390/molecules18033292>
- Molina-Rivera, M., Molina-Rivera, M., Olea-Perez, R., Galindo-Maldonado, F. A., & Arriaga-Jordán, C. M. (2019). LIFE CYCLE ASSESSMENT OF THREE TROPICAL LIVESTOCK SYSTEMS IN CAMPECHE, MEXICO: CASE OF STUDY. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 22(1). Retrieved from <http://www.revista.coba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/2774>
- Muñoz-González, J.; Huerta-Bravo, M.; Rangel-Santos, A.; Lara-Bueno, J. D. la R.-A. L. (2014). EVALUACIÓN MINERAL DE FORRAJES DEL TRÓPICO HÚMEDO MEXICANO. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 13(2), 211–219. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93931761018>
- Muñoz-González J., Huerta-Bravo, M., Lara Bueno, A., Rangel Santos, R., Rosa Arana, J., Muñoz-González, J. C., ... Rosa Arana, J. L. de la. (2016). Producción y calidad nutricional de forrajes en condiciones del Trópico Húmedo de México. In *Revista mexicana de ciencias agrícolas* (Vol. 7). Retrieved from Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias website: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342016001203315&script=sci_arttext
- Muñoz-González, J. C. . H.-B. M. . R.-S. R. . L.-B. A. . D. la R.-A. J. L. (2014). EVALUACIÓN MINERAL DE FORRAJES DEL TRÓPICO HÚMEDO MEXICANO. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 17(2). Retrieved from <http://www.redalyc.org/html/939/93931761018/index.html>
- National Academies of Sciences, Engineering, and M. (2016). *Nutrient Requirements of Beef Cattle*, 8th Revised Edition. <https://doi.org/10.17226/19014>
- Orantes-Zebadúa, M. Á., Platas-Rosado, D., Córdova-Avalos, V., De los Santos-Lara, M. del C., & Córdova-Avalos, A. (2014). Ecosistemas y recursos agropecuarios. In *Ecosistemas y recursos agropecuarios* (Vol. 1). Retrieved from http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-90282014000100006
- Osorio-Miranda, M., Castelán-Estrada M., Gomez-Leyva, J. F., Salgado-García, S., & Hernández-Cuevas, L. (2013). HONGOS MICORRÍDICOS ARBUSCULARES DE SUELOS DE SABANA EN TABASCO, MÉXICO. In *Tropical and Subtropical Agroecosystems* (Vol. 16). Retrieved from Universidad Autónoma de Yucatán website: <http://www.revista.coba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/1433/815>
- Perdomo, M., Peña, L., Carvajal, J., & Murillo, L. (2017). Relación nutrición-fertilidad en hembras bovinas en clima tropical. *Revista Electronica de Veterinaria*, Vol. 18, pp. 1–19. Retrieved from <https://www.mendeley.com/catalogue/relación-nutriciónfertilidad-en-hembras-bovinas-en-clima-tropical-1/>
- Pond, W. G., Church, D. C., & Pond, K. R. (2002). *Fundamentos de nutrición y alimentación de animales*. Retrieved from <https://vidverpindhen.firebaseio.com/9681852990.pdf>
- Puccinelli, M., Malorgio, F., & Pezzarossa, B. (2017). Selenium Enrichment of Horticultural Crops. *Molecules* (Basel, Switzerland), 22(6). <https://doi.org/10.3390/molecules22060933>
- Rodríguez A y Banchemo G. (2007). Deficiencia de minerales en rumiantes. Retrieved from <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/6864/1/revista-INIA-13-p.11-15.pdf>
- Ruiz, G. (2016). EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN MINERAL SOBRE EL DESARROLLO OVARICO Y FERTILIDAD EN NOVILLAS. Retrieved from <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/4389/1/41398.pdf>
- Salamanca, A. (2010). Suplementación de minerales en la producción bovina. *Revista Electronica de Veterinaria*, XI(9), 1–10. Retrieved from [http://www.veterinaria.org/revistas/redvet-http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n090910.html](http://www.veterinaria.org/revistas/redvet-http://revista.veterinaria.orgVol.11,No09,septiembre/2010-http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n090910.html)
- Sales F. (2017). Importancia de los minerales para la alimentación de bovinos en Magallanes. Retrieved from <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/informativos/NR40970.pdf>
- Santiago Figueroa I., Lara Bueno; A., Miranda Romero, L., Huerta Bravo, M., Krishnamurthy, L., & Muñoz-González, J. (2016). Composición química y mineral de leucaena asociada con pasto estrella durante la estación de lluvias. In *Revista mexicana de ciencias agrícolas* (Vol. 7). Retrieved from Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias website: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342016001203173&script=sci_arttext
- Sivertsen, T., Overnes, G., Osterås, O., Nymoen, U., & Lunder, T. (2005). Plasma vitamin E and blood selenium concentrations in Norwegian dairy cows: regional differences and relations to feeding and health. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 46(4), 177–191. <https://doi.org/10.1186/1751-0147-46-177>
- Smart, M. E., Gudmundson, J., & Christensen, D. A. (1981). Trace mineral deficiencies in cattle: a review. *The Canadian Veterinary Journal = La Revue Veterinaire Canadienne*, 22(12), 372–376. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7039809>
- Soetan, K. O., Olaiya, C. O., & Oyewole, O. E. (2010). The importance of mineral elements for humans, domestic animals and plants: A review. *African Journal of Food Science*, 4(5), 200–222. Retrieved from <http://www.academicjournals.org/ajfs>
- Susmira, L., Chicco, C., & Ordoñez, J. (2009). Nutrición mineral en sistemas ganaderos de las sabanas centrales de Venezuela. In *Zootecnia Tropical* (Vol. 27). Retrieved from http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692009000100004
- Suttle, N. F., & Underwood, E. J. (Eric J. (2010). *Mineral nutrition of livestock*. CABI.
- Turriza, J., Castellanos, A., Rosado, G., Heredia, M., & Cabrera, E. (2010). Diagnóstico de la concentración mineral en tejido óseo de ovinos en pastoreo en el Estado de Yucatán, México. *Agrociencia*, 44(4), 471–480. Retrieved from http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952010000400007
- Van, G. (2018). Vitamins and Minerals. *Current Developments in Nutrition*, 2(11). <https://doi.org/10.1093/cdn/nzy053>
- Varga, A., & Puschner, B. (2012). Retrospective study of cattle poisonings in California: recognition, diagnosis, and treatment. *Veterinary Medicine (Auckland, N.Z.)*, 3, 111–127. <https://doi.org/10.2147/VMRR.S28770>
- Vivanco J., Bojórquez J., Murray C, Nájera, O., Flores, F., & Hernández, A. (2010). CARACTERÍSTICAS DE LOS PRINCIPALES SUELOS DE LA CUENCA DEL RÍO MOLOLOA, TEPIC, NAYARIT, MÉXICO. In *Cultivos Tropicales* (Vol. 31). Retrieved from El Instituto website: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362010000100005
- Vivas May, E., Rosado Rubio, J., Castellanos Ruelas, A., Heredia y Aguilar, M., & Cabrera-Torres, E. (2011). Contenido mineral de forrajes en predios de ovinocultores del estado de Yucatán. In *Revista mexicana de ciencias pecuarias* (Vol. 2). Retrieved from Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias website: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-11242011000400009&script=sci_arttext&tlng=pt
- White, P. J. (2016). Selenium accumulation by plants. *Annals of Botany*, 117(2), 217–235. <https://doi.org/10.1093/aob/mcv180>
- Yasothai, R. (2014). Importance of Vitamins on Reproduction in Dairy Cattle. *International Journal of Science, Environment and Technology*, 3(6), 2105–2108. Retrieved from <http://krishikosh.egrnth.ac.in/handle/1/5810030645>

Flora, vegetation and landscape of high mountains of Veracruz, Mexico, important elements for nature-based tourism

Flora, vegetación y paisaje de la región de las altas montañas de Veracruz, México, elementos importantes para el turismo de naturaleza

Rivera-Hernández, Jaime E.^{1,2}; Muñoz-Márquez Trujillo, Rafael A.²; Vargas-Rueda, Abel F.¹; Alcántara-Salinas, Graciela^{1,2*}; Real-Luna, Natalia²; Sánchez-Páez, Ricardo²

¹Centro de Estudios Geográficos, Biológicos y Comunitarios, S. C. (GEOBICOM). Córdoba, Veracruz, México. C. P. 94542. ²Colegio de Postgraduados Campus Córdoba. Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. C. P. 94946.

*Autor de correspondencia: galcantaras@geobicom.org

ABSTRACT

Objective: To describe the flora, vegetation and landscape of the Altas Montañas region of Veracruz, Mexico, as important elements for nature-based tourism.

Design/methodology/approach: Through an exhaustive checking of bibliography, CORU herbarium and database of MEXU herbarium, we obtained an estimation of floristic richness of the region. By means of fieldwork for more than 10 years in the region and review of literature, we described here the dominant vegetation types and landscapes.

Results: 3180 species of vascular plants are estimated for the Altas Montañas region. We also described nine types of natural vegetation and concerning the landscape, we described three main groups: high mountains, medium mountains and lowlands.

Study limitations/implications: No limitations were found in this study.

Discoveries/conclusions: The number of plant species in this region is high, compared to Tehuacán-Cuicatlán or Los Tuxtlas Biosphere Reserves. In the same way, there is a high number of ecosystems, so there is also a very attractive and diverse landscape to develop any kind of nature-based tourism.

Keywords: Floristic, Ecosystems, Biodiversity, Cordoba-Orizaba, Ecotourism.

RESUMEN

Objetivo: Describir la flora, vegetación y el paisaje de la región de las Altas Montañas de Veracruz, México, como elementos importantes para el turismo de naturaleza.

Diseño/metodología/aproximación: Se llevó a cabo una revisión exhaustiva de literatura, del herbario CORU y de la base de datos del herbario MEXU, con el fin obtener una estimación de la riqueza florística de la región. Mediante recorridos de campo realizados por más de 10 años en la región y la revisión de literatura, se describieron los tipos de vegetación presentes y los tipos de paisaje dominantes.

Resultados: Para la región de las Altas Montañas de Veracruz se estiman 3180 especies de plantas vasculares, y también se describen nueve tipos de vegetación natural. Concerniente a la descripción del paisaje se observan tres grandes grupos: montañas altas, montañas medias y tierras bajas.

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

Hallazgos/conclusiones: El número de especies de plantas de esta región es alto, comparado con Reservas de la Biosfera como Tehuacán-Cuicatlán o Los Tuxtlas. Existe un alto número de ecosistemas, por lo que también hay un paisaje muy atractivo y variado para realizar el turismo de naturaleza en cualquiera de sus modalidades.

Palabras clave: Florística, Ecosistemas, Biodiversidad, Córdoba-Orizaba, Ecoturismo.

Existen escasas publicaciones que estudien las especies vegetales y ecosistemas de la región de las Altas Montañas del estado de Veracruz, por lo que esta contribución se avoca a describir sus tipos de vegetación y flora distintiva, así como el papel que juegan en el paisaje, para su aprovechamiento en el turismo de naturaleza.

La región de las Altas Montañas de Veracruz

El gobierno de Veracruz realizó una regionalización del estado, dividiendo al mismo en 10 regiones (INAFED, 2010). La región de las Altas Montañas o de las Montañas se ubica en la porción centro-sur del estado de Veracruz, en lo que también se conoce como la puerta del sureste mexicano. Colinda con el estado de Puebla al oeste y norte, con el estado de Oaxaca al sur y con la Planicie Costera del Golfo al este. En su territorio están involucrados 57 municipios (Google Inc., 2019; INAFED, 2010) y ocupa una superficie de 6,053 km², incluyendo a la montaña más alta de México (Volcán Citlaltépetl o Pico de Orizaba), por lo cual, aquí se presenta el mayor gradiente altitudinal en una región en México (Figura 1) (70-5,636 m.s.n.m.) (SEFIPLAN, 2013; Rivera-Hernández et al., 2018).

MÉTODOS

Se realizó una recopilación bibliográfica exhaustiva, así como también se revisó la base de datos de ejemplares depositados en el Herbario Nacional de México (MEXU), del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (IBUNAM, 2019) y del Herbario de la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias Zona Córdoba-Orizaba de la Universidad Veracruzana (CORU; CONABIO, 2012). La

INTRODUCCIÓN
México

forma parte de un grupo de países megadiversos en donde se concentra el 10 % de la biodiversidad terrestre y un alto grado de endemismo (Mittermeier y Goettsch, 1992). Gracias a su muy particular ubicación geográfica y a su accidentada topografía, que permite el establecimiento de un intrincado mosaico de climas distintos, en el país prosperan 10 tipos de vegetación donde están representados todos los biomas del planeta (Rzedowski, 1978). Respecto a su flora, México alberga 23,314 especies de plantas vasculares (Villaseñor, 2016).

Veracruz es uno de los estados con mayor diversidad biológica, ocupando el tercer lugar, sólo detrás de Oaxaca y Chiapas. En su territorio se encuentran casi 8,500 especies de plantas vasculares, que equivale al 36.5% de la flora del país; además, prácticamente todos los tipos de vegetación reportados para México están presentes en esta entidad (Villaseñor, 2016; Castillo-Campos, Avendaño y Medina, 2011). Veracruz está considerado como uno de los estados más variados en ecosistemas terrestres y acuáticos, con aproximadamente 18 tipos de vegetación primaria desarrollándose en su territorio (Castillo-Campos, Avendaño y Medina, 2011).

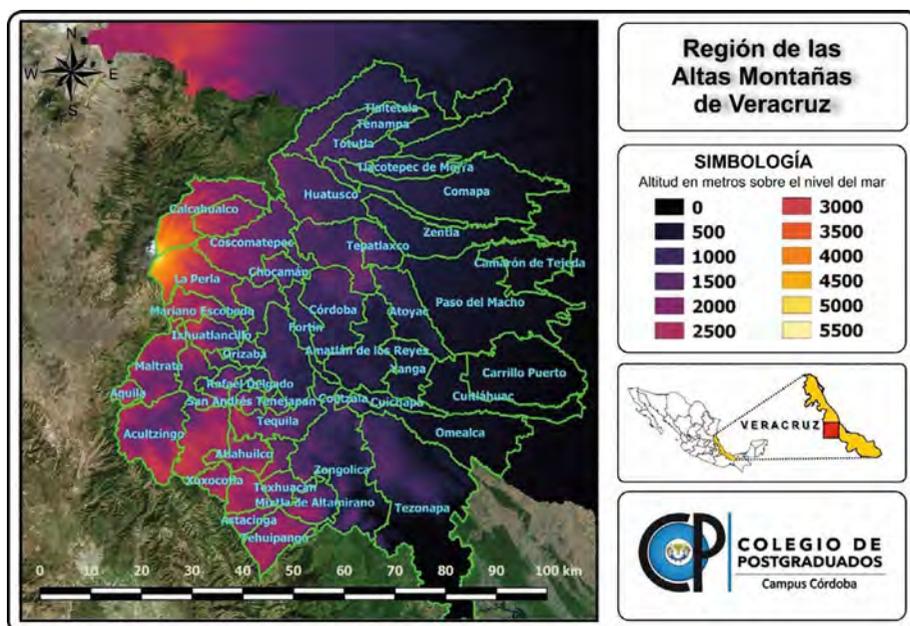


Figura 1. Región de las Altas Montañas de Veracruz, México. Se indican los límites municipales e intervalos de altitud en metros.

información fue sistematizada en una base de datos relacional diseñada en Microsoft Access específicamente para este proyecto. Adicionalmente, se incluyen observaciones de campo realizadas durante más de 10 años, con las cuales se realizó la descripción del paisaje y de los tipos de vegetación de la región.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La vegetación de las Altas Montañas de Veracruz

La vegetación de esta región está constituida por componentes tanto de la Región Neártica como de la Neotropical, al situarse en un punto de contacto y transición entre estas dos grandes regiones biogeográficas, además de que en esta región confluyen tres grandes provincias fisiográficas: el Eje Neovolcánico (con dos subprovincias, lagos y Volcanes del Anáhuac y Chiconquiaco), la Sierra Madre del Sur (con la subprovincia Sierras Orientales) y la Llanura Costera del Golfo Sur (Subprovincia Llanura Costera Veracruzana) (INEGI, 2001), por lo que confluyen especies propias de altas montañas y de tierras bajas tropicales y tanto de bosques húmedos como de bosques secos. Adicionalmente, respecto a su fitogeografía, la región de las Altas Montañas de Veracruz se ubica dentro de dos reinos florísticos: a) Reino Neotropical, formando parte de la región Xerofítica Mexicana que, a su vez está incluida en la Provincia Florística del Valle de Tehuacán-Cuicatlán y b) Reino Holártico, en la región Mesoamericana de Montaña, específicamente dentro de la Provincia Florística de las Serranías Meridionales (Rzedowski, 1978). Debido a lo anterior, en esta región se encuentran nueve diferentes tipos de vegetación, que son las siguientes, según la clasificación de Rzedowski (1978) (entre paréntesis se anota la equivalencia según la clasificación de Miranda y Hernández X., 1963):

Pastizal alpino (páramo de altura). Se establece en las partes altas del volcán Pico de Orizaba o Citlaltépetl, por arriba de la cota de los 4,300 m.s.n.m., es decir, por encima del límite de la vegetación arbórea. Está dominado por los "zacates" (*Festuca* sp., *Calamagrostis tolucensis* (Kunth) Trin. ex Steud., *Festuca tolucensis* Kunth y *Trisetum spicatum* (L.) K. Richt.) principalmente. Entre este pastizal se encuentran manchones de "enebro azul" (*Juniperus monticola* Martínez), entre rocas expuestas (CONANP, 2015).

Bosque de *Pinus* (o pinares). Se le encuentran en el volcán Pico de Orizaba, aproximadamente desde los 3,600 m.s.n.m. y hasta el límite de la vegetación arbórea (a los 4,300 m.s.n.m.), dominado principalmente por el "pino

de montaña" o "pino negro" (*Pinus hartwegii* Lindl.), acompañado por el "escobillo" (*Baccharis conferta* Kunth), "zarzamora" (*Rubus trilobus* Ser.) y la "pingüica" (*Arctostaphylos pungens* Kunth) (CONANP, 2015). También se encuentra en partes más bajas del Pico de Orizaba, en las cumbres de Maltrata y en la Sierra de Zongolica, en altitudes entre 1,600-3,000 m, donde están dominados por el "pino rojo" (*Pinus patula* Schltld. & Cham.). Existen también pequeñas áreas de bosque de *Pinus pseudostrobus* Brongn. en altitudes entre 1,500-2,200 m, conviviendo con bosque mesófilo de montaña en Huiloapan y en otras pequeñas zonas de Atzacan y Nogales (Rivera-Hernández, 2015).

Bosque de *Abies* (bosque de abetos u oyamel). Este bosque es dominado por el "oyamel" (*Abies religiosa* (Kunth) Schltld. & Cham.) y por el "oyamel de Juárez" (*Abies hickelii* Flous & Gausson) y se ubica en el volcán Pico de Orizaba y en algunos puntos altos del municipio Acultzingo, en altitudes entre 3,000-3,600 m. En su límite altitudinal superior, los *Abies* se mezclan con el "aile" o "ilite" (*Alnus jorullensis* Kunth) (CONANP, 2015).

Bosque de *Quercus* (o encinares). Se establecen bosques húmedos y secos de encino (estos últimos en las laderas de sotavento de los cerros, como efecto de la sombra orográfica). De forma general, se establecen bosques de encino secos en las partes más bajas y bosques más húmedos en las partes altas, ocupando un gradiente altitudinal entre 1,330-2,700 m. Están dominados por diversas especies de encinos: *Quercus candicans* Née, *Q. castanea* Née, *Q. crassipes* Bonpl., *Q. glabrescens* Benth., *Q. laurina* Bonpl., *Q. laxa* Liebm., *Q. rugosa* Née, entre otras (Rivera-Hernández, 2015).

Matorral xerófilo (matorral, cardonales, chaparral, etc.). Este matorral abarca el municipio Acultzingo principalmente, con pequeños manchones de las partes bajas de los municipios Maltrata, Aquila, Nogales y Soledad Atzompa, en altitudes entre 1,350-2,500 m. Se identificaron tres asociaciones vegetales en esta región semiárida denominada Acultzingo-Maltrata por Rivera-Hernández et al. (2019a):

- 1) **Matorral de *Gochnatia obtusata*.** Prospera en las partes más bajas de los cerros; se encuentra en los municipios Acultzingo y Maltrata, en altitudes entre 1,350-1,850 m. El elemento dominante es el arbusto *Gochnatia obtusata* S.F. Blake, acompañada por *Malpighia mexicana* A. Juss., *Bauhinia dipetala*

Hemsl., *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg., *Z. limoncello* Planch. & Oerst., *Cascabela thevetia* (L.) Lippold, *Rhus standleyi* F.A. Barkley, *Aralia humilis* Cav. y *Eysenhardtia polystachya* (Ortega) Sarg.

- 2) **Organera de *Neobuxbaumia macrocephala***. Se ubica en la parte media de la cara sur del Cerro Xochío, en la porción noreste de Acultzingo, ocupando una superficie reducida donde prosperan alrededor de 600 individuos, en altitudes entre 1,460-1,900 m. Dominan el "órgano" (*Neobuxbaumia macrocephala* (F.A.C. Weber ex K. Schum.) E.Y. Dawson), *Agave ghiesbreghtii* Lem. ex Jacobi, *A. angustifolia* Haw., *Dasyllirion serratifolium* (Karw. ex Schult. f.) Zucc., *D. lucidum* Rose, *Hechtia bracteata* Mez y algunos manchones de *Tillandsia grandis* Schltld., entre otros (Rivera-Hernández et al., 2014).
- 3) **Matorral de *Quercus sebifera*-*Nolina parviflora* (mexical)**. Es el de mayor extensión, presente en Acultzingo y Maltrata, ocupa las partes medias y altas de los cerros, encontrándosele entre 1,900-2500 m. Es dominado por el encino arbustivo *Quercus sebifera* Trel., además de *Quercus mexicana* Bonpl. y *Q. repanda* Bonpl. En las partes más altas de los cerros el matorral se mezcla con la "palma soyate" (*Nolina parviflora* (Kunth) Hemsl.).

Bosque de galería (vegetación riparia). Se trata de un bosque que se caracteriza por prosperar a los lados de los ríos y formando una franja no continua y angosta, de sólo unos metros (no más de 15 m). En la región prosperan dos tipos:

- 1) **Bosque de ahuehuetes**. Se localiza solo en los márgenes del río Blanco, desde las partes más bajas del municipio Acultzingo, pasando por los municipios Ciudad Mendoza, Nogales, Río Blanco y Orizaba, en altitudes entre 1,180-1,375 m, pasando por algunos balnearios locales como el Rincón de las Doncellas y la Laguna de Nogales. Esta vegetación forma un bosque alargado con una fisonomía muy particular. En el estrato arbóreo, los ahuehuetes (*Taxodium mucronatum* Ten.) están acompañados por "álamo" (*Platanus mexicana* Moric.), "sauce" (*Salix humboldtiana* Willd.) y "fresno" (*Fraxinus uhdei* (Wenz.) Lingelsh.) (Rivera-Hernández et al., 2019b). Este bosque de ahuehuetes es el único de este tipo en el estado de Veracruz.
- 2) **Bosque de *Platanus mexicana***. Crece en diferentes ríos y arroyos de la región. Está dominado por el "álamo" o "haya" (*Platanus mexicana*), acompañado por el "sauce" (*Salix humboldtiana*), "chalahuite" (*Inga*

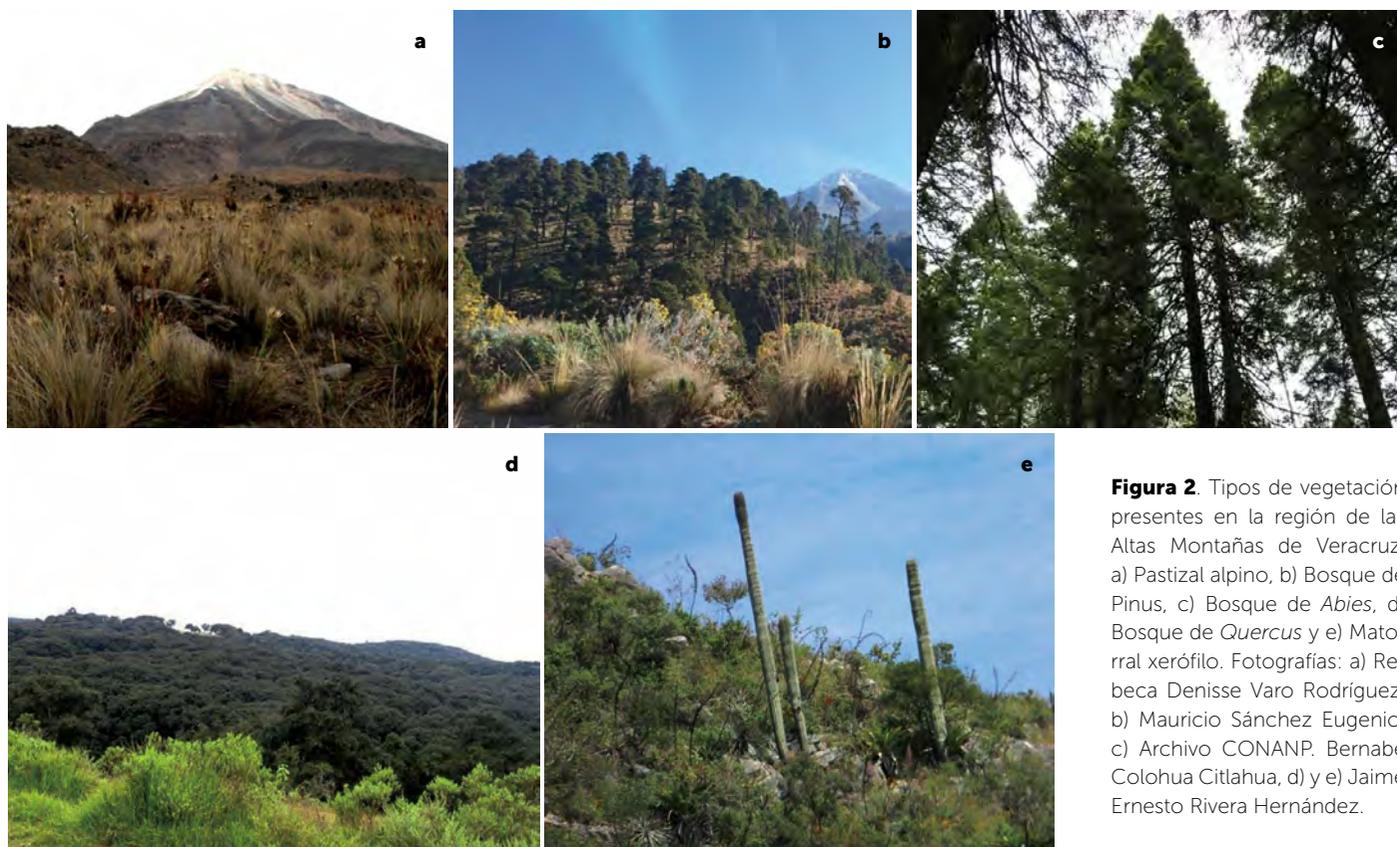


Figura 2. Tipos de vegetación presentes en la región de las Altas Montañas de Veracruz. a) Pastizal alpino, b) Bosque de Pinus, c) Bosque de *Abies*, d) Bosque de *Quercus* y e) Matorral xerófilo. Fotografías: a) Rebeca Denisse Varo Rodríguez, b) Mauricio Sánchez Eugenio, c) Archivo CONANP. Bernabé Colohua Citlahua, d) y e) Jaime Ernesto Rivera Hernández.

vera Willd.), "higueras" (*Ficus* spp.), "coralillo" (*Cojoba arborea* (L.) Britton & Rose) y "frijolillo" (*Lonchocarpus guatemalensis* Benth.), entre otras. Este es el bosque de galería más común en la región.

Bosque mesófilo de montaña (bosque caducifolio, selva mediana o baja perennifolia). En la región, se ubica en un gradiente altitudinal entre los 1,150-2,400 m, principalmente en los municipios de Huiloapan, Orizaba, Chocamán, Coscomatepec, Huatusco, entre varios más. Los árboles más comunes son el "olmo" (*Ulmus mexicana* (Liebm.) Planch.), "palo de zopilote" (*Oreomunnea mexicana* (Standl.) J.-F. Leroy), "cedrillo" (*Alfaroa mexicana* D.E. Stone), "nogal" (*Juglans pyriformis* Liebm.), "nogal cimarrón" (*Carya ovata* var. *mexicana* (Engelm. ex Hemsl.) W.E. Manning), "liquidámbar" (*Liquidambar styraciflua* L.), "pipinque" (*Carpinus caroliniana* Walter), "encino blanco" (*Quercus polymorpha* Schlttdl. & Cham.), "encino blanco" (*Q. sartorii* Liebm.), "hojarasca" (*Q. arifolia* Trel.), *Q. pinnativenulosa* C.H. Mull., *Q. candicans* Née, "chinene" (*Persea schiedeana* Nees) y el "coralillo" (*Cojoba arborea*), entre otras. La gran mayoría de las superficies están ocupadas por plantíos de café y muchas de ellas han sido utilizadas para diversos cultivos en diferentes épocas (Rivera-Hernández, 2015; Vargas-Rueda, 2018).

Bosque tropical perennifolio (selva mediana subperennifolia). En la región, se establece en las partes bajas, entre 200-1,150 m.s.n.m., en los municipios de Fortín, Córdoba, Ixhuatlán del Café, Tezonapa, Amatlán de los Reyes, Atoyac, entre varios más, en suelos someros con afloramiento de rocas calizas; está dominado, en su estrato arbóreo, por el "manzanillo" (*Robinsonella mirandae* Gómez Pompa), "requelite" (*Ledenbergia macrantha* Standl.) (Rivera-Hernández et al., 2015a), "palo de agua" (*Iresine arbuscula* Uline & W.L. Bray), "frijolillo" (*Lonchocarpus guatemalensis*), "palo de tortilla" (*Bernoullia flammea*), "carbonero" (*Dendropanax arboreus* (L.) Decne. & Planch.), "xochicuahuatl" (*Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken), "palo mulato" (*Bursera simaruba* (L.) Sarg.), "jobo" (*Spondias mombin* L.), "higuerón" (*Ficus aurea* Nutt.) y el "amatillo" (*F. pertusa*), entre otras (Rivera-Hernández, 2015).

Bosque tropical caducifolio (selva baja caducifolia). Se localiza en las partes más bajas de la región, en los municipios Yanga, Cuitláhuac, Carrillo Puerto, Omealca, Paso del Macho, Zentla, Tlacotepec de Mejía y Comapa, entre otros, en altitudes entre 50-700 m. Las especies dominantes son: "nacaste" (*Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb.), "roble" *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC., "ciricote" (*Cordia dodecandra* DC.), "guácimo" (*Guazuma ulmifolia* Lam.), "guachipilín" (*Diphysa robinoides* Benth.), "pongolote" (*Cochlospermum vitifolium* Benth.), "cuajilote" (*Parmentiera edulis* Raf.), "matapescado" (*Piscidia piscipula* (L.) Sarg.) y "palo mulato" (*Bursera simaruba*), entre otras. Este es uno de los bosques menos estudiados en la región.



Figura 3. Tipos de vegetación presentes en la región de las Altas Montañas de Veracruz. a) Bosque de galería, b) Bosque mesófilo de montaña, c) Bosque tropical perennifolio y d) Bosque tropical caducifolio. Fotografías: a), c) y d) Jaime Ernesto Rivera Hernández, b) Abel Felipe Vargas Rueda.

La Flora

Como resultado de la investigación bibliográfica realizada, basada en los siguientes autores: Rivera-Hernández *et al.* (2014), Rivera-Hernández (2015), Rivera-Hernández *et al.* (2015b), Rivera-Hernández *et al.* (2019a y b), Vargas-Rueda (2018), Vargas-Rueda *et al.* (2019), Castillo-Hernández y Flores-Olvera (2017), García-Mayoral (2014), Acevedo-Rosas (1988), Castillo-Campos, Robles-González y Medina-Abreo (2003), CONANP (2015), Elizondo-Salas (2015), Viccon-Esquivel (2009), Flora de Veracruz (Gómez-Pompa, 1978-1988, 1990-1991; Sosa, 1992-2003; Castillo-Campos, 2004-2015) y de IBUNAM (2019), se obtuvo una estimación preliminar de la riqueza florística de la región de las Altas Montañas de Veracruz, la cual asciende a 3180 especies de plantas vasculares.

El paisaje de las Altas Montañas

El paisaje es un término que tiene alta polisemia (Besse, 2006). En este análisis tomaremos la definición que establece el Convenio Europeo del Paisaje (Consejo de Europa, 2000), en su Artículo 1, reconociendo al paisaje como *"cualquier parte del territorio tal como la percibe la población, cuyo carácter sea el resultado de la acción y la interacción de factores naturales y/o humanos"*. Tomando en cuenta esta definición y considerando el papel preponderante de la percepción del ser humano al respecto de un territorio determinado, la descripción de una región tan diversa como la de las Altas Montañas, con un área aproximada de 6,000 km² y con un gradiente de altitud entre 70-5636 m.s.n.m., es compleja, sobre todo si se intenta realizar una descripción amplia y exhaustiva. El paisaje, como elemento percibido, ofrece diversas tipologías, yendo desde los paisajes

más prístinos en términos del poco impacto antrópico que presentan, los que muestran una mezcla entre lo urbano, lo rural y lo natural y aquellos meramente urbanos. El paisaje de las Altas Montañas lo constituye todo ello, desde lo más natural hasta lo más artificial o alterado. Para este análisis, se considera que el paisaje es una suma de las experiencias, hábitos y prácticas que un grupo humano ha desarrollado en un lugar (Besse, 2006.). A lo largo y ancho de la región analizada se despliega la relación de la sociedad con el espacio y el medio a través de las expresiones culturales diversas, desde la preservación, el manejo agrícola, lo arquitectónico y lo urbanístico, o como el mismo Besse (2006) indica, la relación del medio con un proyecto social, aun cuando este no sea consciente, es decir, el paisaje. Otros elementos que ayudan a la descripción del paisaje en el marco de la percepción del territorio por el ser humano, son aquellos que hacen de la visita de un turista de naturaleza, una experiencia polisensorial, la cual, de ser significativa, se convierte en memorable y atrayente para ser vivida y, por tanto, se convierte en un espacio que tiene el potencial para satisfacer su demanda de esparcimiento (Osorio *et al.*, 2017). En ese sentido, la Organización Mundial de Turismo (OMT), define al turismo de naturaleza como *"aquella donde la principal motivación es la observación y apreciación de ésta, así como las culturas tradicionales"* (OMT, 2002), mientras que Osorio *et al.* (2017) lo describen como un modelo de vivencias sustentado en el disfrute del paisaje natural y la sensibilización ambiental. El área de estudio, los municipios y la altitud (m.s.n.m.), se muestran en la Figura 1.

La descripción del paisaje para un turista de naturaleza en la región en estudio

Como se ha mencionado antes, el turista de naturaleza busca la experiencia de la misma, además de las expresiones culturales presentes. ¿Cuál es el paisaje que desea percibir este sector del turismo? La región de las Altas Montañas, dada su diversidad en ambientes, tipos de vegetación, accidentes topográficos y expresiones culturales, es un espacio con potencial para este tipo de turismo, dados los entornos que se pueden percibir como paisajes en el mismo y en la posibilidad para realizar actividades como el senderismo (Muñoz-Márquez y Mendoza-Omos, 2013) u otros deportes de aventura.

Para estructurar mejor esta descripción general, se identifican tres grandes grupos de paisajes en la región: a) paisajes de tierras bajas (entre los 150 y los 1,100 m.s.n.m.), b) paisajes de montañas medias (entre 1,100-2,400 m.s.n.m.) y c) paisajes de montaña alta (2,500 m.s.n.m. y más). Los paisajes de tierras bajas, en relación con su estructura, presentan un paisaje fragmentado, compuesto por parches de bosques tropicales caducifolios y perennifolios, en una matriz de grandes extensiones de cultivos de caña de azúcar y cítricos (Forman *et al.*, 1981, 1986). En esos parches se localizan ambientes con vegetación natural más o menos conservada y con elementos idóneos para realizar turismo de naturaleza, dado que se localizan sitios de interés, por ejemplo, el nacimiento del Río Atoyac y los paisajes ribereños de ese río, entre otros. Con relación a la presencia de manifestaciones antrópicas, existen diversos vestigios arquitectónicos de antiguas haciendas azucareras (ej. Hacienda de Santa Ana, Hacienda de San Francisco Toxpan), así como prehispánicos, tales como el fortín de Cuauhtochco o Toxpan, por mencionar algunos. Todos

estos elementos conjugados con los ambientes típicos de los bosques tropicales conforman un paisaje con diversas posibilidades de ser percibido y experimentado desde el turismo de naturaleza. Un aspecto importante desde el punto de vista lingüístico es la presencia de la Región Nahua de Zongolica (Academia Veracruzana de las Lenguas Indígenas, 2010), donde la lengua Náhuatl es la más característica, además de grupos sociales de raza negra. La presencia de estos grupos sociales engloba en ese paisaje a la manifestación de elementos rituales como el Xochitlalli (ceremonia de permiso y agradecimiento a la Madre Tierra) (Morales, 2013; Pérez et al., 2015). Todos estos grupos sociales componen un paisaje amplio de costumbres y tradiciones en la región.

Otro elemento contemporáneo importante, es la presencia cíclica de actividades agrícolas que tienen un alto impacto en el paisaje, como lo es la zafra (quema y corte de la caña de azúcar), que significa la finalización del proceso de crecimiento de esta gramínea, el cual conlleva un ciclo de 11 a 13 meses y que establece un alto dinamismo en el paisaje de la zona, que además del cambio en el tamaño del cultivo, presenta cambios en los colores y en los aromas, producto de la quema realizada para el corte de la caña. Esta agroindustria es parte del paisaje veracruzano desde hace décadas y que ha representado una de las principales causas de la pérdida de biodiversidad en las partes bajas y planas de esta región (Thiebault, 2016).

Los paisajes de montañas medias tienen la presencia de los bosques mesófilos de Montaña y bosques de *Quercus*. Estos paisajes sufren la misma problemática de ser paisajes en proceso de transformación (Araiza y Naranjo-García, 2013; Castillo-Campos, Robles y Medina, 2003) y están en peligro de extinción por aspectos tales como cambios de uso de suelo (CONABIO, 2010). Se aprecia en este paisaje, actividad de producción agrícola tal como el cultivo de café y también de la caña de azúcar. Posee instalaciones arquitectónicas cafetaleras, inclusive elementos de patrimonio industrial, como la antigua vía de ferrocarril "El Mexicano", sobre todo en el tramo que cruza la Barranca de San Miguel (Barranca del Metlac), en donde se sitúa el famoso "Puente de Metlac". Dicho tramo, además de presentar antiguas estaciones de tren e instalaciones para la operación del ferrocarril, tiene diversos túneles que son una interesante manifestación de la Ingeniería del siglo XIX (Dorantes, 2016). Se trata de un paisaje con una importante historia de producción azucarera, que además de presentar, al igual que en el paisaje de tierras bajas, una actividad

cíclica en relación con la dinámica productiva de este cultivo, también están presentes elementos históricos de infraestructura para su producción. La presencia de ex haciendas relacionados con ello, que con el tiempo transitaron a los modelos de ingenios centrales (Martínez, 2008), que representan un interesante acervo cultural y arquitectónico.

Con respecto al paisaje de montañas altas, se trata de un sitio que sin duda es dominado por la presencia del Volcán Pico de Orizaba o Citlaltépetl, con una altura de 5,636 m.s.n.m. Esta dominación se relaciona con su importancia visual, así como su relevancia con respecto de la aportación a la hidrología regional, al ser un elemento importante en el aporte hídrico. Los tipos de vegetación que en este paisaje se observan son el pastizal alpino, bosque de pino, bosque de oyamel y bosque de encino. Al igual que en los casos anteriores, se trata de un paisaje altamente fragmentado, con remanentes de algunos parches de vegetación original. Desafortunadamente, existe una alta tasa de deforestación en la región, sin embargo, se trata de un espacio que ofrece alternativas interesantes para el turismo de naturaleza, dados los diferentes ambientes que se manifiestan ahí y que permiten la práctica de actividades turísticas relacionadas con la apreciación de aspectos ambientales y despertar una mayor consciencia de conservación. Existen montañas tales como el Tepoztécatl (3,500 m.s.n.m.), que son aprovechadas por practicantes de senderismo y el mismo Pico de Orizaba, que es un lugar utilizado para la práctica del alpinismo.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Respecto a la riqueza florística presente en la región de las Altas Montañas de Veracruz, se puede afirmar que el número registrado es alto (3,180), si lo comparamos con el número de especies registradas en las Reservas de la Biosfera de Tehuacán-Cuicatlán (2,686) o la de Los Tuxtlas (2,697). De la misma manera, si comparamos el número de tipos de vegetación registrados en esta región (9), con los de estas mismas áreas naturales protegidas (Los Tuxtlas 9 y Tehuacán-Cuicatlán 12), podemos observar que la riqueza es equiparable (CONANP, 2006; 2013). Además, hay que considerar que la aproximación aquí presentada es preliminar, razón por la cual se espera que se sumen más especies a la lista final, una vez que se concluya el inventario de la flora. Sin embargo, esta primera aproximación deja ver la gran riqueza florística que aún resguarda la región, a pesar de la presión antropogénica sobre este recurso, por lo que son urgentes

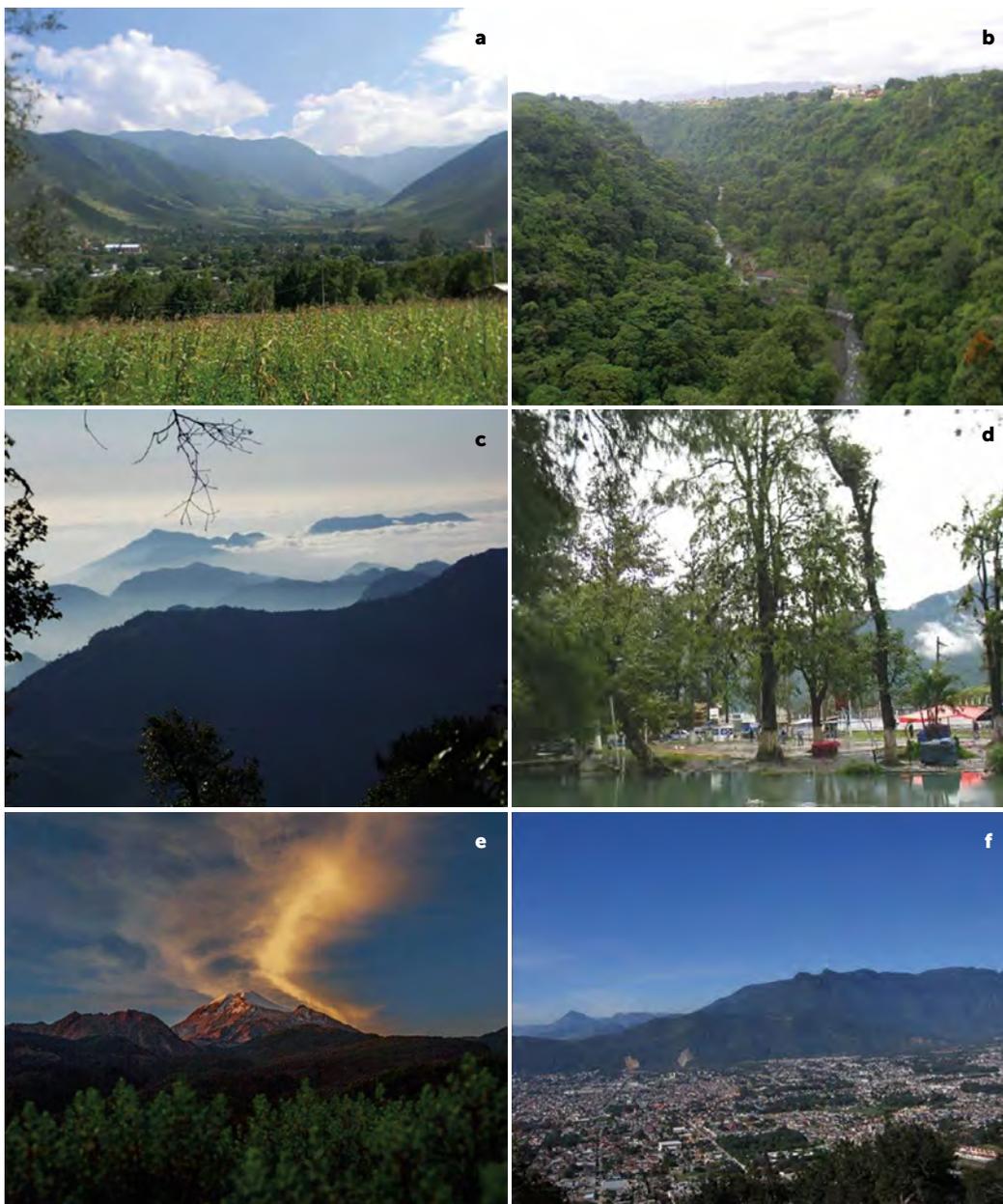


Figura 4. Paisajes naturales de la región de las Altas Montañas de Veracruz. a) Milpa, bosque, pueblo y montañas en Acultzingo, b) Barranca de Metlac, Fortín, c) Montañas y nubes de Zongolica, d) Manantial Rincón de las Doncellas, Nogales, e) Volcán Pico de Orizaba o Citlaltépetl y f) vista de la ciudad de Orizaba y cerros circunvecinos desde el Cerro de Escamela. Fotografías: a), b) d) y f) Jaime Ernesto Rivera Hernández, c) Abel Felipe Vargas Rueda y e) Lens Fotógrafo.

las estrategias de conservación y protección para estos bosques, así como la priorización de proyectos sustentables de aprovechamiento de recursos naturales, como bien lo puede ser el turismo de naturaleza.

Tomando en consideración lo anterior, se puede afirmar que el paisaje de las Altas Montañas ofrece amplias posibilidades al turista en

cuanto a naturaleza, pero también en cultura. Si bien la descripción del paisaje no es de ninguna manera exhaustiva, dado que hay otros tipos de vegetación y ambientes presentes, así como expresiones culturales diversas, se quiere dejar en claro que existe una amplia gama de manifestaciones culturales, de topografías diversas, con diferentes dificultades de acceso y, por tanto,

con áreas que tienen diversas experiencias interesantes para ofrecer al visitante. Así mismo sucede con la vegetación tanto natural, como los mosaicos de diferentes usos de la tierra que se encuentran en la región, que muestran una interacción entre lo natural y lo antrópico. La región presenta un alto potencial para experiencias polisensoriales a través de la percepción de lo visual, olfati-

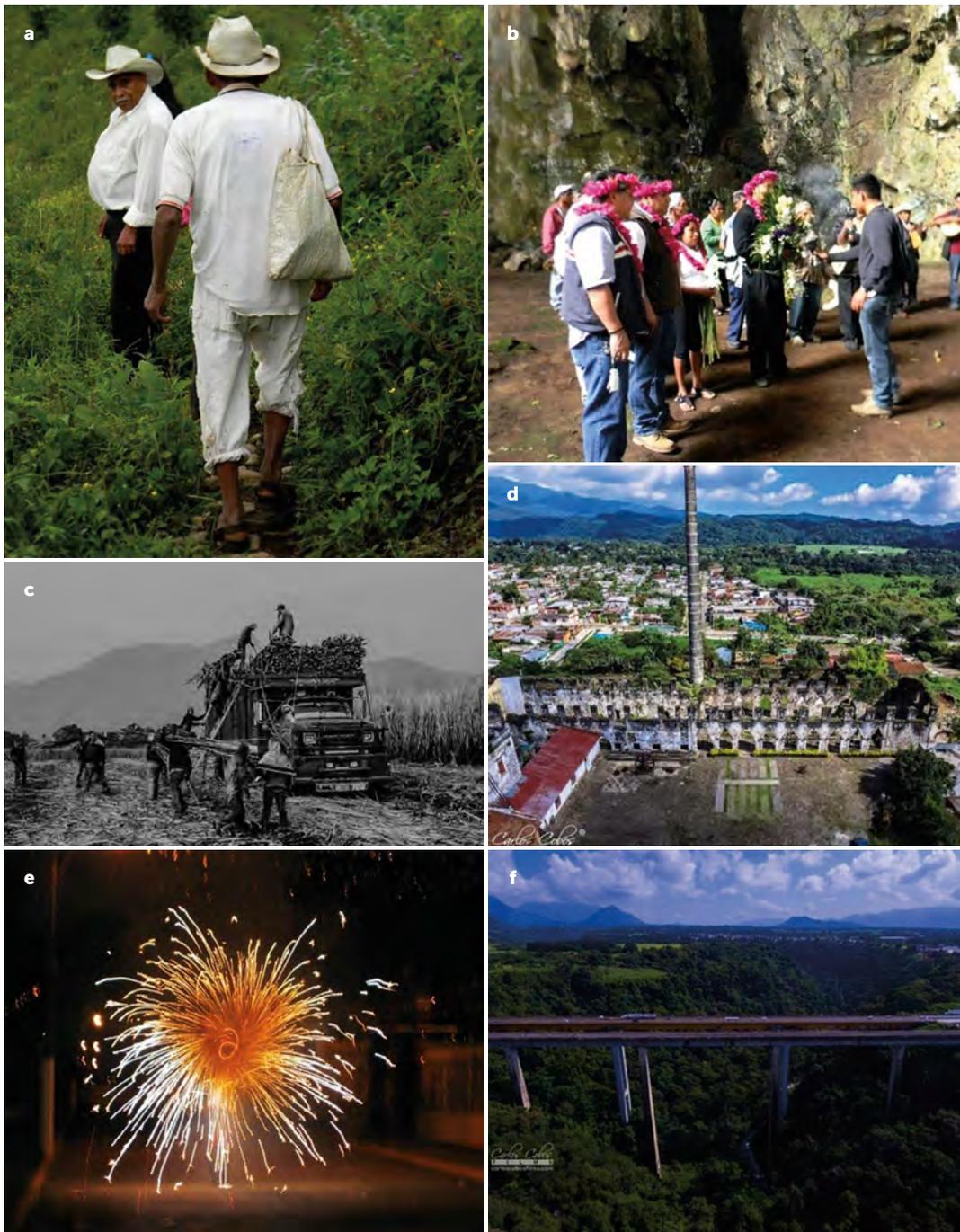


Figura 5. Elementos culturales del paisaje de las Altas Montañas de Veracruz. a) Persona indígena náhuatl de la Sierra de Zongolica, b) Rito Xochitlalli en la Cueva del Sol, Coetzala, c) zafra o cosecha de la caña de azúcar, d) vista aérea de la exhacienda de San Francisco Toxpan, e) torito de cohetes encendido, en una fiesta patronal en Zapoapan, f) vista aérea del puente de Metlac. Fotografías: a), b) y e) Jaime Ernesto Rivera Hernández, c) Lens Fotógrafo d) y f) Carlos Cobos.

vo, tacto, gusto y oído. Existe pues, a través de lo descrito, un paisaje con visuales interesantes, con diferentes experiencias olfativas, con posibilidades de degustar y con paisajes sonoros interesantes a través de las diferentes manifestaciones, por ejemplo, de la fauna. El paisaje de las Altas Montañas es diverso y en él se muestra la relación de la población de la región con el medio que

la rodea, a través de manifestaciones de manejo agrícola, expresiones arquitectónicas y ejemplos de conservación, entre otros aspectos relevantes.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a nuestras instituciones: Centro de Estudios Geográficos, Biológicos y Comunitarios, S.C. (GEOBICOM) y al Colegio de

Postgraduados Campus Córdoba (COLPOS), por el apoyo para la realización del presente estudio. Especialmente agradecemos a quienes participaron del trabajo de campo y revisión de literatura, entre ellos: Raúl Pablo García Sánchez, Alondra Marisol Apale Sánchez, Oscar Cid Mora y colaboradores que hicieron posible esta primera aproximación a la flora, vegetación y el paisaje de nuestra gran región de las Altas Montañas, Veracruz.

LITERATURA CITADA

- Academia Veracruzana de las Lenguas Indígenas. (2010). Catálogo de las lenguas indígenas y sus variantes lingüísticas del estado de Veracruz. Xalapa: Academia Veracruzana de las Lenguas Indígenas. Recuperado el 09 de 03 de 2019, de <http://www.aveli.gob.mx/files/2013/08/CATALOGO.pdf>.
- Acevedo-Rosas, R. (1988). La vegetación de la Sierra de Atoyac, Veracruz, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México. 102 pp.
- Araiza, V., Naranjo-García, E. (2013). Lista sistemática de la malacofauna terrestre del municipio de Atoyac, Veracruz. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 84(3): 765-773. Doi:<http://dx.doi.org/10.22201/ib.20078706e.2013.3.796>
- Besse, J.M. (2006). Las cinco puertas del paisaje. Ensayo de una cartografía de las problemáticas paisajeras contemporáneas. P.p. 145-172. En: F.S. Marchán y J. Maderuelo (Eds.). *Paisaje y pensamiento*. Madrid: Abada Editores.
- Castillo-Campos, G., Robles G., R., Medina A., M.E. (2003). Flora y Vegetación de la Sierra Cruz Tetela, Veracruz, México. *Polibotánica* 15: 41-87.
- Castillo-Campos, G. (ed.). (2004-2015). Flora de Veracruz. Fascículo 134-166. Instituto de Ecología A.C. y Centro de Investigaciones Tropicales (CITRO), Universidad Veracruzana. Xalapa, México.
- Castillo-Campos, G., Avendaño R., S., Medina A., M.E. (2011). Flora y Vegetación. Pp. 163-179. En: A. Cruz A. (Coord). *La biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado. Volumen I. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana e Instituto de Ecología, A.C.*
- Castillo-Hernández, L.A., Flores-Olvera, H. (2017). Floristic composition of the cloud flores of the Bicentenario Reserve, Zongolica, Veracruz, Mexico. *Botanical Sciences* 95(3): 1-25.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). (2010). *El Bosque Mesófilo de Montaña en México: Amenazas y oportunidades para su conservación y manejo sostenible*. México, D.F.: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 197 pp.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). (2012). *Herbario CORU*. Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias Zona Córdoba-Orizaba. <https://www.biodiversidad.gob.mx/fichas-conabio-war/resources/coleccion/56>
- El Bosque Mesófilo de Montaña en México: Amenazas y oportunidades para su conservación y manejo sostenible. México, D.F.: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 197 pp.
- CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). (2006). Programa de Conservación y Manejo de la Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 293 pp.
- CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). (2013). Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 329 pp.
- CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). (2015). Programa de Manejo Parque Nacional El Pico de Orizaba. Primera Edición. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 187 pp.
- Consejo de Europa. (2000). Convenio Europeo de Paisaje. Recuperado el 07 de 03 de 2019, de <http://www.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/U0670786.pdf>.
- Dorantes, S.M. (2016). El ferrocarril como emblema de progreso: el Puente de Metlac. *Bltácora Arquitectura* 34: 32-41. Doi: <http://dx.doi.org/10.22201/fa.14058901p.2016.34.58087>
- Elizondo-Salas, A.C. (2015). Conocimiento campesino de árboles maderables en cafetales diversificados en la zona templada de la Sierra de Zongolica. Tesis de Maestría en Ecología Tropical. Centro de Investigaciones Tropicales de la Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México. 110 pp.
- Forman, R., Godron, M. (1981). Patches and structural components for a landscape ecology. *Ciencias* 67: 44-50.
- Forman, R.T.T., Godron, M. (1986). *Landscape Ecology*. John Wiley & Sons.
- García-Mayoral, L.E. (2014). Estructura y diversidad arbórea en sistemas agroforestales de café en la sierra de Atoyac, Veracruz. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. Texcoco, México. 70 pp.
- Gómez-Pompa, A. (ed.). (1978-1988). Flora de Veracruz. Fascículo 1-59. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Xalapa, México.
- Gómez-Pompa, A. (ed.) (1990-1991). Flora de Veracruz. Fascículo 60-66. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos y University of California. Xalapa, México y Riverside, USA.
- Google Inc. (2018). Google Earth, Versión 7.3.2.5491 (64-bit). USA. (en línea). Disponible en: http://www.google.com/intl/es/earth/index.html#utm_campaign=es&utm_medium=ha&utm_source=es-ha-sk-eargen&utm_term=google%20earth.
- IBUNAM (Instituto de Biología). (2009). Base de datos del Herbario Nacional de México (MEXU). Departamento de Botánica, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Portal de Datos Abiertos, Colecciones Universitarias. (En línea). Disponible en: <http://datosabiertos.unam.mx/>
- INAFED (Instituto para el Federalismo y el Desarrollo Municipal). (2010). Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México. Regionalización del estado de Veracruz de Ignacio de la Llave. (en línea). Consultado: 12 de febrero de 2019. Disponible en: <http://siglo.inafed.gob.mx/enciclopedia/EMM30veracruz/regionalizacion.html>.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). (2001). Conjunto de Datos Vectoriales Fisiográficos D15, Escala 1: 1,000,000 (Continuo Nacional). Aguascalientes, Aguascalientes, México.
- Lot, A., Chiang, F. (Comp.). (1986). Manual de herbario. Administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos. Consejo Nacional de la Flora de México, A.C. México.

- Martínez, A.J. (2008). De la hacienda azucarera, al modelo de ingenios centrales: la transición de la industria azucarera en Córdoba, Veracruz en el siglo XIX. Tesis de Doctorado en Historia y Estudios Regionales. Instituto de Estudios Histórico-Sociales, Universidad Veracruzana. Recuperado el 11/ 03/2019, de <http://dx.doi.org/10.22201/ib.20078706e.2013.3.796>
- Miranda, F., Hernández X. E. (1963). Los tipos de vegetación de México y su clasificación. Boletín de la Sociedad Botánica de México 28: 29-179. DOI: 10.17129/botsoci.1084
- Mittermeier, R. A., Goettsch, C. (1992). La importancia de la diversidad biológica de México. Pp. 63-73. En: Sarukhán, J., Dirzo, R. (Comps). México ante los retos de la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). México.
- Morales, C.C. (2013). El carnaval de Mixtla de Altamirano. Reproducción identitaria y legitimidad política en la sierra de Zongolica, Veracruz. Revista de El Colegio de San Luis III(5): 185-205. Doi: <http://dx.doi.org/10.21696/rcsl052013549>
- Muñoz-Márquez T., R.A, Mendoza-Omos, I. (2013). Senderos. Bases conceptuales y metodología. Texcoco: Editorial del Colegio de Postgraduados.
- Organización Mundial del Turismo. (2002). Previsiones mundiales y perfiles de los segmentos. Madrid: Organización Mundial de Turismo.
- Osorio, G.M., Monge, A.L., Serrano, B.R., Cortés, S.I. (2017). Perfil del visitante de naturaleza en Latinoamérica: prácticas, motivaciones e imaginarios. Estudio comparativo entre México y Ecuador. Pasos. Revista de Turismo y Patrimonio Cultural 15(3): 713-729.
- Pérez, V.A., Leyva, T.D., García, A.J. (2015). El ecoturismo: un estudio de caso del estado de Veracruz. El ecoturismo: un estudio de caso del estado de Veracruz 5: 1015-1025. Doi:<https://doi.org/10.29312/remexca.v0i5.1307>
- Rivera-Hernández, J.E., Reyes-Santiago, J., Cházaro-Basáñez, M.J., Ramón-Farías, F., Vargas-Rueda, A.F., Alcántara-Salinas, G. (2014). Las cactáceas del municipio de Acultzingo, Veracruz. Cactáceas y Suculentas Mexicanas 59(3): 68-78.
- Rivera-Hernández, J.E., Vargas-Rueda, A.F., Alcántara-Salinas, G., Ramón-Farías, F. (2015a). Estado del conocimiento taxonómico y ecológico de *Ledenbergia macrantha* Standl. (Phytolaccaceae) a 48 años de su descubrimiento en México. Foresta Veracruzana 17(2): 29-34.
- Rivera-Hernández, J.E., Cházaro-Basáñez, M.J., Vargas-Rueda, A.F., Ramón-Farías, F., Oliva-Rivera, H., Alcántara-Salinas, G. (2015b). Nuevas adiciones para la flora de Veracruz. Acta Botanica Mexicana 112: 45-65. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm112.2015.1088>
- Rivera-Hernández, J.E. (2015). Flora, vegetación y priorización de áreas de conservación del Parque Nacional Cañón del Río Blanco, Veracruz, México Tesis de doctorado en Ciencias Naturales para el Desarrollo, Énfasis en Gestión de Recursos Naturales. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Universidad Nacional de Costa Rica y Universidad Estatal a Distancia. San Carlos, Costa Rica. 254 pp.
- Rivera-Hernández, J.E., Pérez-Sato, J.A., Alcántara-Salinas, G., Servín-Juárez, R., García-García, C. (2018). El ecoturismo y el turismo rural en la región de las Altas Montañas de Veracruz: potencial, retos y realidades. Agroproductividad 11(8): 129-135. DOI: <https://doi.org/10.32854/agrop.v11i8.1108>
- Rivera-Hernández, J.E., Flores-Hernández, N., Vargas-Rueda, A.F., Alcántara-Salinas, G., Cházaro-Basáñez, M.J., García-Albarado, J.C. (2019a). Flora y vegetación de la región semiárida de Acultzingo-Maltrata, Veracruz, México. Acta Botanica Mexicana 126: e1433.
- Rivera-Hernández, J.E., Alcántara-Salinas, G., Pérez-Sato, J.A., Houbbron, E.P., Rustrian-Portilla, E., García-Albarado, J.C. (Eds.). (2019b). Biodiversidad y Conservación del bosque de galería de Ciudad Mendoza, Veracruz, México. Centro de Estudios Geográficos, Biológicos y Comunitarios, S.C., H. Ayuntamiento de Ciudad Mendoza, Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba y Universidad Veracruzana. 128 pp.
- Rzedowski, J. (1978). La Vegetación de México. Editorial Limusa. México. 504 pp.
- SEFIPLAN (Secretaría de Finanzas y Planeación del Estado de Veracruz). (2013). Programa Región Las Montañas 2013-2016. Programas Regionales Veracruzanos. Gobierno del Estado de Veracruz. 91 pp.
- Sosa, V. (ed.). (1992-2003). Flora de Veracruz. Fascículos 67-133. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, Instituto de Ecología A.C. y University of California. Xalapa, México y Riverside, USA.
- Thiebault, V. (2016). Paisajes cañeros de Veracruz en las décadas de 1930 y 1940. El desmantelamiento del complejo agroindustrial azucarero San Francisco, Lerdo de Tejada. Relaciones Estudios de Historia y Sociedad 37(14): 169-203. Doi:<http://dx.doi.org/10.24901/rehs.v37i148b.233>
- Vargas-Rueda, A.F. (2018). Diversidad, estructura e inventario florístico del bosque mesófilo de montaña de Huiloapan de Cuauhtémoc, Veracruz, México. Tesis de maestría en Ecología Forestal. Instituto de Investigación Forestales, Universidad Veracruzana. 103 pp.
- Vargas-Rueda, A.F., Rivera-Hernández, J.E., Cházaro-Basáñez, M.J., Alcántara-Salinas, G. (2019). Nuevos registros para la flora de Veracruz en el Parque Nacional Cañón del Río Blanco. Acta Botanica Mexicana 126: e-1429. DOI: 10.21829/abm126.2019.1429
- Viccon-Esquivel, J. (2009). Riqueza y composición florística de las epifitas vasculares del Bosque Mesófilo de Montaña de las localidades de Atzalan y Zongolica, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana. Xalapa, México. 72 pp.
- Villaseñor, J. L. (2016). Catálogo de las plantas vasculares nativas de México. Revista Mexicana de Biodiversidad 87: 559-902. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rmb.2016.06.017>

Production and competitiveness of Mexican cotton in the international context

Producción y competitividad del algodón mexicano en el contexto internacional

Gutiérrez-Hernández, Maricruz^{1*}; Vega-Valdivia, Dixia D.¹; Caamal-Cauich, Ignacio¹; Rivera-López, Samuel¹

¹Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Estado de México, México. C. P. 56230.

*Autor para correspondencia: maricruzgutt@hotmail.com

ABSTRACT

Objective: To analyze the production and competitiveness of Mexican cotton in the world market.

Design/methodology/approach: Five indicators were calculated: Import Penetration Rate (IPR), Export Coefficient (EC), Tradability Indicator (TI), Lafay Index (LI) and International Competition Exposure Rate (ICER), for the period 1960-2017.

Results: The IPR was 0.5% from 1960 to 1985, the imports had little weight in consumption, while the EC was 58.9% for that period; Mexican cotton was competitive. However, from 1986 to 2017, the IPR was 59.8% on average and the EC was 25.9%, the competitiveness of cotton decreased. The TI in the 1960s was 184.8% and since 1991, the capacity to generate exportable surpluses was lost. The LI shows that Mexico had comparative advantages in cotton production from 1960 to 1989, however, as of 1991 such advantages were lost. The ICER indicates that national cotton faces high levels of competition in the international market.

Limitations on study/implications: The indicators were calculated with the volume of the variables required. The statistics corresponding to the value are not available for recent years.

Findings/conclusions: The indicators show the loss of competitiveness of Mexican cotton; in recent years, production has recovered, but there is no self-sufficiency in its consumption.

Keywords: Import Penetration Rate, Export Coefficient, Tradability Indicator, Lafay Index, International Competition Exposure Rate.

RESUMEN

Objetivo: Analizar la producción y competitividad del algodón mexicano en el mercado mundial.

Diseño/metodología/aproximación: Se calcularon cinco indicadores: Tasa de Penetración de las Importaciones (TPI), Coeficiente de las Exportaciones (CE), Indicador de Transabilidad (IT), Índice de Lafay (IL) y Tasa de Exposición a la Competencia Internacional (TECI), para el periodo 1960-2017.

Resultados: La TPI fue de 0.5% de 1960 a 1985, las importaciones tenían poco peso en el consumo, mientras que el CE fue de 58.9% para ese periodo; el algodón mexicano era competitivo. Sin embargo, de 1986 a 2017 la TPI fue de 59.8% en promedio y el CE fue de 25.9%, la competitividad del algodón disminuyó. El IT en la década de 1960 fue de 184.8% y a partir de 1991, se perdió la capacidad para generar excedentes exportables. El IL demuestra que México tenía ventajas comparativas en la producción de algodón de 1960 a 1989, sin embargo, a partir de 1991 tales ventajas se perdieron. La TECI indica que el algodón nacional enfrenta altos niveles de competencia en el mercado internacional.

Agroproductividad: Vol. 12, Núm. 12, diciembre. 2019. pp: 31-37.

Recibido: julio, 2019. **Aceptado:** noviembre, 2019.

Limitaciones del estudio/implicaciones: Los indicadores se calcularon con el volumen de las variables requeridas. Las estadísticas correspondientes al valor no están disponibles para años recientes.

Hallazgos/conclusiones: Los indicadores muestran la pérdida de competitividad del algodón mexicano; en años recientes la producción se ha recuperado, pero no se tiene autosuficiencia en su consumo.

Palabras clave: Tasa de Penetración de las Importaciones, Coeficiente de Exportación, Indicador de Transabilidad, Índice de Lafay, Tasa de Exposición a la Competencia Internacional.

INTRODUCCIÓN

El algodón (*Gossypium* sp.) es considerado el cultivo no alimentario más importante en el mundo y su siembra es de las más antiguas; genera productos textiles de alto valor, es una importante fuente de divisas, es uno de los mayores generadores de empleo en el campo y brinda subproductos de impacto en industrias como la de fabricación de papel y nutrición animal (SAGARPA-FAO, 2014).

El algodón pertenece a la familia Malvaceae y al género *Gossypium* (G.). La mayor parte del algodón cultivado en el mundo deriva de dos especies, *G. hirsutum*, 90%, y *G. barbadense*, 5%, (SAGARPA, 2011). La producción y exportación de algodón es de suma importancia a nivel mundial; alrededor de 70 países producen y exportan esta fibra, y más de 80 lo demandan como insumo textil (SAGARPA-FAO, 2014).

En 2017 México se posicionó como el décimo tercer productor mundial de algodón, con una producción de 339,650 toneladas. El cultivo de algodón en México reporta rendimientos superiores a la media mundial; en 2017 en México se cosecharon 1,617 kg/ha, mientras que la media mundial fue de 801 kg ha⁻¹ (USDA, 2019).

El objetivo de la presente investigación fue analizar la producción y la competitividad del algodón mexicano en el mercado mundial, a través del cálculo de indicadores para el periodo 1960-2017. La hipótesis de la que se parte es que México fue un país exportador neto de algodón a principios de la década de 1960, sin embar-

go, el cultivo comenzó a perder importancia y México se volvió importador del mismo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó la recopilación de estadísticas en los portales de internet de dependencias nacionales e internacionales como United States Department of Agriculture (USDA), Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), entre otros.

Indicadores para el análisis de la competitividad en el comercio exterior

La competitividad asociada al comercio exterior se refiere al desempeño macroeconómico de un país; cuando registra un déficit en su balanza comercial se dice que no es competitivo, el país dispone de una renta por exportaciones menor que su pago externo por importaciones, generando un desequilibrio que impacta en el bienestar social del mismo (Bougrine, 2001).

La competitividad hace referencia a la situación real que presenta un producto en el mercado internacional y que comúnmente está distorsionada por las fallas de mercado y por la intervención del gobierno; es la capacidad de un bien de posicionarse en el exterior de acuerdo con los precios de mercado existentes (Contreras, 1999).

Un indicador económico es una expresión de medición que permite aclaraciones sobre el desarrollo de coyuntura o situación de una economía en general. Algunos indicadores pueden ser calculados a partir del valor o del volumen de las variables requeridas, siempre y cuando no se mezclen ambas magnitudes, y su elaboración puede ser para un conjunto de bienes, ramos o productos particulares (Lafuente, 2010). En la presente investigación se calcularon los siguientes índices empleando el volumen de las variables para el periodo 1960-2017:

La tasa de penetración de las importaciones es un indicador cuantitativo de la competitividad de un sector o producto, se representa como sigue:

$$CPM_t^j = \frac{M_t^j}{P_t^j + M_t^j - X_t^j} * 100$$

Donde P_t^j es la producción del bien, M_t^j son las importaciones y X_t^j las exportaciones. Señala la medida de

la competencia internacional por la demanda interna; mientras mayor es el valor del indicador, mayor es la dependencia del mercado interno de las importaciones y, mientras más bajo sea, el país tiene la capacidad de satisfacer su mercado con la producción nacional (Juárez de Perona y García, 2000).

El coeficiente de exportación expresa la relación entre las exportaciones y la producción del bien, es decir, mide la proporción de la producción que es vendida en el exterior (Velín y Medina, 2011).

$$CX_t^i = \frac{X_t^i}{P_t^i} * 100$$

El indicador de transabilidad expresa la relación entre la balanza comercial y el consumo aparente de un bien. Mide la capacidad de generar excedentes netos exportables en relación al consumo interno. Se expresa como sigue:

$$IT_t^i = \frac{X_t^i - M_t^i}{P_t^i + M_t^i - X_t^i} * 100$$

Cuando el indicador es positivo, el producto es competitivo en el mercado interno y existe un exceso de oferta que puede exportarse (Fernández, 2013).

El índice de Lafay mide el grado en que el país tiene una ventaja comparativa que lo haga un exportador natural del producto en cuestión. Si este valor es superior a la unidad, el país es exportador del bien y, a mayor nivel, más importantes son las exportaciones como destino de la producción nacional del mismo (Durán y Álvarez, 2008).

$$IL_t^i = \frac{P_t^i}{P_t^i + M_t^i - X_t^i}$$

La tasa de exposición a la competencia internacional expresa la relación entre el coeficiente de exportación y la producción nacional destinada al consumo interno que está sujeta a la competencia externa:

$$TECI_t^i = [CE_t^i + (1 - CE_t^i) * TPI_t^i] * 100$$

Donde CE_t^i es el coeficiente de exportación, TPI_t^i es la tasa de penetración de las importaciones. Entre más alto sea el porcentaje, mayor será la competencia que libra el producto del país en el mercado internacional (Fernández, 2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción mundial y nacional de algodón

En 2017 se produjeron a nivel mundial 26.9 millones de toneladas de algodón en una superficie de 33.6 millones de hectáreas. Los principales productores fueron India (23%), China (22%), Estados Unidos (17%) y Brasil (8%). India y China han disminuido su producción de 2014 a 2017, mientras que Estados Unidos y Brasil la han aumentado en alrededor de 11% (USDA, 2019). En México la producción creció cerca de 19%, debido a la preferencia sobre otros cultivos como sorgo y maíz, a los precios del algodón y al manejo de plagas con ingeniería genética (Otero, 2018).

En 2017 México fue el decimotercer productor mundial de algodón (SAGARPA, 2018) con un volumen de 339,650 toneladas en una superficie de 210 mil hectáreas, obteniéndose un rendimiento de 1,617 kg ha⁻¹, superando el rendimiento promedio mundial que se ubicó en 801 kg ha⁻¹ (USDA, 2019). Los principales estados productores son Chihuahua, Coahuila, Baja California, Sonora, Durango y Tamaulipas. Chihuahua es el principal estado productor, en 2017 contribuyó con el 70% de la producción nacional (SIAP, 2019).

En 1960 se cosecharon 904,000 hectáreas y se produjeron 457,221 toneladas de algodón, mientras que en 1993 la producción se ubicó en 26,562 toneladas, es decir, tan sólo el 5.8% de la producción de 1960 como se observa en la Figura 1.

La falta de políticas de fomento para el cultivo y el abandono del mismo en algunas regiones del país, trajeron como consecuencia que la producción fuera insuficiente para satisfacer la demanda de la industria textil. La producción algodонера se encuentra en recuperación, después de varios años de enfrentar el desinterés por el cultivo ocasionado por la pérdida de rentabilidad (SAGARPA-FAO, 2014).

De 1994 a 2004 la producción creció a una tasa media anual de 38.7%, gracias a la introducción de innovacio-

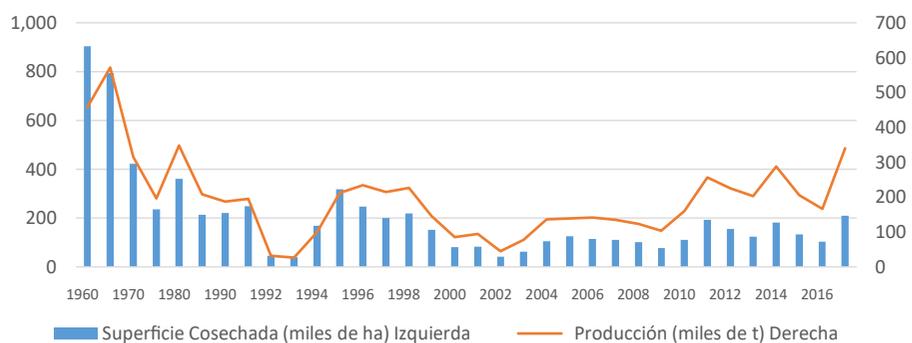


Figura 1. Superficie cosechada y producción de algodón pluma en México. Fuente: Elaborado con datos de USDA, 2019.

nes y a las condiciones del mercado internacional, que han permitido que el algodón reactive su importancia en el desarrollo socioeconómico nacional. En 1996 México y Estados Unidos se convirtieron en los primeros países en plantar con fines comerciales el algodón genéticamente modificado. En México, el algodón se sembró principalmente en la Comarca Lagunera debido a la necesidad de reactivar la producción (Traxler y Godoy-Ávila, 2004).

La producción de algodón en México se ha visto influenciada por el comportamiento de los mercados internacionales vulnerados por la demanda de fibras sintéticas y por la inestabilidad de los precios. De 2000 a 2009 los precios internacionales de la fibra fueron bajos, lo cual contribuyó a que la producción se estancara (FIRA, 2016). En 2010 y 2011 los precios mundiales mostraron una recuperación debido a la elevada demanda de fibra, principalmente por China que la acaparó para abastecer sus reservas disminuyendo los inventarios internacionales (OCDE- FAO, 2017).

Comercio exterior y competitividad del algodón

A principios de la década de 1960 México figuró entre los principales países exportadores de algodón. Sin embargo, la producción disminuyó a partir de la década de 1970 hasta casi desaparecer, lo que se agravó con la apertura comercial del país. Desde 1991 comenzó a presentar déficit comercial en la balanza de este cultivo, lo cual concuerda con la hipótesis planteada. México no ha logrado revertir tal déficit (Figura 2), y las

importaciones provienen casi en su totalidad de Estados Unidos, como consecuencia de la integración de la industria textil de Norteamérica (Otero, 2018).

Los productores textiles locales prefieren el algodón estadounidense ya que posee un grado único estándar que se ajusta a las máquinas textiles de alta velocidad, además de que les permite cumplir con las reglas de

origen en las exportaciones. Las empresas mexicanas celebran acuerdos con proveedores estadounidenses para garantizar entregas mensuales que minimizan sus gastos (Otero, 2018).

El comportamiento de la Tasa de Penetración de las Importaciones (TPI) se ilustra en la Figura 3. De 1960 a 1985 las importaciones fueron muy bajas, la TPI para ese periodo fue de 0.5%, es decir, el consumo de la fibra se cubrió con producción nacional. En décadas recientes la situación se ha revertido, de 1986 a 2017 la TPI fue de 59.8%, lo cual implica que la mayor parte de la fibra consumida ha sido importada.

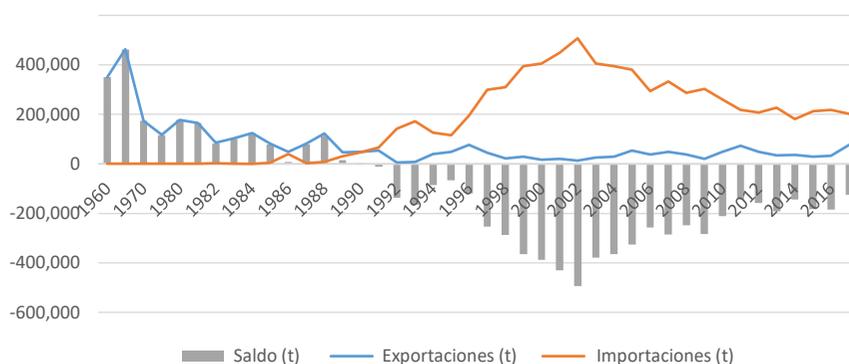


Figura 2. Importaciones y exportaciones de algodón pluma de México. Fuente: Elaborado con datos de USDA, 2019.

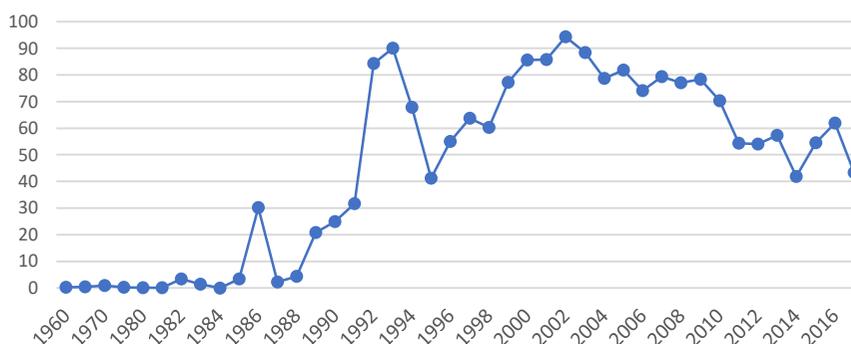


Figura 3. Tasa de penetración de las importaciones de algodón en México. Fuente: Elaborado con datos de USDA, 2019.

De 1988 a 2002 las importaciones de algodón crecieron 53.3% en promedio anualmente, siendo éste un indicador de la severa dependencia exterior de la industria textil nacional. A partir del 2002 la TPI ha ido disminuyendo, lo cual se puede atribuir a la recuperación de la producción nacional, gracias a la utilización de semillas transgénicas y a las mejores prácticas de manejo del cultivo.

En la Figura 4 se muestra el comportamiento del Coeficiente de las Exportaciones (CE). México en la década de 1960 fue exportador neto, las exportaciones de la fibra superaron en esa década el 70% de la producción. De 1960 a 1985 se exportó en promedio el 58.9% de la producción, mientras que en 1991 las importaciones superaron a las exportaciones y México se convirtió en importador neto. De 1986 a 2017 las exportaciones han representado tan sólo el 25.9% de la producción lo que refleja la pérdida de competitividad en el mercado internacional.

El comportamiento del Indicador de Transabilidad (IT) se observa en la Figura 5. Durante las décadas de 1960, 1970 y 1980 el IT fue positivo y alto, lo cual indica que el algodón era competitivo en el mercado interno y existía un exceso de oferta de fibra que podía venderse en el mercado externo. Sin embargo, el valor del coeficiente comenzó a descender hasta mostrar signos negativos en 1991, lo que implica que en México se dejaron de generar excedentes significativos para ser exportados y aunado a ello, ha existido un excedente de demanda de fibra que se ha venido cubriendo con importaciones, aludiendo pérdida de competitividad por parte del algodón local.

En la Figura 6 se ilustra el comportamiento del Índice de Lafay (IL). De 1960 a 1989 el indicador fue superior a la unidad, México fue exportador de algodón; de 1991 a 2017 el in-

dicador fue menor a la unidad expresando la pérdida de competitividad del algodón mexicano tanto en el mercado interno, como en el externo. México se convirtió en importador de fibra y, a pesar de que la producción ha crecido y las importaciones han disminuido, no se ha alcanzado la autosuficiencia en el consumo de algodón.

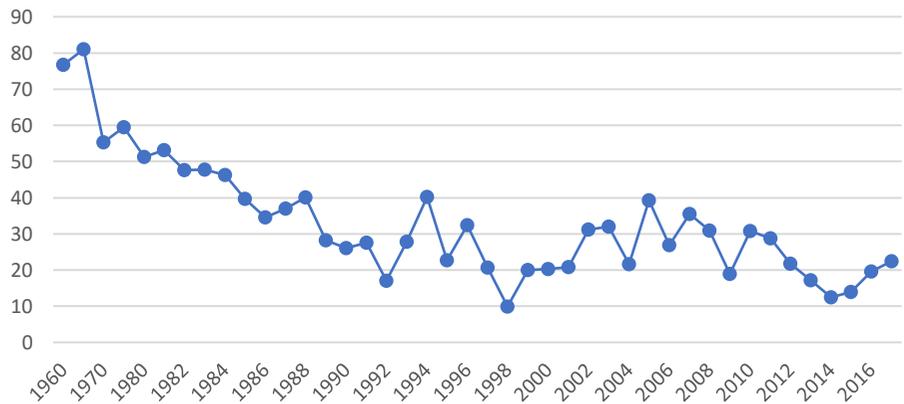


Figura 4. Coeficiente de las exportaciones de algodón en México. Fuente: Elaborado con datos de USDA, 2019.

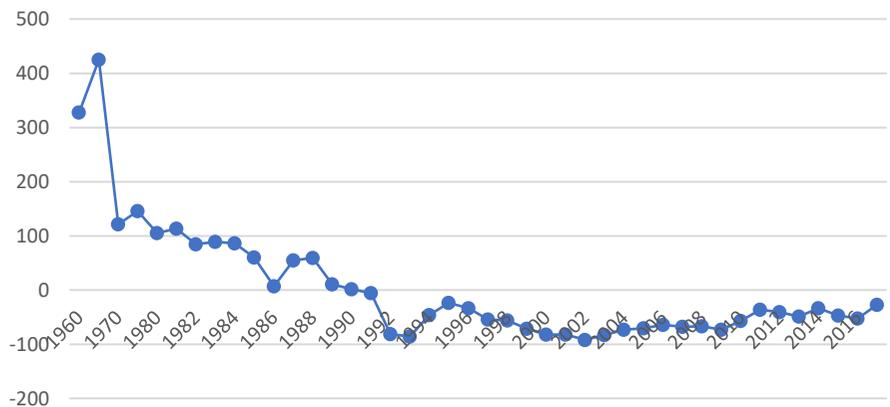


Figura 5. Índice de transabilidad del algodón en México. Fuente: Elaborado con datos de USDA, 2019.

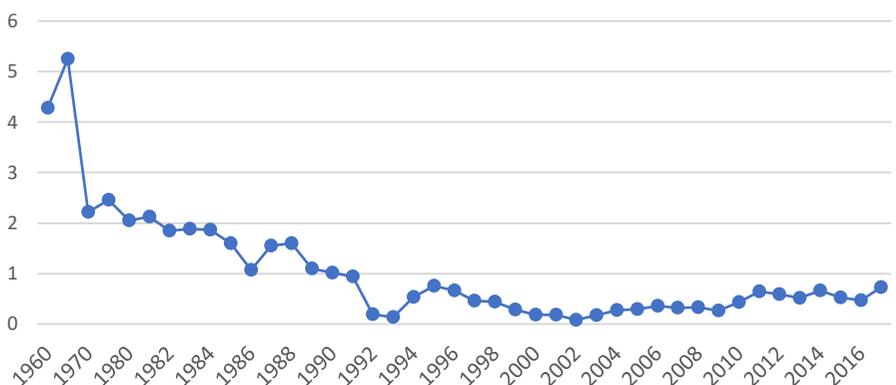


Figura 6. Índice de Lafay (IL) del algodón en México. Fuente: Elaborado con datos de USDA, 2019.

El comportamiento de la Tasa de Exposición a la Competencia Internacional (TECI) se ilustra en la Figura 7. De 1960 a 1970 la TECI fue de 72%, lo que implica que el algodón mexicano experimentó una elevada competencia en el mercado exterior a través de las exportaciones, es decir, la competencia pudo darse mediante los precios.

Sin embargo, la TECI alcanzó sus niveles más altos en 1993 y en 2002, en estos años la proporción del consumo de algodón cubierto con importaciones fue elevada, de 90 y 94% respectivamente, por lo que la producción estuvo expuesta a la influencia de los precios del algodón importado.

CONCLUSIONES

Los indicadores calculados ilustran la pérdida de competitividad del algodón mexicano en el mercado internacional, con lo que se comprueba la hipótesis de investigación; de 1960 a 1985 las importaciones tenían muy poco peso en el consumo, mientras que gran parte de la producción era exportada, el algodón era competitivo en el mercado interno y externo de acuerdo con la Tasa de Penetración de las Importaciones y el Coeficiente de las Exportaciones. De 1986 a 2017 el consumo de algodón se cubrió en gran medida con importaciones lo que indica la disminución de excedentes exportables y, por ende, de la competitividad del algodón nacional.

Lo anterior se refuerza con el Indicador de Transabilidad, que en la década de 1960 fue positivo y en décadas posteriores fue disminuyendo hasta mostrar signos negativos a partir de 1991, mostrando la pérdida de capacidad de México para generar excedentes exportables de algodón que lo hagan competitivo. El Índice Lafay muestra que México poseía ventajas comparativas en la producción de algodón de 1960 a 1989. Sin embargo, el país perdió tales ventajas a partir de 1991. La Tasa de Exposición a la Competencia Internacional (TECI) muestra que los mayores niveles de competencia que el algodón mexicano ha librado en el mercado externo han sido los años en los que el consumo de algodón se cubrió prácticamente con importaciones.

El algodón sigue siendo un cultivo estratégico al cual debería darse más atención y apoyo por la cantidad de empleo que genera y por el continuo crecimiento de la demanda de este insumo para la industria textil. Las

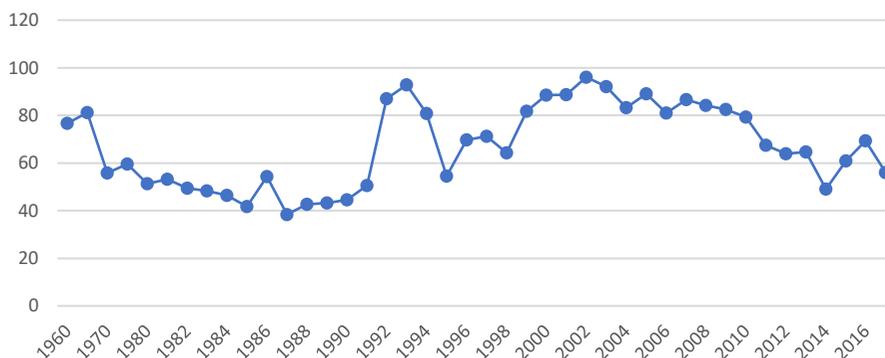


Figura 7. Tasa de exposición a la competencia internacional (TECI) del algodón mexicano. Fuente: Elaborado con datos de USDA, 2019.

zonas productoras de algodón en México presentan rendimientos que compiten con los mejores productores mundiales, pero se requiere de mayor investigación y apoyo tecnológico para poder elevar la competitividad a nivel mundial y que los precios recibidos por el productor sean rentables.

LITERATURA CITADA

Bougrine, H. (2001). Competitividad y comercio exterior. *Revista de Comercio Exterior* 51 (9): 767-762.

Contreras C., J. M. (1999). La competitividad de las exportaciones mexicanas de aguacate: un análisis cuantitativo. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 5: 393-400.

Durán L., J. E. y Álvarez, M. (2008). Indicadores de comercio exterior y política comercial: mediciones de posición y dinamismo comercial. CEPAL, Santiago de Chile. Consultado en línea el 16 de marzo de 2019 en https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3690/S2008794_es.pdf

Fernández, D. G. (2013). Indicadores de Comercio Exterior y Dinamismo Comercial Aplicación para Uruguay en el período 1997 al 2012. Banco Central de Uruguay, Uruguay. Consultado en línea el 16 de marzo de 2019 en fcea.edu.uy/Jornadas_Academicas/2013/.../Indicadores%20CE_fernandez_2013.pdf

FIRA (2016). Panorama Agroalimentario: algodón 2016. Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial. Consultado en línea el 28 de marzo de 2019 en https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200630/Panorama_Agroalimentario_Algod_n_2016-17.pdf

Juárez de Perona, H. y García, V. (2000). Indicadores de Competitividad en un contexto de Apertura e Integración. Asociación Argentina de Economía Política, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Consultado en línea el 16 de marzo de 2019 en https://aaep.org.ar/anales/pdf_00/juarez-de-perona_garcia-seffino.pdf

Lafuente, F. (2010). Aspectos del comercio exterior. Edición electrónica gratuita. Consultado en línea el 18 de marzo de 2019 en <http://www.eumed.net/libros-gratis/2010f/866/Indicadores%20de%20comercio%20exterior.htm>

OCDE- FAO (2017). Perspectivas Agrícolas 2017-2026. OCDE, Paris. Consultado en línea el 26 de marzo de 2019 en <http://www.fao.org/3/a-i7465s.pdf>

Otero, A. (2018). Mexico, cotton and products update. USDA, Estados Unidos. Consultado en línea dos de abril de 2019 en <https://>

- gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Cotton%20and%20Products%20Update_Mexico%20City_Mexico_11-30-2018.pdf
- SAGARPA (2011). Monografía de cultivos: algodón. Subsecretaría de Fomento a los Agronegocios, México. Consultado en línea el 22 de enero de 2017 en http://www.2011.economia.gob.mx/files/Monografia_Algodon.pdf
- SAGARPA (2018). Atlas Agroalimentario 2012-2018. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, México. Consultado en línea el 24 de marzo de 2019 en <https://www.gob.mx/siap/es/articulos/atlas-agroalimentario-2012-2018-la-transformacion-productiva-del-campo-mexicano?idiom=es>
- SAGARPA-FAO (2014). Análisis de la cadena de valor en la producción de algodón en México: SAGARPA-FAO, México. Consultado en línea el 18 de febrero de 2019 en www.redinnovagro.in/pdfs/algodon.pdf
- SIAP (2019). Servicio de información Agroalimentaria de Consulta, algodón hueso. Consultado en línea el 26 de febrero de 2019 en <https://www.gob.mx/siap>
- Traxler, G., y Godoy-Ávila, S. (2004). Transgenic Cotton in México. *AgBioForum* 7 (1-2): 57-62.
- USDA (2019). Production, Supply and Distribution. Base de datos consultada en línea el 23 de marzo de 2019 en <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/downloads>
- Velín, M. y Medina, P. (2011). Cálculo y análisis de indicadores sectoriales de comercio exterior para el caso ecuatoriano. *Analítika, Revista de Análisis Estadístico* 2: 3–29.



Morphological characterization of 15 grasses of *Pennisetum purpureum* species

Caracterización morfológica de 15 pastos de la especie *Pennisetum purpureum*

Maldonado-Méndez, José de Jesús¹; Guerra-Medina, Cándido Enrique¹; Ovando-Cruz, Manuel Enrique²; Valle-Mora, Francisco Javier³; Ovando-Barroso, Emanuel^{4*}; Gálvez-Marroquín, Luis Antonio²

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Rosario Izapa. Tuxtla Chico, Chiapas, México. C. P. 30870. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. ETLA, Oaxaca, México. C. P. 68200. ³El Colegio de la Frontera Sur. Tapachula, Chiapas, México. C. P. 30700. ⁴Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Texcoco, Estado de México, México. C. P. 56230.

*Autor para correspondencia: ovando.emanuel@gmail.com

ABSTRACT

Objective: To characterize the morphology of 15 accessions of pastures of the *Pennisetum purpureum* species.

Design/methodology/approach: The morphological characterization of 15 pasture accessions of the Germplasm Bank of the Rosario Izapa Experimental Field was carried out in the vegetative phase based on 28 qualitative and quantitative characters. Ten plants were used per accession. Average, minimum, maximum values and coefficient of variation for quantitative data and mode for qualitative data were determined. The average and modal database was used to perform a hierarchical cluster analysis with Gower's distance and Ward's method.

Results: The quantitative variables of the pastures presented little variability (coefficient of variation less than 25%), while the qualitative variables that presented variation were growth habit, color and shape of the stem, position, layout, shape, color and border of leaflet; color of the adaxial and abaxial rib, pubescence of foliole in the adaxial and abaxial part, position, color and pubescence of the sheath; type and color of ligule, and profil. The 15 accessions of *Pennisetum purpureum* were grouped into 2 groups, which contrast mainly with the profil and position of the leaflet.

Limitations on study/implications: For greater accuracy on the morphological diversity of the pastures, it is necessary to perform the characterization of the inflorescence and the spicule.

Findings/conclusions: *Pennisetum purpureum* accessions of the Germplasm Bank of the Rosario Izapa Experimental Field presented acceptable morphological diversity based on 28 characters.

Keywords: Hierarchical, clusters, dendrograms, analysis, diversity, pasto elefante.

RESUMEN

Objetivo: El objetivo del presente estudio fue caracterizar la morfología de 15 accesiones de pastos de la especie *Pennisetum purpureum*.

Diseño/metodología/aproximación: La caracterización morfológica de 15 accesiones de pastos del Banco de Germoplasma del Campo Experimental Rosario Izapa se realizó en la fase vegetativa con base en 28 caracteres cualitativos y cuantitativos. Se utilizaron diez plantas por accesión. Se determinó valores promedio, mínimo, máximo y coeficiente de variación para datos cuantitativos y moda para datos cualitativos. La base de datos promedio y moda se utilizó para efectuar un análisis de conglomerados jerárquico con la distancia de Gower y el método de Ward.

Agroproductividad: Vol. 12, Núm. 12, diciembre. 2019. pp: 39-46.

Recibido: junio, 2019. **Aceptado:** noviembre, 2019.



Resultados: Las variables cuantitativas de los pastos presentaron poca variabilidad (coeficiente de variación menor a 25 %), mientras las variables cualitativas que presentaron variación entre los pastos fueron hábito de crecimiento; color y forma del tallo; posición, disposición, forma, color y borde de foliolo; color de la nervadura adaxial y abaxial; pubescencia de foliolo en la parte adaxial y abaxial; posición, color y pubescencia de la vaina; tipo y color de lígula; y perfilo. Las 15 accesiones de *Pennisetum purpureum* se agruparon en 2 grupos, los cuales contrastan principalmente por el perfilo y posición del foliolo.

Limitaciones del estudio/implicaciones: Para una mayor precisión sobre la diversidad morfológica de los pastos, es necesario realizar la caracterización de la inflorescencia y espícula.

Hallazgos/conclusiones: Las accesiones de pastos *Pennisetum purpureum* del Banco de Germoplasma del Campo Experimental Rosario Izapa presentaron diversidad morfológica aceptable con base en 28 caracteres.

Palabras clave: Caracterización morfológica, *Pennisetum purpureum*, diversidad.

INTRODUCCIÓN

En México la superficie de agostadero es de 77,842,256 hectáreas (INEGI, 2017), donde pastorean 34,277,868 bovinos (SIAP, 2017), en pastos nativos, inducidos e introducidos.

La baja fertilidad de los suelos y el mal manejo de los potreros ocasionan que el rendimiento de los pastos, la carga es baja y el rendimiento por animal y por hectárea sean bajos. Para dar solución a esta situación es necesario seleccionar especies adaptadas con alto rendimiento de forraje.

Los pastos de la especie *Pennisetum purpureum* han sido objeto de interés en su mejoramiento, como el pasto merkerón napiergrass, que es un híbrido que proviene de la cruce de dos selecciones del zacate elefante (*P. purpureum* Schumach) en la Estación Experimental Costera de la Universidad de Georgia en Tifton, GA, de 1936 a 1943 (Burton, 1989). El king grass que es otro híbrido formado en la misma Estación Experimental mediante el cruzamiento interespecífico del pasto tetraploide elefante (*P. purpureum*) con la especie diploide millo perla (*P. americanus* syn. *Typhoides, glaucum*). El pasto de napier morado, pasto de Uganda o Elefante, es nativo de las planicies tropicales de África (Zimbabwe) clasificada como *P. purpureum* (Teresa et al., 2017). Del pasto Taiwan existen tres cultivares: "A-144", "A-146" y "A-148", el cultivar Taiwan A-144 es el más difundido. Del pasto maralfalfa la información que existe sobre su origen es incierto (Correa et al., 2010). El pasto cubano CT-115 fue obtenido por métodos biotecnológicos por el Instituto de Ciencia Animal (ICA) de Cuba, durante el proceso, ápices de un clon de king grass fueron propagados in vitro para inducir mutaciones genéticas. Durante la obtención de este pasto, también se obtuvieron otros clones como el pasto cubano CT-169, que fue seleccionado para corte por su altura y rápido crecimiento (Febles et al., 2007). El pasto cubano OM-22 es un híbrido de *P. purpureum* × *P. glaucum*, producto del cruzamiento entre el pasto cu-

bano CT-169 y el cultivar millo perla Tifton (Herrera, 2009). El pasto elefante (*P. purpureum*) fue reportado por Schumach en 1827, proveniente África occidental (Cavalcante y De Andrade, 2010) después de muchos años de haber sido introducido se ha naturalizado en las regiones tropicales de México.

Estos pastos, han sido preferidos por su persistencia bajo pastoreo y valor forrajero, poseen altas tasas de crecimiento resultado de su capacidad fotosintética y una eficiente asignación de carbohidratos hacia las hojas y mayor área foliar específica (Quero y Miranda, 2013). Se distinguen por ser especies amacolladas, con raíces fibrosas superficiales, tallo grueso, vaina pubescente y lámina foliar envolvente erecta, color verde con tonalidades púrpura o totalmente púrpura, y alcanzan alturas de 2.5 a 4.5 m. Produce semilla con baja o nula germinación (Brunken, 1977). Después que fueron introducidos tuvieron un proceso de adaptación natural, se encuentran desde 0 hasta 2200 m de altitud, en una amplia diversidad de suelos desde pobres hasta fértiles con excepción de suelos inundables y salinos, con topografía de laderas, hondonadas o planicies.

Esta adaptación en diferentes ecosistemas es un indicador de la diversidad genética de la especie *Pennisetum purpureum*, la cual se considera un recurso genético disponible por su valor biológico y económico (Martín, 2012). Dentro de la colección, cada accesión debe representar la variación genética de la población natural, por lo que es importante la caracterización. El objetivo del presente estudio fue caracterizar la morfología de 15 pastos de la especie *Pennisetum*

purpureum, los cuales servirán como la base para el mejoramiento genético.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó con 15 accesiones de pastos de la especie *Pennisetum purpureum* del Banco de Germoplasma de Forrajes Tropicales del Campo Experimental Rosario Izapa del INIFAP, ubicado en la Carretera Tapachula-Cacahoatán km 18, Tuxtla Chico, Chiapas, México, cuyas coordenadas geográficas son: 14° 40' 16.1" LN, 92° 42' 59.1" LO, a 435 m de altitud. Estos pastos se colectaron en Chiapas en 2015 (Cuadro 1) y en el mismo año se establecieron bajo un diseño experimental bloques al azar con cinco repeticiones.

En 2018, se realizó la caracterización morfológica de los pastos *Pennisetum purpureum*. Para ello, se utilizaron 10 plantas por cada clon y 28 caracteres morfológicos cualitativos y cuantitativos (Cuadro 2). El registro de los caracteres cuantitativos se realizó con una regla y un vernier digital marca RoHS, mientras los caracteres cualitativos se tomaron de manera visual, excepto color, que se estimó por comparación con la carta de colores Royal Horticultural Society.

Se determinó la media, mínima, máxima y coeficiente de variación de las variables cuantitativas de los pastos, y la moda para datos cualitativos. La base de datos mixtos de

la morfología de los pastos (numérico, ordinal y nominal) se analizó mediante análisis de conglomerados jerárquico con la distancia de Gower (Gower, 1971) y el método de Ward (Ward, 1963), el cual se realizó en el software R versión 3.6 (R Core Team, 2017). La distancia de Gower se obtuvo con la función Daisy del paquete Cluster y el método de Ward con la función hclust del paquete Fastcluster. La altura de corte del dendograma se determinó con base en el ancho de silueta de los grupos con la función Silhouette del paquete Cluster y la determinación de las variables que mayormente describen a los grupos se realizó con el paquete FactoClass.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Descripción morfológica de pastos de la especie *Pennisetum*

En el Cuadro 3 se presentan los valores promedio de las características cuantitativas de las 15 accesiones de pastos *Pennisetum purpureum*. La longitud y diámetro promedio del entrenudo fue 15.61 cm y 18.14 mm con coeficientes de variación de 17.65 y 23.69 %. La longitud y ancho del sexto foliolo fue 117.21 y 4.77 cm con coeficientes de variación de 13.17 y 21.56 %. El ancho de la nervadura central y abaxial fue 3.16 y 4.1 mm, los cuales presentaron coeficiente de variación de 20.78 y 13.55 %. El ancho lígula promedió 3.34 con coeficiente de variación de 12.89 %. Las variables cuantitativas descritas presentaron coeficiente de variación menor a

Cuadro 1. Accesiones de pastos *Pennisetum purpureum* recolectadas en Chiapas, México, y usadas en el presente estudio.

Acrónimo	Clon	Localidad	Latitud (N)	Longitud (O)	Altitud (m)
C169	CT 169	Huixtla	15° 08' 14.7"	92° 27' 02.0"	52
C115	CT 115	Tuzantán	15° 04' 58.3"	92° 25' 17.2"	38
KG	King grass	Huixtla	15° 09' 29.8"	92° 30' 19.8"	40
MAR	Maralfalfa	Mapastepec	15° 20' 09.9"	92° 56' 36.2"	11
MER	Merkeron	Cd. Hidalgo	14° 38' 23.6"	92° 15' 59.3"	17
NAP	Napier	Cd. Hidalgo	14° 38' 23.6"	92° 15' 59.3"	19
N1	Nativo 1	Tapachula	14° 54' 22.7"	92° 17' 10.0"	154
N2	Nativo 2	Tuzantán	15° 03' 48.6"	92° 24' 27.0"	33
N3	Nativo 3	Tuxtla Chico	14° 51' 18.3"	92° 14' 24.3"	106
N4	Nativo 4	Tuxtla Chico	14° 50' 33.8"	92° 14' 07.0"	97
N5	Nativo 5	Front. Hidalgo	14° 48' 35.0"	92° 14' 42.7"	73
N6	Nativo 6	Tuxtla Chico	14° 50' 40.7"	92° 14' 10.8"	101
O22	OM 22	Villa Comaltitlán	15° 13' 49.9"	92° 34' 37.8"	46
TAI	Taiwán	Mapastepec	15° 21' 24.7"	92° 56' 15.8"	18
TM	Taiwán morado	Cd. Hidalgo	14° 38' 40.1"	92° 14' 16.0"	15

Cuadro 2. Caracteres morfológicos utilizados para el estudio de caracterización de pastos *Pennisetum purpureum*.

	Carácter	Código	Estado de caracter
Planta			
1	Habito de crecimiento	HC	1) Erecto, 2) Erecto a extendido
Tallo			
2	Color de tallo	CT	1) Amarillo Claro, 2) Amarillo, 3) Verde Claro, 4) Púrpura
3	Forma del tallo	FT	1) Oval, 2) Semi oval
4	Cera en tallo	CET	1) Ausente, 2) Presente
5	Longitud del 5° entrenudo	LE	Cm
6	Diámetro del 5° entrenudo	DE	Cm
7	Convexión en el tallo a lado de la innovación	CTI	1) Ausente, 2) Presente
Hoja			
8	Posición del foliolo	PF	1) Erecto, 2) Abierto
9	Disposición del foliolo	DF	1) Opuesto, 2) Alterno
10	Forma del foliolo	FF	1) Semi-elíptica, 2) Elíptica
11	Longitud del 6° foliolo	LF	Cm
12	Ancho del 6° foliolo	AF	Cm
13	Color del foliolo	CF	1) Verde claro, 2) Verde, 3) Púrpura
14	Ancho de la nervadura central	ANC	Mm
15	Ancho de la nervadura abaxial	ANAB	Mm
16	Color de la nervadura adaxial	CAD	1) Crema, 2) Púrpura
17	Color de la nervadura abaxial	CAB	1) Crema, 2) Verde claro, 3) Verde, 4) Púrpura
18	Forma del borde del foliolo	FBF	1) Semi aserrado, 2) Aserrado, 3) Dentado
19	Pubescencia adaxial	PAD	1) Ausente o muy débil, 2) Débil, 3) Media, 4) Fuerte, 5) Muy fuerte
20	Pubescencia abaxial	PAB	1) Ausente o muy débil, 2) Débil, 3) Media, 4) Fuerte, 5) Muy fuerte
Vaina			
21	Posición de la vaina	PV	1) Baja, 2) Media, 3) Alta, 4) Muy alta, 5) Envuelve completamente al tallo
22	Color de la vaina	CV	1) Amarillo claro, 2) Verde claro, 3) Púrpura
23	Pubescencia en la vaina	PUV	1) Ausente o muy débil, 2) Débil, 3) Media, 4) Fuerte, 5) Muy fuerte
Lígula			
24	Tipo de lígula	TL	1) Pilosa, 2) Membranosa
25	Color de lígula	CL	1) Crema, 2) Café
26	Ancho de lígula	AL	Mm
Perfil			
27	Perfil	P	1) Ausente, 2) Presente
Renuevos			
28	Tipo de renuevos	TI	1) Intravaginal, 2) Extravaginal

25 %, lo cual sugiere que los pastos pueden tener poca variabilidad para estos caracteres.

En el Cuadro 4 se presenta la moda de las variables cualitativas de los pastos *Pennisetum purpureum*. Estos presentaron hábito de crecimiento erecto (86.67 % de las accesiones) y erecto a extendido (13.33 %). El tallo fue amarillo claro (46.67 %), amarillo (13.33 %), verde claro (26.67 %) y púrpura (13.33 %), de forma oval (80 %) y

semi oval (20 %). La forma del foliolo fue semi elíptica (86.67 %) y elíptica (13.33 %), de color verde claro (46.67 %), verde (46.67 %) y púrpura (6.67 %), con bordes semi aserrado (6.67 %), aserrado (53.33 %) y dentado (40 %). Los foliolos fueron erectos (20 %) y abiertos (80 %), dispuestos de forma opuesta (6.67 %) y alterna (93.33 %). El color de la nervadura adaxial fue color crema (86.67 %) y morado (13.33 %), mientras la nervadura abaxial fue crema (6.67 %), verde claro (46.67 %), verde

Cuadro 3. Características cuantitativas de 15 accesiones de pastos de la especie *Pennisetum purpureum* en Chiapas, México.

CLON	LE	DE	LF	AF	ANC	AL	ANAB
C115	14.80	19.50	129.10	6.10	3.90	2.50	4.40
C169	17.40	18.60	120.60	5.60	3.30	3.40	3.90
KG	14.80	24.10	117.30	6.20	3.70	2.70	4.30
MAR	17.90	17.60	128.40	5.00	3.10	3.90	4.00
MER	19.60	21.10	126.80	5.30	2.80	3.40	3.40
N1	18.70	12.40	84.80	3.00	2.20	3.40	3.00
N2	12.40	22.60	118.80	5.10	3.50	3.20	4.30
N3	12.30	15.30	101.80	3.30	2.80	3.80	3.70
N4	13.20	12.20	107.20	3.50	2.70	4.10	3.80
N5	19.90	23.12	103.30	5.50	4.40	3.20	4.60
N6	11.10	9.20	107.10	3.50	3.00	3.50	3.40
NAP	14.20	20.80	117.20	4.70	3.40	3.40	4.90
O22	15.90	18.60	128.30	5.60	3.60	3.00	4.60
TAI	14.80	19.40	151.20	4.80	1.80	3.60	4.70
TM	17.20	17.70	116.30	4.40	3.20	3.00	4.50
PROMEDIO	15.61	18.15	117.21	4.77	3.16	3.34	4.10
MÍNIMO	11.10	9.20	84.80	3.00	1.80	2.50	3.00
MÁXIMO	19.90	24.10	151.20	6.20	4.40	4.10	4.90
CV	17.65	23.69	13.17	21.56	20.78	12.89	13.55

LE=longitud de entrenudo, cm; DE=diámetro de entrenudo, mm; LF=longitud de foliolo, cm; AF=Ancho de foliolo, cm; ANC=Ancho de la nervadura central, mm; AL=Ancho de ligula, mm; y ANAB=Ancho de nervadura abaxial, mm; CV=Coefficiente de variación, %.

(40 %) y púrpura (6.67 %). La pubescencia adaxial fue débil (20 %), media (26.67 %) y fuerte (53.33 %), mientras en la parte abaxial fue ausente o muy débil (80 %) y débil (20 %). La posición de la vaina fue media (6.67 %), alta (60 %), muy alta (26.67 %) y envuelve completamente al tallo (6.67 %), de color amarillo claro (13.33 %), verde claro (73.34 %) y púrpura (13.33 %), con pubescencia ausente o muy débil (6.67 %), débil (20 %), media (20 %) y fuerte (53.33 %). La ligula fue pilosa (93.33 %) y membranosa (6.67 %), de color crema (80 %) y café (20 %). La mayoría de los pastos no presentaron perfilo (73.33 %), mientras el resto presentó esta característica (26.67 %). Las similitudes en caracteres cualitativos fueron cera en el tallo (presente), convexión en el tallo a lado de la innovación (presente) y tipo de innovación (intravaginal).

En Cuba durante el periodo lluvioso, el pasto King grass presentó diámetro de tallo de 1.4 cm, distancia de entrenudo de 20 cm, longitud y ancho de limbo de 113 cm y 3.5 cm, el pasto cuba CT-115 alcanzó diámetro de tallo de 1.3 cm, distancia de entrenudo de 16 cm, longi-

tud y ancho de limbo de 108 y 2.0 cm, y el pasto cuba CT-169 obtuvo diámetro de tallo de 1.5 cm, distancia de entrenudo de 17.7 cm, longitud y ancho de limbo de 124 y 4.4. cm (Flebes et al., 2007). Estos resultados varían poco con respecto al presente estudio. Sin embargo, la variación puede ser debida a las condiciones climáticas (Daher, 1993).

Análisis de conglomerados jerárquico

En la Figura 1 se muestra el dendograma de 15 accesiones de pastos *Pennisetum purpureum*, generado con las distancias de la métrica de Gower de 25 variables mixtas y el método de Ward. Con base en el criterio dado por Kaufman y Rousseeuw (1990), el cual define como número de conglomerados adecuado, aquel que presente el mayor ancho de silueta, se eligió 2 clúster por presentar el valor máximo de ancho de silueta (Figura 2). El primer grupo está conformado por 26.66 % de los pastos, los cuales son Nativo 3 (8), Nativo 4 (9), Nativo 5 (10) y Nativo 6 (11). Mientras el segundo grupo aglomero 73.33 % de los clones, los cuales son CT-115 (1), CT-169

Cuadro 4. Características morfológicas de 15 clones de pastos de la especie *Pennisetum purpureum*.

Caracter	C115	C169	KG	MAR	MER	N1	N2	N3	N4	N5	N6	NAP	O22	TAI	TM
HC	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1
CT	2	1	1	1	1	3	3	1	3	1	1	4	2	3	4
FT	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1
CET	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
CTI	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
PF	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	2	2
DF	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2
FF	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1
CF	1	1	2	1	2	1	1	2	2	2	2	2	1	1	3
CAD	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2
CAB	2	2	1	2	2	3	2	3	3	3	3	4	2	2	3
FBF	1	2	2	2	2	3	2	3	3	3	3	2	2	2	3
PAD	4	4	4	4	2	3	4	3	2	4	3	4	4	3	2
PAB	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1
PV	4	2	3	2	3	2	2	2	2	1	2	3	2	2	3
CV	1	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	3
PUV	4	4	4	4	4	3	4	3	2	3	2	2	4	4	1
TL	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1
CL	1	2	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
P	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1
TI	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

HC=habito de crecimiento, CT=color de tallo, FT=forma del tallo, CET=cera en el tallo, CTI=conexión del tallo al lado de la innovación, PF=posición de folio, DF=disposición de foliolo, FF=forma de foliolo, CF=Color de foliolo, CAD=color de la nervadura adaxial, CAB=color de la nervadura abaxial, FBF=forma del borde del foliolo, PAD, pubescencia adaxial, PAB=pubescencia abaxial, PV=posición de la vaina, CV=color de la vaina, PUV=pubescencia de la vaina, TL=tipo de ligula, CL=color de ligula, P=perfilo y TI=tipo de innovación.

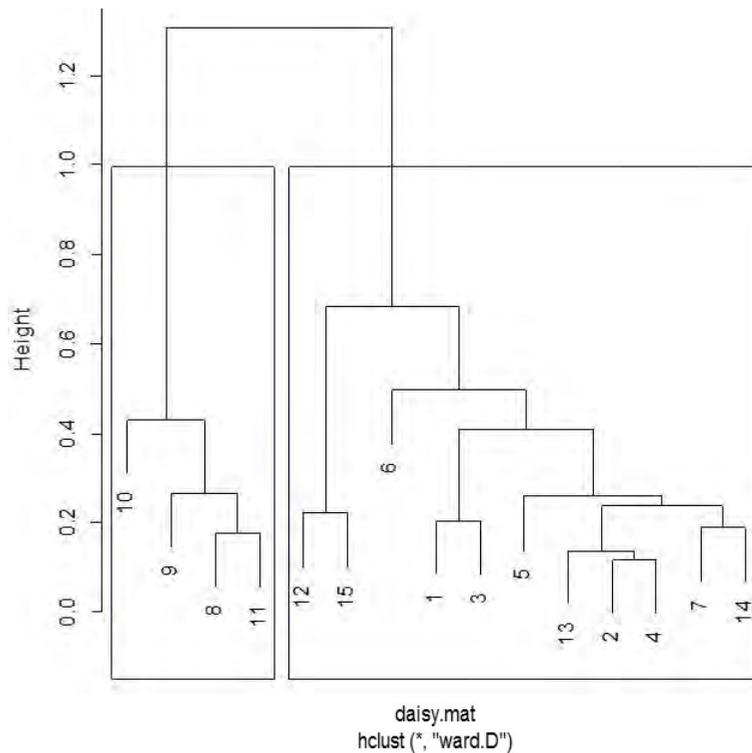


Figura 1. Dendrograma de 15 clones de pasto de la especie *Pennisetum purpureum*, construido mediante el algoritmo jerárquico acumulativo de Ward y distancias de Gower de 25 variables morfológicas.

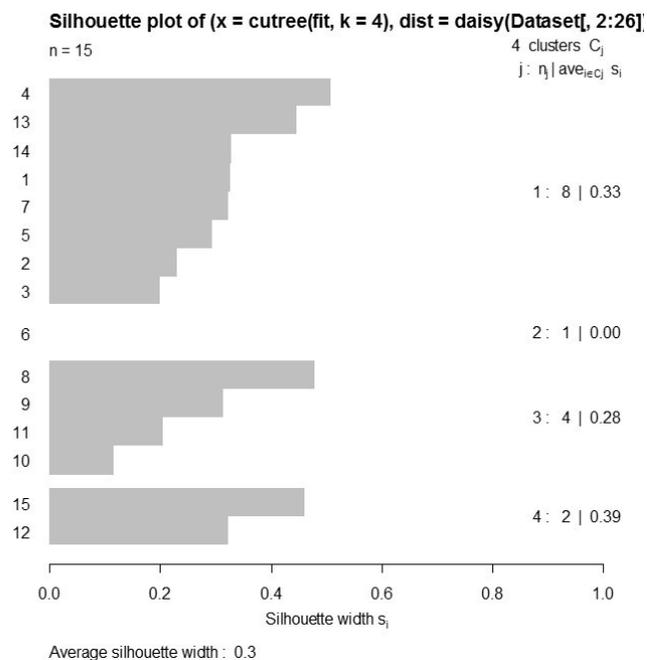
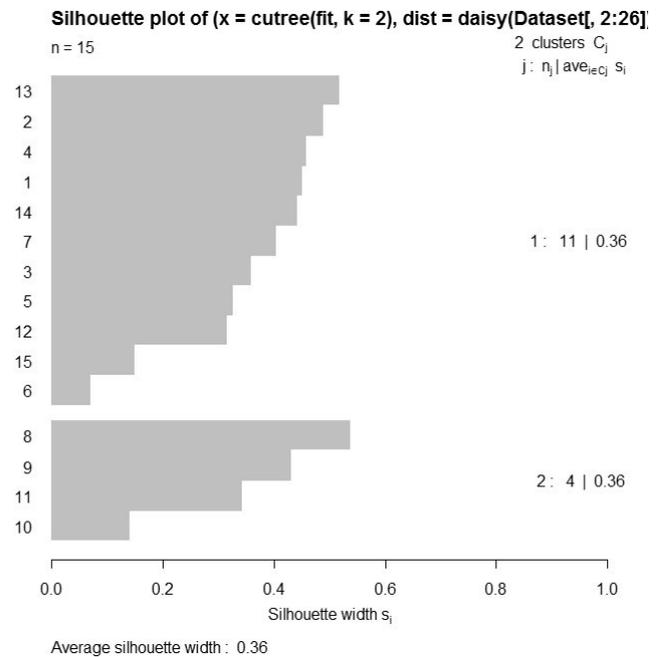
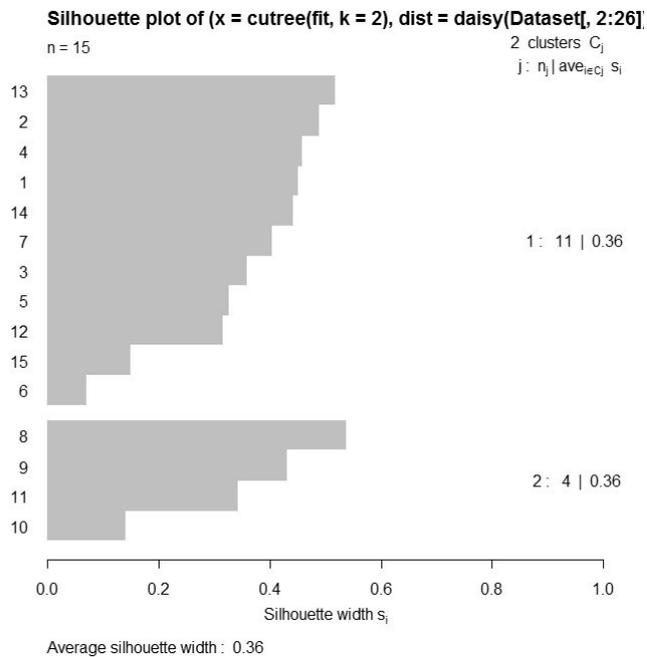


Figura 2. Gráficos de silueta para la clasificación jerárquica aglomerativa con el método de Ward base de datos mixtos de caracteres morfológicos de 15 clones de pasto de la especie *Pennisetum purpureum* establecidas en Chiapas, México.

(2), King grass (3), Maralfalfa (4), Merkeron (5), Nativo 1 (6), Nativo 2 (7), Napier (12), OM-22 (13), Taiwán (14) y Taiwán morado (15).

Con base en el análisis de caracterización de las clases, 12 caracteres contribuyeron para el establecimiento de diferencias entre las clases (seis caracteres cualitativos y seis caracteres cuantitativos). La descripción de las clases queda de la siguiente manera:

Clase 1: Este grupo de pastos se caracteriza por presentar longitud y diámetro de entrenudos de 14.3 y 1.5 cm, de

manera respectiva. Foliolos con una longitud promedio de 104.85 cm y ancho de 3.95 cm, de color verde con bordes dentados, erectos (75 %) y abierto (25 %). Nervadura abaxial color verde de 0.39 mm de ancho. Lígulas de 0.37 mm de ancho, pubescencia de vaina débil (50 %) y media (50 %) y se distingue por presentar perfiles.

Clase 2: Este grupo de pastos se caracteriza por presentar longitud y diámetro de entrenudos de 16.15 y 1.93 cm, de manera respectiva. Foliolos con una longitud promedio de 121.71 cm y ancho de 5.07 cm, de color verde claro (63.6 %), verde (27.3 %) y púrpura (9.1 %), con bordes semiaserrado (9.1 %), aserrado (18.2 %) y dentado (72.7 %), cuya posición es abierta. Nervadura abaxial color crema (9.1 %), púrpura (9.1 %), verde (18.2 %) y verde claro (63.63 %) de 0.42 mm de ancho. Lígulas de 0.32 mm de ancho, con diferente grado de pubescencia (ausente, 9.1 %; débil, 9.1 %; media, 9.1 %; y fuerte, 72.72 %) y contrasta de la clase 1 por la ausencia de perfil.

Tapia (2003) indica que mediante el análisis multivariado utilizando la distancia de Gower y el agrupamiento

jerárquico de Ward, es posible asumir que dos accesiones son idénticas morfológicamente si la distancia entre estas es igual a 0. En este sentido, se puede asumir que no existen accesiones duplicadas en el Banco de Germoplasma de Pastos *Pennisetum* del Campo Experimental Rosario Izapa del INIFAP. Sin embargo, para mayor precisión del presente estudio sería útil estudiar la morfología de las inflorescencias y espícula, lo cual ha permitido distinguir clones de *Pennisetum purpureum* (Febles *et al.*, 2007), así como realizar la caracterización molecular las accesiones.

CONCLUSIONES

Las accesiones de pastos *Pennisetum purpureum* del Banco de Germoplasma del Campo Experimental Rosario Izapa presentaron diversidad morfológica aceptable con base en 28 caracteres. Estos recursos fitogenéticos son importantes para su conservación y uso en programas de mejoramiento genético para el desarrollo de nuevos clones por hibridación.

LITERATURA CITADA

- Brunken, J. A. (1977). Systematic survey of *Pennisetum* sect. *Pennisetum* (Gramineae). *American Journal of Botany*, 64(2):161-176.
- Burton, G. W. (1989). Registration of 'Merkeron' Napier grass. *Crop Sci.* 29, 1327. file:///F:/LITERATURA%20P%20ARTICULO/_www_data_drupal8_cache_publications_abstract-preview-pdf_cs-29-5-CS0290051327a-preview%20Merkeron.pdf
- Cavalcante, M. y De Andrade L. M. (2010). Variabilidad genética em *Pennisetum purpureum* Schumacher. *Revista Caatinga* 23 (2): 153-163.
- Correa, C. H. J., Arroyave, H., Henao, Y., López, A. y Cerón, J. M. (2010). Pasto Maralfalfa: mitos y realidades. IV seminario internacional Competitividad en carne y leche. Cooperativa COLANTA. Medellín, Colombia.
- Daher, R. (1993). Diversidade morfológica e isoenzimática de Capim elefante (*Pennisetum purpureum*). Vicosa UFV, Tesis de Maestría. 110 p.
- Febles, G.; Suárez, X., Herrera, R. S. y Martínez, R. O. (2007). Caracterización botánica de clones de king grass (*Pennisetum purpureum*). Empleo de descriptores morfológicos. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 41(4): 385-390.
- Gower, J. C. (1971). A general coefficient of similarity and some of its properties. *Biometrics*, 27: 857-874.
- Herrera, R. S. (2009). Mejoramiento de *Pennisetum purpureum* en Cuba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 43 (4): 344-349.
- INEGI. (2017). Encuesta Nacional Agropecuaria 2017. Minimonografía. Resultados generales. https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/ena/2017/doc/mini_ena17.pdf
- Kaufman, L. and Rousseeuw, P. J. (1990). Finding groups in Data: An introduction to Cluster Analysis. Wiley, New York.
- Martín, M. I. (2012). Conservación de recursos fitogenéticos. Centro de Recursos Fitogenéticos Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Disponible en: http://www.esporus.org/recursos/articles/agrobiodiversitat/conservacion_rec_fitog_isaura_martin.pdf
- Quero-Carrillo, A. R., Villanueva-Avalos, J. F., Enríquez-Quiroz, J. F., Morales-Nieto, C. R., Bolaños-Aguilar, E. D., Castillo-Huchim, J., Maldonado-Méndez, J. J. y Herrera-Cedano, F. (2012). Manual de evaluación de recursos genéticos de gramíneas y leguminosas forrajeras. INIFAP-CIRPAC. Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Folleto Técnico Núm. 22. Santiago Ixcuintla, Nayarit, México. 41 p.
- Quero, C. A. R. y Miranda, J. L. (2013). Gramíneas forrajeras nativas de México. Recolección y aprovechamiento sistemático. En A. R. Quero-Carrillo. (Ed), Gramíneas Introducidas: Importancia e impacto en ecosistemas ganaderos (pp. 1-23). Colegio de Postgraduados Montecillo, Texcoco, Estado de México.
- R Core Team. (2017). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- SIAP. 2017. Bovino carne y leche Población ganadera. 2008 – 2017. Cabezas. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/412562/Bovino__2017.pdf
- Tapia, C. (2003). Caso 3. Análisis de la variabilidad genética de jícama. En T. L. Franco e R. Hidalgo (Eds), Análisis Estadístico de Datos de Caracterización Morfológica de Recursos Fitogenéticos (pp. 50-55). Boletín técnico no. 8, Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), Cali, Colombia.
- Teresa, N. A., Teshome A., Kumar A., Hanson, J. and Jones Ch. S. (2017). Opportunities for Napier grass (*Pennisetum purpureum*) improvement using molecular genetics. *Agronomy*, 7(2), 28. <https://doi.org/10.3390/agronomy7020028>
- Ward, J. H. (1963). Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of the American Statistical Association*, 58: 236-244.



Mexican lime (*Citrus aurantifolia* (Christm) Swingle) response to two types of fertilization in a container production system

Respuesta de limón mexicano (*Citrus aurantifolia* (Christm) Swingle) a dos tipos de fertilización en un sistema de producción en contenedores

García-Preciado, José C.^{1*}; Carrillo-Medrano, Silvia H.¹; Robles-González, Marciano M.¹;
Guzmán-Martínez, María²; Chávez-Cernas, Oscar A.³

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Tecomán. Tecomán, Colima, México. C. P. 28100. ²Universidad Autónoma de Guerrero, Facultad de Matemáticas. Chilpancingo, Guerrero, México. C. P. 39087. ³Universidad de Colima. Tecomán, Colima, México. C. P. 28040.

*Autor de correspondencia: garcia.concepcion@inifap.gob.mx

ABSTRACT

Objective: To evaluate the growth response of two varieties of Mexican lemon [*Citrus aurantifolia* (Christm) Swingle] using two types of fertilization, in a container production system.

Design/methodology/approach: The work was established on the grounds of the Tecomán Experimental Field of INIFAP in 2018, using the varieties of Mexican lime 'Lise' and 'Colimex' established in polypropylene containers. The substrate was loamy sandy soil with coconut powder and two types of fertilization were added: fertilization one, 2-1-1 ratio of nitrogen, phosphorus and potassium respectively and fertilization two, based on the extraction of nutrients from the fruit. Seven months after the transplant, response variables were recorded: stem diameter of the rootstock (DTP), full height of the plant (ACP), equatorial diameter of the crown (DEC) and root volume (VR). Mean comparisons were made between the management factors used (variety-fertilization) and their interactions with the response variables, using a completely randomized experimental design with 15 replicates per treatment.

Results: growth variables (DTP, ACP, DEC and VR) of Mexican lime 'Lise' and 'Colimex' in juvenile stage obtained the best response using fertilization based on the extraction of nutrients from the fruit. The 'Lise' variety generated higher ACP and 'Colimex' developed greater growth in the rest of the response variables analyzed.

Limitations of the study/implications: Continue with the evaluation to determine the effect of the factors on the production and quality of the fruit.

Findings/conclusions: the varieties of Mexican lime 'Lise' and 'Colimex' showed good growth in containers. Fertilization based on the extraction of nutrients from the fruit exceeded the 2-1-1 ratio of nitrogen, phosphorus and potassium respectively.

Keywords: containers production, *Citrus aurantifolia*, fertilization.

RESUMEN

Objetivo: Evaluar la respuesta del crecimiento en dos variedades de limón mexicano [*Citrus aurantifolia* (Christm) Swingle] utilizando dos tipos de fertilización, en un sistema de producción en contenedores.

Diseño/metodología/aproximación: El trabajo se estableció en terrenos del Campo Experimental Tecomán del INIFAP en el año 2018, utilizando las variedades de limón mexicano 'Lise' y 'Colimex' establecidas en contenedores de polipropileno. El sustrato fue suelo franco-arenoso con polvillo de coco y se añadieron dos tipos de fertilizaciones: fertilización uno, proporción 2-1-1 de nitrógeno, fósforo y potasio respectivamente y fertilización dos, en base a la extracción de nutrimentos del fruto. Siete meses después del trasplante se registraron variables de respuesta: diámetro de tallo del portainjerto (DTP), altura completa de la planta (ACP), diámetro ecuatorial de la copa (DEC) y volumen de raíz (VR). Se realizaron comparaciones de medias entre los factores de manejo utilizados (variedad-fertilización) y sus interacciones con las variables de respuesta, mediante un diseño experimental completamente aleatorizado con 15 réplicas por tratamiento.

Resultados: Variables de crecimiento (DTP, ACP, DEC y VR) de limón mexicano 'Lise' y 'Colimex' en etapa juvenil obtuvieron la mejor respuesta utilizando la fertilización en base a la extracción de nutrimentos del fruto. La variedad 'Lise' generó mayor ACP y 'Colimex' desarrolló mayor crecimiento en el resto de variables de respuesta analizadas.

Limitaciones del estudio/implicaciones: La investigación se centró en variables de crecimiento y no se abordaron variables de producción y calidad de la fruta.

Hallazgos/conclusiones: Las variedades de limón mexicano 'Lise' y 'Colimex' mostraron buen crecimiento en contenedores. La fertilización en base a la extracción de nutrimentos del fruto superó a la proporción 2-1-1 de nitrógeno, fósforo y potasio respectivamente.

Palabras clave: producción en contenedores, *Citrus aurantifolia*, fertilización.

rios impactos ambientales (Lazzerini *et al.*, 2014). El sustrato utilizado en producciones en macetas, constituye fundamentalmente el éxito para la obtención de volumen y calidad del producto esperado, pudiéndose utilizar tanto fuentes orgánicas como inorgánicas (Cabrera, 1998; Cabrera, 1999; García *et al.*, 2001; Vargas *et al.*, 2008; Crespo *et al.*, 2013; Escamilla *et al.*, 2018). Diversos estudios han propuesto utilizar subproductos orgánicos agroindustriales de manufactura local para la producción en macetas y la mejora de suelos agrícolas (Vargas *et al.*, 2008; Boldrin *et al.*, 2009; Iñiguez *et al.*, 2011; Mukherjee y Lal, 2013; López *et al.*, 2013). En limón mexicano [*Citrus aurantifolia* (Christm) Swingle], se tienen propuestas para la producción de dicho cultivo bajo condiciones protegidas (Manzanilla *et al.*, 2013), el cual contempla el uso de contenedores plásticos y subproductos locales para utilizarse como sustratos (García *et al.*, 2014a; García *et al.*, 2014b). Tales innovaciones tecnológicas han surgido para contrarrestar circunstancias adversas que enfrenta el cultivo por la epidemia del Huanglongbing (HLB) (Robles *et al.*, 2018). Respecto a las condiciones edáficas prevalentes en suelos cultivados con limón mexicano, se presentan estudios donde las características prevalentes son niveles de pH superiores a 7.0, presencia de CaCO_3 y bajos contenidos de materia orgánica (Maldonado *et al.*, 2001; Pérez-Zamora, 2002). Otro estudio realizado en 11 países productores de cítricos ha descrito que la eficiencia de fertilizantes nitrogenados y agua para riego, aun no alcanza niveles adecuados, por lo que es necesario realizar investigaciones dirigidas a técnicas para lograr mayor precisión de manejo en tales componentes

INTRODUCCIÓN

Frente a los retos de aumentar la productividad y competitividad en los sistemas agrícolas debido a la creciente demanda global alimentaria (Rojas y Ortuño, 2007), se ha optado por establecer sistemas intensivos de producción de alimentos que contemplan el uso de contenedores plásticos (macetas), con el afán de maximizar producciones en superficies menores y tener mayor control de algunos componentes como la nutrición y el riego. En horticultura las macetas de plástico son ampliamente utilizadas por su bajo costo, durabilidad y versatilidad (Kruger *et al.*, 2018). Dicho sistema de producción, también representa una gran oportunidad para mitigar las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera; siempre y cuando se utilicen materiales biodegradables para la construcción de macetas, además se empleen sustratos sustitutos a la turba como el compost, estiércoles y residuos agroindustriales (Kruger *et al.*, 2018), debido a que la utilización de la turba y macetas de plástico generan se-

(Qina et al., 2016). Por las características de los sistemas de producción en macetas, algunos componentes de manejo como el riego y la nutrición se optimizan (Heins y Yelanich, 2013). En producción en suelo, el uso de fertilizantes de lenta liberación representa una alternativa (Salmiaton y Firoozeh, 2015) como método para aumentar la eficiencia de recuperación de los nutrientes contenidos en las plantas (Castro-Luna et al., 2006). La lenta liberación se basa en la utilización de partículas de arcilla, polímeros, sílice y materiales basados en carbono (Guo et al., 2018), que actúan como recubrimiento físico del compuesto mineral, para liberarlo en proporciones lentas o controladas. En producción de cítricos, utilizando niveles adecuados de agua para riego junto con fertirriego mineral-orgánico se incrementa significativamente el crecimiento, la calidad y la producción (Holzapfel et al., 2001). Respecto a la producción de limón mexicano, se ha demostrado que con nutrición y riego eficiente las plantas infectadas con HLB muestran menores síntomas de severidad foliar y generan buenos rendimientos (Gómez et al., 2013; Robles et al., 2017). En búsqueda de nuevas alternativas que planteen hacer más eficiente el manejo del riego y nutrición del limón mexicano, este trabajo tuvo como objetivo evaluar la respuesta del crecimiento de la parte aérea y raíz en dos variedades de limón mexicano utilizando dos tipos de fertilización, en un sistema de producción en contenedores.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en los terrenos del Campo Experimental Tecomán, Colima, México, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP); localizado a 18° 57' 55.95" N y 103° 50' 37.45" O, a 62 metros de altura sobre el nivel del mar. El clima que predomina es cálido semiseco (BS₁), con un promedio acumulado de 900 mm de precipitación (Normales climáticas periodo 2007-2017, Estación: INIFAP-Colima). Para el establecimiento del experimento se utilizaron plantas de limón mexicano de las variedades 'Lise' y 'Colimex', las cuales se injertaron sobre el portainjerto *C. macrophylla* a una altura de 25 centímetros. Transcurridos tres meses en vivero, se trasplantaron en contenedores de polipropileno reciclado (color negro), con capacidad para 20 galones y se colocaron a una distancia de 2×3 metros, a campo abierto. Para la elaboración del sustrato se utilizó suelo franco-arenoso proveniente de rivera de río, el cual regularmente es utilizado por viveros cítricos locales para la producción de plántulas, también se utilizó polvillo de coco obtenido de una empresa local. El suelo y polvillo se combinaron en proporciones

volumétricas semejantes (50:50) para la obtención final del sustrato. Respecto al manejo nutricional, la primera fertilización (F-1) fue la sugerida para árboles de limón mexicano en la región, que consistió en la proporción: 2-1-1 de nitrógeno, fósforo y potasio respectivamente (Medina et al., 2001), y adicionalmente se incorporaron microelementos. Las aplicaciones de fertilizantes para la F-1 se realizaron a los seis y 64 días después del trasplante, empleándose por aplicación: 25.0, 12.5, 12.5 y 1.0 en gramos/planta de urea, superfosfato triple, sulfato de potasio y microelementos respectivamente. A partir del quinto mes la F-1 continuó adicionando la proporción 2-1-1 más microelementos (51 gramos/planta) de manera mensual. El segundo tipo de fertilización (F-2) se estableció como una propuesta para el sistema de producción en contenedores, y consistió primeramente en aplicar 200 gramos/planta de fertilizante de lenta liberación (FLL) Multicote[®] Agri-4", esto fue a los seis días después del trasplante; a partir del mes cinco, por planta se adicionaron quincenalmente tres soluciones nutritivas disueltas en 500 mL de agua cada una, abonos minerales y orgánicos. La solución nutritiva (SN) uno de la F-2 consistió en la aplicación de urea, fosfato monopotásico y sulfato de potasio en dosis de 0.9, 1.6, 2.6 gramos/planta respectivamente; la SN dos fue sulfato de magnesio (2.1 gramos/planta), microelementos (0.3 gramos/planta) y 0.5 gramos de ácidos fúlvicos y húmicos; la SN tres fue nitrato de calcio (1.3 gramos/planta). La F-2 se estimó tomando como referencia la extracción de nutrientes (EN) por tonelada de fruta para limón mexicano (Maldonado et al., 2001); y para calcular la demanda de nutrientes de la planta entera (DNPE), se estimó una producción en biomasa (PB) de 25 t ha⁻¹, empleando la siguiente ecuación:

$$DNPE = (EN * PB)$$

Después, se calcularon las necesidades nutricionales en kg/planta/año con la siguiente fórmula:

$$(DNPE / NPH) * 2$$

Donde *NPH* es el número de plantas por hectárea (1,660) y "2" es el valor otorgado para compensar la eficiencia de recuperación de los fertilizantes. Finalmente se calcularon los requerimientos nutricionales en gramos/árbol/año para después trasladarlos a gramos por quincena. Los fertilizantes empleados en la F-1, así como el FLL de la F-2, se enterraron realizando un hoyo de 5 cm de profundidad en torno al área del cepellón.

Los riegos se efectuaron tres días por semana utilizando un emisor auto-compensado con un gasto de 4 L h⁻¹, y se adicionó un promedio de 4.2 L de agua por planta semanalmente.

La distribución del experimento fue a campo abierto con un diseño completamente aleatorizado y 15 réplicas por componente de manejo utilizado (variedad-fertilización). Para determinar los efectos de tales componentes se registraron las siguientes variables de respuesta: diámetro de tallo del portainjerto (DTP), altura completa de la planta (ACP), diámetro ecuatorial de la copa (DEC) y volumen de raíz (VR). Para calcular el VR se extrajeron diez plantas del contenedor y se registró el crecimiento de la raíz mediante la siguiente estimación: asumiendo que la distribución radicular tiene una forma semiesférica se utilizó la siguiente formula:

$$VR = (4 / 6) \cdot \pi \cdot DPR \cdot \left(\frac{DER}{2}\right)^2$$

(Pérez-Zamora, 2002). Donde el DPR es diámetro polar de la raíz y DER es el diámetro ecuatorial de la raíz. Las variables de respuesta fueron registradas a los siete meses después de realizada la plantación; en dicho periodo el total de los árboles emitieron brotes florales, por lo que concluyó el periodo juvenil e iniciaron el productivo. Los análisis estadísticos se efectuaron mediante comparaciones de medias por variable de respuesta entre los componentes de manejo; utilizando la prueba estadística Tukey, $\alpha=0.05$ con la herramienta R-Studio (R Core Team, 2018).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el diámetro de tallo del portainjerto (DTP) en ninguna de las variedades se obtuvieron diferencias estadísticas, así como en ningún tipo de fertilización (Cuadro 1). Datos similares se encontraron al evaluar dos tipos de suelo, a los que se les incorporaron sustratos orgáni-

cos en proporciones semejantes, habiendo nulo efecto de los tratamientos sobre el desarrollo del diámetro basal en plantas de capirona *Calycophyllum spruceanum* (Benth.) (Abanto et al., 2016). Otro estudio realizado durante dos años, demuestra que no existieron diferencias estadísticas en crecimiento del DTP y del injerto en *C. clementina* entre tratamientos utilizando FLL y fertirriego (Rever y Sofer, 2014). Utilizando los valores del promedio de fertilización, es decir, la información que se obtuvo de ambas variedades, se tienen diferencias estadísticas en DTP empleando la F-2 respecto a la F-1 (Cuadro 1). Escamilla et al. (2015) analizaron el efecto de tres FLL sobre el diámetro de tallo en plántulas de teca (*Tectona grandis*), percatándose de un incremento significativo respecto al testigo; igualmente obtuvieron diferencias importantes entre diversos tratamientos de fertilizantes de lenta liberación.

Para la altura completa de la planta (ACP) la variedad 'Lise' fue mayor que 'Colimex'. Durante la etapa de crecimiento de la variedad 'Lise', las ramas presentan desarrollo erecto y una fuerte dominancia apical (Manzanilla et al., 2015). Por ello dicha variedad obtuvo mayor ACP. Al evaluar el efecto de los fertilizantes utilizando información de ambas variedades, la ACP fue mayor con la F-2 (Cuadro 2). Bueno et al. (2004), evaluaron FLL vs. fertilizantes solubles (fertirriego) durante cinco meses, obteniendo que el fertirriego generó menor altura de planta en portainjertos de cítricos (*Poncirus trifoliata*), más no fue así para el diámetro del tallo y los contenidos de nutrientes en las hojas. Es necesario emplear FLL para generar mayor equilibrio entre la ACP y diámetro de tallo en árboles en crecimiento (Escamilla et al., 2015), por lo que el uso del FLL y posteriormente la fertirrigación generaron mayor DTP y ACP en las variedades evaluadas de limón mexicano, mediante el presente sistema de producción.

Para la variable diámetro ecuatorial de la copa (DEC), 'Colimex' expresó mayor dominancia en crecimien-

Cuadro 1. Diámetro de tallo del portainjerto de limón mexicano establecido en contenedores con dos sistemas de fertilización.

Variedad	Fertilizaciones		Promedios
	F-1	F-2	
Colimex	16.35 a	17.72 a	17.03 a
Lise	15.98 a	17.45 a	16.72 a
Promedios	16.16 b	17.59 a	

Medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes, Tukey p -valor<0.05.

Cuadro 2. Altura completa de planta (cm) de limón mexicano establecido en contenedores con dos sistemas de fertilización.

Variedad	Fertilizaciones		Promedios
	F-1	F-2	
Colimex	69.33 b	71.40 b	70.37 b
Lise	74.20 ab	81.40 a	77.80 a
Promedios	71.77 b	76.40 a	

Medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes, Tukey p -valor<0.05.

to de ramas en forma horizontal ("ovoide-horizontal"), y fue diferente estadísticamente a 'Lise'. Se ha descrito que 'Colimex' presenta un desarrollo arbustivo, y las ramas principales tienden a inclinarse por su mismo peso (Manzanilla et al., 2014). 'Lise' mostró un hábito de crecimiento "ovoide vertical", y sus ramas se desarrollaron principalmente hacia arriba; lo anterior concuerda con la descripción de Manzanilla et al. (2015), que describen un desarrollo arbustivo y marcada dominancia apical. Al analizar el efecto de las fertilizaciones en ambas variedades se obtuvo que la utilización de la F-2 generó mayor DEC al igual que en su promedio (Cuadro 3); a pesar de que dicha variable al igual que la ACP, fueron ligeramente modificadas por la realización de un par de podas. Utilizando la proporción 2-1-1 de N, P, K respectivamente (F-1), tanto el incremento del DEC como el resto de las variables evaluadas (DTP y ACP) fueron menores, y dicha fertilización empleó mayor cantidad de fertilizante respecto a la F-2. En limón mexicano se compararon dos sistemas de manejo que incluyen fertilización orgánica y fertirriego, obteniendo que la utilización de fertilizantes solubles generó mayores longitudes y diámetros de ramas en la sección ecuatorial de la copa del árbol (Noriega et al., 2012). Respecto al manejo de podas, fue relevante para promover la emisión y formación de ramificaciones, así como para generar una forma esférica o arboleada a las plantas, ello, para facilitar actividades culturales y distribuir equilibradamente el peso de las ramas; sobre todo en 'Colimex' que tiende a extender sus ramas horizontalmente como ya fue descrito. En plantas de limón mexicano variedad 'Lise' el crecimiento es vigoroso en los primeros tres años, por ello las podas en etapas juveniles son primordiales para provocar que tenga una copa compacta y angosta (Manzanilla et al., 2015).

Al extraer de los contenedores el cepellón, se observó similitud entre el crecimiento de raíces respecto a la parte aérea. El volumen de raíz (VR) estimado para la variedad 'Colimex' fue mayor al de 'Lise'. Se obtuvieron diferencias estadísticas entre ambos tipos de fertilización, y en

la variedad 'Lise' el cepellón fue mayor utilizando la F-2 (Cuadro 4). Visualizando las características del cepellón, con la F-2 se obtuvo una consistencia firme debido a una distribución radicular homogénea (Figura 1). Contrariamente con la F-1 el cepellón presentó consistencia suelta o ligeramente firme (menor distribución radical), ya que comúnmente el sustrato se desmoronó, además, el crecimiento obtuvo mayor dominancia hacia el fondo del contenedor.

Al utilizar la extracción de nutrimentos por tonelada de fruta (Maldonado et al., 2001) a través del fertirriego en combinación con el FLL, se generó mayor efecto en el crecimiento de raíz. Ya que las propuestas de fertilización que consideran la demanda de elementos minerales del cultivo y una mayor eficiencia de recuperación de fertilizantes, ofrecen mayor absorción de nutrientes hacia las plantas (Salmiaton y Firoozeh, 2015). Para obtener mayor balance de los requerimientos nutritivos en limón mexicano, un buen complemento para la F-2 sería considerar la extracción de nutrimentos de la planta entera, sobre todo para las etapas juveniles del cultivo. Al no contar con dicha información, se ha propuesto emplear fórmulas que contengan $N < P_2O_5 < K_2O$ y así obtener mejores resultados entre el equilibrio del crecimiento aéreo y el radicular (Oliet et al., 2003). Las proporciones de fertilizantes utilizados en la F-1, emplearon mayor cantidad de nitrógeno y proporciones semejantes de fósforo y potasio. Para la F-2 los contenidos minerales del FLL fueron los siguientes: 18, 6, y 12% de N, P_2O_5 , K_2O respectivamente; y al implementar el fertirriego la proporción se modificó de acuerdo a la propuesta de Oliet et al., 2003.

CONCLUSIÓN

Con las variables de respuesta utilizadas la variedad 'Colimex' obtuvo mayor efecto en crecimiento respecto a 'Lise'. Durante la etapa de evaluación el mayor crecimiento se generó utilizando la F-2 en ambas variedades. Las variedades de limón mexicano 'Lise' y 'Colimex' establecidos en

Cuadro 3. Diámetro ecuatorial de copa (cm) de limón mexicano establecido en contenedores con dos sistemas de fertilización.

Variedad	Fertilizaciones		Promedios
	F-1	F-2	
Colimex	62.13 b	71.07 a	66.60 a
Lise	53.07 c	67.40 ab	60.23 b
Promedios	57.60 b	69.23 a	

Medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes, Tukey p -valor < 0.05.

Cuadro 4. Volumen de raíz (m^3) de limón mexicano establecido en contenedores con dos sistemas de fertilización.

Variedad	Fertilizaciones		Promedios
	F-1	F-2	
Colimex	0.032 a	0.038 a	0.035 a
Lise	0.020 b	0.033 a	0.026 b
Promedios	0.026 b	0.035 a	

Medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes, Tukey p -valor < 0.05.



Figura 1. Plantas de limón mexicano extraídas de los contenedores. a='Colimex'; b='Lise'; F-1=proporción: 2-1-1 de N, P, K respectivamente; F-2=en base a la extracción de nutrientes del fruto.

contenedores con sustrato de suelo y polvillo de coco mostraron buen crecimiento en su etapa juvenil.

LITERATURA CITADA

- Boldrin A., Andersen J. K., Moller J., Christensen T. H. & Favoino, E. (2009). Composting and compost utilization: accounting of greenhouse gases and global warming contributions. *Waste Manage Res* 27: 800-812.
- Bueno-Scivittaro W., Pedrosa de Oliveira R. & Radmann E. B. (2004). Doses de fertilizante de liberación lenta na formação do portaenxerto 'Trifoliata'. *Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal* 26 (3): 520-523.
- Cabrera, R.I. (1998). Monitoring chemical properties of container growing media with small soil solution samplers. *Sci. Hort.* 75: 113-119.
- Cabrera, R.I. (1999). Propiedades, uso y manejo de sustratos de cultivo para la producción de plantas en maceta. *Rev. Chapingo Serie Hort.* 5(1): 5-11.
- Castro-Luna, I., Gavi-Reyes, F., Peña-Cabriales, J.J., Núñez-Escobar, R., Etchevers-Barra, J.D. (2006). Eficiencia de recuperación de N y K de tres fertilizantes de lenta liberación. *Terra Latin.* 24 (2): 277-282.
- Crespo González, M.R., González Eguiarte, D.R., Rodríguez Macías, R., Rendón Salcido, L. A., del Real Laborde, J.I. & Torres Morán, J.P. (2013). Evaluación de la composta de bagazo de agave como componente de sustratos para producir plántulas de agave azul tequilero. *Rev. Mex. Cien. Agr.* 4 (8): 1161-1173.
- Escamilla-Hernández, N., Obrador-Olán, J.J., Carrillo-Ávila, E., Palma-López, D.J. (2015). Uso de fertilizantes de liberación controlada en plantas de teca (*Tectona grandis*), en la etapa de vivero. *Rev. Fitotec. Mex.* 38 (3): 329-333.
- Escamilla-López, M., Tejeda-Castrejón, J.F., Mejías-Brito, J., Meza-Jiménez, J., Ríos-Farías, M., Calleros Valencia, J.E. & Romero Uribe, S.M. (2018). Comparación de dos sustratos orgánicos en la producción de plantas de ornato de la especie coralito enano. *Conciencia Tecnol.* 56. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94457671004>
- García C.O., Alcántar G.G., Cabrera R.I., Gavi R.F. & Volke H.V. 2001. Evaluación de sustratos para la producción de *Epipremnum aureum* y *Spathiphyllum wallisii* cultivadas en maceta. *Terra Latin.* 19 (3): 249-258.
- García- Preciado, J.C., Carrillo-Medrano, S.H., Robles-González, M.M. & Orozco-Santos, M. (2016a). Caracterización física de combinaciones de polvillo de coco con suelo agrícola para producción de cítricos en contenedores. XII Simposio Internacional Citrícola 2016. Memoria Técnica-Científica. Campo Experimental Tecomán. Tecomán, Colima, México.
- García-Preciado, J. C., Carrillo-Medrano, S. H., & Robles-González, M. M. (2016b). Caracterización química de combinaciones de polvillo de coco con suelo agrícola para producción de cítricos en contenedores. XII Simposio Internacional Citrícola 2016. Memoria Técnica-Científica. Campo Experimental Tecomán. Tecomán, Colima, México.
- Gómez-Jaimes R., Velázquez-Monreal J.J., Hernández-Fuentes L.M., López-Arroyo J.I. & Urias-López M.A.. (2013). La fertilización y su impacto en la severidad de síntomas inducidos por HLB en limón persa. (Presidencia), Simposio Internacional sobre HLB en Cítricos Ácidos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Memoria Científica No. 1. ISBN: 978-607-37-0224-9. Campo Experimental Tecomán. Tecomán, Colima.
- Guo H., White J.C., Wang Z. & Xing B. (2018). Nano-enabled fertilizers to control the release and use efficiency of nutrients. *Curr. Op. Environ. Sci. Health* 6: 77-83.

- Heins R.D. & Yelanich M.. (2013). Fertilization regimes exceed nutritional requirements of greenhouse crops. *IFAC Proc.* 46 (4): 5-8.
- Holzzapfel, E.A., Lopez C., Joublan J.P. & Matta, R.. (2001). Efecto del agua y fertirrigación en el desarrollo y producción de naranjos cv. Thompson Navel. *Agric. Téc.*, 61(1): 51-60. <https://dx.doi.org/10.4067/S0365-28072001000100006>
- Iñiguez G., Martínez G.A., Flores P.A. & Virgen G. (2011). Utilización de subproductos de la industria tequilera. Parte 9. Monitoreo de la evolución del compostaje de dos fuentes distintas de bagazo de agave para la obtención de un sustrato para jitomate. *Rev. Intern. Contam. Amb.* 27 (1): 47-59.
- Lazzerini G., Lucchetti, S. & Nicese, F.P. (2016). Green house gases (ghg) emissions from the ornamental plant nursery industry: a life cycle assessment (lca) approach in a nursery district in central italy. *J. Cleaner Prod.* 112, 4022–4030.
- López J., Méndez A., Pliego L., Aragón E. & Robles M. (2013). Evaluación agronómica de sustratos en plántulas de chile 'onza' (*Capsicum annuum*) en invernadero. *Rev. Mex. Cien. Agríc.* 6: 1139-1150.
- Maldonado T.R., Etchevers B.J.D., Alcántar G.G., Rodríguez A.J. & Colinas L.M.T. (2001). Estado nutricional del limón mexicano en suelos calcimorficos. *Terra Latin.* 19: 163-174.
- Manzanilla-Ramírez M.A., Robles-González M.M., Medina-Urrutia V.M., Velázquez-Monreal J.J. & Orozco-Santos M. (2014). Portainjertos y Variedades. En, Orozco-Santos M., Robles-González M.M., Velázquez-Monreal J.J., Manzanilla-Ramírez M.A. & Bermúdez-Guzmán M.J. (Eds.). *El Limón Mexicano (Citrus aurantifolia)*. Libro Técnico Núm 1. SAGARPA, INIFAP, CIRPAC, Campo Experimental Tecomán, Tecomán, Colima, México: Editorial Prometeo Editores. 475 pp.
- Manzanilla-Ramírez M.M., Robles-González M.M., Velázquez-Monreal J.J., Orozco-Santos M. & Padrón-Chavez J.E. (2015). Lise limón mexicano sin espinas y de alto rendimiento. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Tecomán, Colima, México.
- Manzanilla-Ramírez M.A., Robles-González M.M., Velázquez-Monreal J.J., Orozco-Santos M., Carrillo-Medrano S.H. & Medina-Urrutia V.M. (2013). Avances en agricultura protegida en limón mexicano bajo un escenario de Huanglongbing. (Presidencia), Simposio Internacional sobre HLB en Cítricos Ácidos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Memoria Científica No. 1. ISBN: 978-607-37-0224-9. Campo Experimental Tecomán. Tecomán, Colima.
- Mukherjee A. & Lal R. (2013). Biochar impacts on soil physical properties and greenhouse gas emissions. *Agronomy*, 3: 313–339.
- Noriega-Cantú D.H., González-Mateos R., Garrido-Ramírez E.R., Pereyda-Hernández J., Domínguez-Márquez V.M., López-Estrada M.E. (2012). Evaluación de dos sistemas de producción de limón mexicano (*Citrus aurantifolia* Swingle) en Guerrero, México. *Trop. Subtrop. Agroecosys.* 15 (2012): 415-425.
- Oliet J., Planelles R., Artero F., Martínez-Montes E., Álvarez-Linarejos L., Alejano R. & López-Arias M. (2003). El potencial de crecimiento radical en planta de vivero de *Pinus halepensis* Mill. Influencia de la fertilización. *Invest. Agrar.: Sist. Recur. For.* 12(1): 51-60.
- Pérez-Zamora Octavio. (2002). Evaluación de mejoradores del suelo en limón mexicano. *Terra Latin.* 20:(3): 337-346.
- Qina W., Assinckb F.B.T., Heinenb M. & Oenema O. (2016). Water and nitrogen use efficiencies in citrus production: A meta-analysis. *Agric. Ecosyst. Environ.* 222. 103-111.
- R Core Team. (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>
- Rever, D. & Sofer Y. (2014). La fertilización con nitrato de potásico y el uso de fertilizantes de liberación controlada aumenta la producción en cítricos tipo Clementina. *Levante Agrícola: Rev. Intern. Cítricos.* 422: 168-172
- Robles-González M.M., Orozco-Santos M., Manzanilla-Ramírez M.A., Velázquez-Monreal J.J., Medina-Urrutia V.M. & Sanches-Stuchi E. (2018). Experiencias con huanglongbing en limón Mexicano en el estado de Colima, México. *Citrus Res. Technol.* 39, e1039: 1-12.
- Robles-González M.M., Orozco-Santos M., Manzanilla-Ramírez M.A., Velázquez-Monreal J.J. & Carrillo-Medrano S.H. (2017). Efecto del HLB sobre el rendimiento de limón mexicano en Colima, México. *Rev. Mex. Cien. Agríc.* 8 (5): 1101-1111.
- Rojas-Rodríguez K. & Ortuño N. (2007). Evaluación de micorrizas arbusculares en interacción con abonos orgánicos como coadyuvantes del crecimiento de la producción hortícola del Valle Alto de Cochabamba, Bolivia. *Acta Nova* 3 (4): 697-719.
- Salmiaton A. & Firoozeh D. (2015). Controlled-Release Fertilizers: Adv. *Chall. Life Sci. J.* 12 (11): 33-45.
- Vargas-Tapia P., Castellanos-Ramos J.Z.; Sánchez-García, P. Tijerina-Chávez L., López-Romero R.M. & Ojodeagua-Arredondo J.L. (2008). Caracterización física, química y biológica de sustratos de polvo de coco. *Rev. Fit. Mex.* 31 (4): 375-381.

Analysis of the competitiveness of five crops in the municipality of Suchiapa, Chiapas, Mexico

Análisis de la competitividad de cinco cultivos en el municipio de Suchiapa, Chiapas, México

Salinas-Cruz, Eileen¹, Espinosa-Paz, Néstor^{1*}; Cadena-Iñiguez, Pedro¹; Martínez-Sánchez, Jesús¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Centro de Chiapas. Ocozocoautla, Chiapas, México. C. P. 29140.

*Autor para correspondencia: espinosa.nestor@inifap.gob.mx

ABSTRACT

Objective: To analyze the profitability and competitiveness of five crops to evaluate the economic viability and to recommend the best option for the productive reconversion to the producers from the economic point of view.

Design/methodology/approach: Five technological packages of bean, corn, castor bean, sorghum and hibiscus crops were established, which serve as information inputs for economic analysis. Through the policy analysis matrix methodology, three interconnected Excel sheets are designed for profit, income, cost, cost benefit ratio, value added, intermediate consumption and private cost ratio to define profitability and competitiveness of the crops analyzed. It works with current or market prices and with the first line of the policy analysis matrix.

Results: Of the results obtained, beans have a gain of only \$2,800 pesos per hectare produced; while hibiscus was \$95,590 pesos per hectare with a production of 700 kg sold at a price of \$150 pesos per kilogram of dry calyx. With respect to the B / C ratio, beans have the lowest, while sorghum and hibiscus are the highest with 1.80 and 9.20 respectively. The added value and intermediate consumption of beans, corn and castor bean crops, shows similar figures, while sorghum and hibiscus have indicators of 80% and 97% for added value and 20% and 3% for intermediate consumption.

With respect to the private cost (CPR) ratio, beans are those that tend to 1, while Jamaica is 0, which indicates that the former is less competitive than the latter.

Conclusions: Of the five crops analyzed, beans were the least profitable and competitive, presenting a profit of only \$2,800 pesos, a cost benefit ratio of \$1.30 and a competitiveness index of 0.64. Hibiscus, on the other hand, was the most competitive and profitable with an R B / C of \$ 9. 20 pesos, and a CPR of 0.08.

Keyword: Profitability, productive reconversion, competitiveness.

RESUMEN

Objetivo: Analizar la rentabilidad y competitividad de cinco cultivos para evaluar su viabilidad económica, y recomendar a los productores la mejor opción para la reconversión productiva desde el punto de vista económico.

Diseño/metodología/aproximación: Se establecieron cinco paquetes tecnológicos de los cultivos de frijol, maíz, higuerilla, sorgo y jamaica, los cuales sirvieron como insumos de información para el análisis económico. A través de la metodología de matriz de análisis de políticas, se diseñan tres bases de datos relacionadas entre sí para la obtención de ganancias, ingreso, costo, relación beneficio costo, valor agregado, consumo intermedio y relación de costo privado para definir la rentabilidad y competitividad de los cultivos analizados. Se trabaja con precios corrientes o de mercado y con el primer renglón de la matriz de análisis de políticas.

Agroproductividad: Vol. 12, Núm. 12, diciembre. 2019. pp: 55-60.

Recibido: junio, 2019. **Aceptado:** noviembre, 2019.

Resultados: De los resultados obtenidos el frijol presentó una ganancia de tan solo \$2,800 pesos por hectárea producida; mientras que la jamaica fue de \$95,590 pesos por hectárea con una producción de 700 kg vendido a un precio de \$150 pesos por kilogramo de cáliz seco. Con respecto a la relación B/C el frijol presentó el más bajo, mientras el sorgo y la jamaica fueron los más altos con 1.80 y 9.20 respectivamente. El valor agregado y el consumo intermedio de los cultivos de frijol, maíz e higuierilla, presentaron cifras similares, mientras que el sorgo y la jamaica tuvieron indicadores de 80% y 97% para valor agregado y 20% y 3% para consumo intermedio. Con respecto a la relación de Costo Privado (RCP), el frijol tendió a 1, mientras que la jamaica a 0, lo que indica que el primero es menos competitivo que el segundo.

Conclusiones: De los cinco cultivos analizados, el frijol resultó el menos rentable y competitivo, al presentar una ganancia de tan solo \$2,800 pesos, una relación beneficio costo de \$1.30 y un índice de competitividad de 0.64. La jamaica por el contrario fue el cultivo más competitivo y rentable con una R B/C de \$9. 20 pesos, y un RCP de 0.08.

Palabra clave: Rentabilidad, reconversión productiva, competitividad.

INTRODUCCIÓN

La aportación del producto interno bruto (PIB) que representa la economía de Chiapas a nivel nacional es de \$331,198.19 millones de pesos a precios corrientes que representa solo el 1.62% del total nacional para 2017, la cual ha disminuido en 0.16% desde el 2006 (INEGI, 2019). En el caso del sector agrícola dentro de la entidad para el año 2017 la aportación del PIB fue de \$22,991.57 millones de pesos a precios corrientes representando solo el 6.94% de la aportación total estatal (INEGI, 2019). El 36.9% de la población ocupada a nivel estatal se concentra en la actividad agropecuaria (INEGI, 2017). La superficie ocupada por la producción agrícola es de 1,396,698 ha sembradas con un valor de la producción de \$17,695,006 miles de pesos. El 49% de esta superficie la ocupa el maíz, mientras que el frijol solo representa el 8%. En cuanto al valor de la producción el maíz aporta el 26.5% del valor. Sin embargo, el valor de la producción de 2017 a 2016 disminuyó más de 70 millones de pesos (CEIEG, 2018). Sumado a que Chiapas no ha dejado de ser un estado puramente rural y además la escasa industrialización de la entidad, ubica al estado en una severa crisis de producción a todos los niveles (Martínez, 2011).

En virtud de la presencia de la sequía intraestival año con año en las áreas sembradas con maíz y frijol del estado (Espinosa-Paz *et al.*, 2019), se han introducido los cultivos de sorgo, jamaica e higuierilla, los cuáles son más tolerantes al déficit que los cultivos básicos. Debido a ello, estos cultivos se proponen para realizar una reconversión productiva que tiene como objetivo principal elevar la competitividad a fin de que los productores sean más competitivos en el mercado y por ende se impulse su economía (Ortiz *et al.*, 2016).

La SAGARPA clasificó la reconversión productiva en tres tipos: conversión de cultivos, cambios tecnológicos y reconversión productiva (Ortiz *et al.*, 2016). En el estado de Chiapas el INIFAP ha promovido la reconversión productiva según la clasificación de SAGARPA citada por Ortiz (2016) (Cadena-Iñiguez *et al.*, 2018). El presente trabajo tiene como objetivo analizar la rentabilidad y competitividad de cinco cultivos establecidos en el municipio de Suchiapa en el estado de Chiapas, México, y establecer la mejor opción para la reconversión productiva.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó con productores de maíz de la localidad de San Luis, Suchiapa, Chiapas, México, durante los años 2015, 2016 y 2017. El municipio de Suchiapa se ubica entre las coordenadas geográficas 93° 05' 30" de longitud oeste y 16° 37' 46" de latitud norte a 460 msnm. Cuenta con 68 localidades y 24,049 habitantes, de los cuales 8 376 es la población económicamente activa, donde el sector primario representa el 26.29% de las actividades económicas.

El trabajo se desarrolló en el marco del proyecto denominado "Generación de tecnologías para mitigar los efectos de la sequía intraestival en los cultivos estratégicos (maíz, frijol, y trigo) en el sur sureste de México". Para la definición de los paquetes tecnológicos, se sembraron cinco cultivos: maíz, frijol, jamaica, sorgo e higuierilla, en dos hectáreas durante tres ciclos agrícolas.

El análisis económico se basó en la metodología establecida por Monke y Pearson (1989), denominada Matriz de Análisis de Políticas (MAP),

estructurada por tres filas 1) el presupuesto calculado a precios privados; 2) el presupuesto calculado a precios económicos (precios sombra) y 3) las divergencias que miden los efectos de política que resulta de la diferencia del primero y segundo renglón (Ávila-Soler et al., 2018). Para este análisis se estableció el presupuesto calculado a precios privados: donde se formaron tres matrices referenciadas entre sí, la primera consiste en el registro de los insumos utilizados clasificados en insumos comerciales (fertilizantes, semillas, herbicidas, plaguicidas, entre otros) y factores de producción (labores manuales y labores mecanizadas). La siguiente matriz se registran todos los costos a precios constantes de los insumos comerciales y los factores de producción; finalmente una tercera se multiplica la matriz de insumo con la matriz de precio, resultando el presupuesto total (Salinas-Cruz et al., 2017).

Los indicadores de competitividad que proporciona una MAP son la rentabilidad privada y la relación de costo privado y una vez generada la información de una MAP también se puede calcular la relación beneficio-costos (RBC) (Ávila-Soler et al., 2018).

Para la elaboración de la MAP se requiere de información desagregada, para los cultivos analizados se realizó un registro de datos en los tres años de experimento y se elaboraron paquetes tecnológicos que sirvieron de insumo para la elaboración y análisis de los datos a través de la MAP.

Se elaboró un archivo donde se relacionaron las tres matrices correspondientes (insumos, precios y presupuesto

total), y se incorporó la información de los cinco cultivos para que posteriormente se obtengan los indicadores.

La MAP se construyó con cinco cultivos: maíz, frijol, sorgo, higuierilla y jamaica, con el objetivo de presentar alternativas a la producción básica de granos, en función a que el productor tenga acceso al mercado en forma competitiva. La finalidad es que pueda conjugarse la producción para el abasto de alimentos y una alternativa de producción para el mercado, por ende, el incremento en los ingresos familiares.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De los resultados obtenidos, en la Figura 1 se muestra el comparativo de la ganancia o pérdida que cada cultivo tendría, se destaca la jamaica como el cultivo de mayor rentabilidad con \$95,590 pesos por el total de la producción obtenida, el precio por kilogramo vendida de cáñiz seco fue de \$150 pesos y un rendimiento de 700 kg ha⁻¹. A nivel nacional se tiene reportado un rendimiento de 420 kg ha⁻¹ a un precio medio rural de \$38,238.66 pesos (SIAP, 2019), siendo el estado de Guerrero el primer productor nacional. Resulta importante destacar que el estado de Chiapas presenta características agroclimáticas apropiadas para el establecimiento del cultivo de Jamaica, además de la existencia de mercado local y nacional.

El cultivo con menor ganancia es el frijol. Al restar los costos, solo se tienen \$2,800 pesos por hectárea producida. Por otra parte, los cultivos de higuierilla y sorgo presentan ganancias de \$7,500 a \$8,890 por hectárea respectivamente. La higuierilla ha sido un producto que

se caracteriza por la obtención de aceites como el de ricino, que antiguamente se utilizaba como un purgador para el ser humano, o bien la elaboración de ceras para alumbrar o ser utilizados en ceremonias religiosas (Rodríguez-Hernández y Zamarripa-Colmenero, 2013). La producción en México se localiza en el estado de Oaxaca principalmente, donde se establecía en un sistema conjuntamente con maíz. Sin embargo, a raíz del auge de la producción de biocombustibles (Valdés-Rodríguez y Palacios-Wassenaar, 2016), el potencial que presenta la higuierilla para la obtención de bioetanol, se realizaron diferentes investigaciones de este cultivo para su establecimiento en varios estados de la república

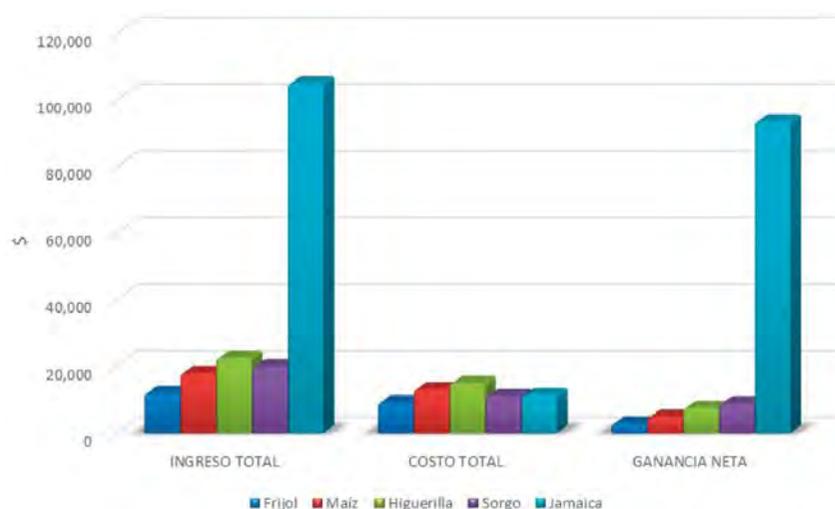


Figura 1. Costos, ingresos y ganancia totales de frijol, maíz, higuierilla, sorgo y jamaica. Fuente. Elaboración propia a partir de los datos de campo año 2015-2017.

ca mexicana (García-Herrera *et al.*, 2019; García-Herrera *et al.*, 2019), entre ellos el estado de Chiapas.

En cuanto al sorgo, este cultivo es de gran importancia a nivel nacional. Según reportes del SIAP (2019), son 29 estados productores, siendo Tamaulipas el de mayor producción, con un rendimiento promedio de 3.48 t ha⁻¹; en Chiapas se cultivan 9260 ha, y es un cultivo con potencial principalmente como alimento al ganado bovino, un rendimiento promedio de 5 t ha⁻¹, su precio en el mercado fue de \$4 pesos por kilogramo vendido.

Relación Beneficio/Costo (R B/C)

Una de las bondades al realizar una matriz de análisis de políticas es la obtención de indicadores como la relación beneficio/costo (Ávila-Soler *et al.*, 2018). Este indicador proporciona información de rentabilidad del producto (Retes-López *et al.*, 2015; Franco-Malvaiz *et al.*, 2014). Con respecto al análisis de los cinco cultivos se muestra en la Figura 2, que el frijol y el maíz presentaron un índice menor al de los otros cultivos, lo cual significa que si bien recupe-

ran su inversión, la ganancia es mínima. Sin embargo, este indicador es aceptable tomando en cuenta que la R B/C deberá ser al menos de 1 o superior, lo cual puede ser indicativo para una toma de decisión por parte del productor si seguir o no con la producción (Retes-López *et al.*, 2015), a diferencia de la higuierilla y sorgo que al recuperar su inversión obtiene una ganancia de \$0.50 y \$0.80 pesos, respectivamente. La jamaica presenta la mayor relación beneficio/costo, ya que por cada peso invertido gana \$8.20 pesos.

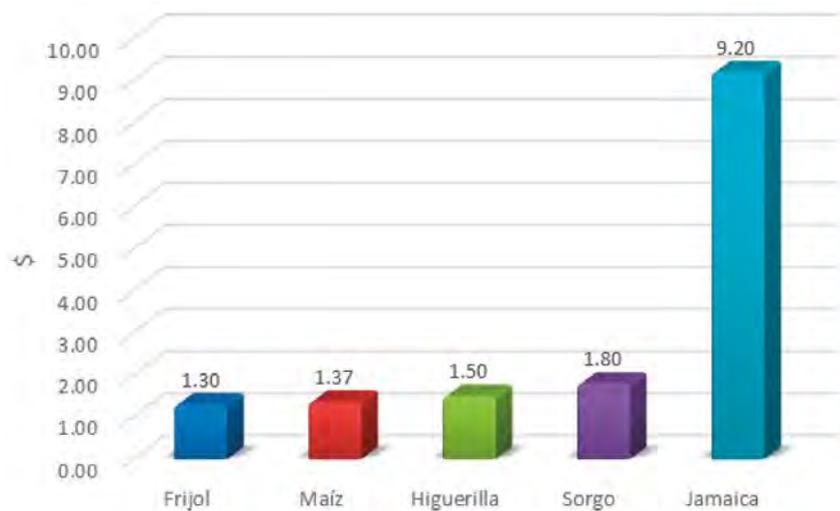


Figura 2. Relación beneficio/costo de los de frijol, maíz, higuierilla, sorgo y jamaica. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de campo año 2015-2017.

Valor agregado y consumo intermedio

El análisis del valor agregado y el consumo intermedio para los cultivos de frijol, maíz, higuierilla, sorgo y jamaica se muestran en la Figura 3, de acuerdo a la metodología citada, el valor agregado es la derrama económica que el cultivo aporta a la región. Mientras que el consumo intermedio representa los costos o erogaciones que van a otro sector, región o factor de producción (Salinas-Cruz *et al.*, 2018; Rodríguez-Hernández y Zamarripa-Colmenero, 2013).

Por tanto, los cultivos que presentan el mayor valor agregado son el sorgo (80%) y la jamaica (97%), los cuales representan una mayor derrama económica a la región. Higuierilla, frijol y maíz, presentan este indicador en forma similar y aunque representa un dato positivo, no compiten con los primeros cultivos en términos de rentabilidad.

El consumo intermedio la jamaica presenta un 3% mientras que el maíz cuenta con el indicador más alto del 30%. Esto indica que la jamaica podría ser más competitiva

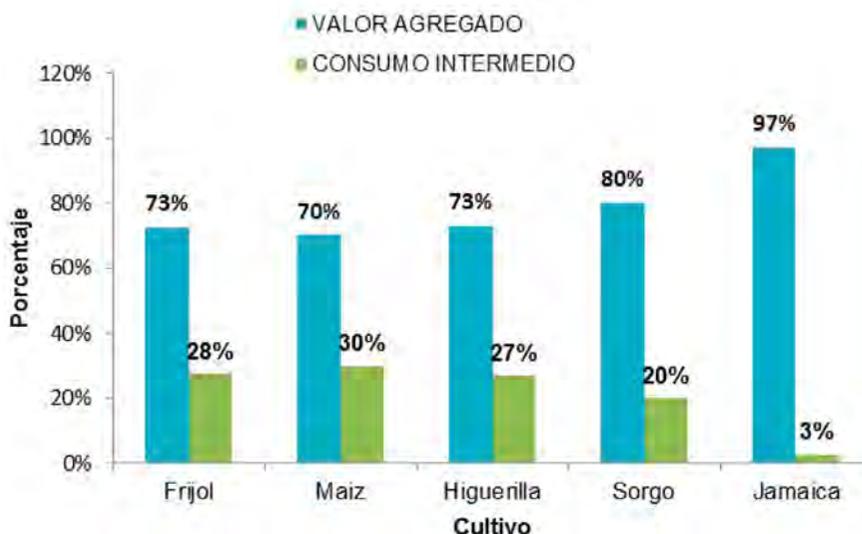


Figura 3. Valor agregado y consumo intermedio de frijol, maíz, higuierilla, sorgo y Jamaica. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de campo año 2015-2017.

que el maíz. Si se analizan la estructura de costos, puede establecerse que en el maíz los insumos comerciales representan un 41% y los factores internos el 59%, mientras que en la jamaica los primeros con un 25.5% y los segundos en 74.5%. En otros términos, el productor de maíz destina mayor cantidad de su presupuesto a la compra de insumos como son la semilla o los fertilizantes que para este representan el 35% de sus costos. Por otra parte la jamaica destina el 54.3% a labores manuales, lo que significa un producto con mayor derrama económica (Jácome-Maldonado et al., 2016; Salinas-Cruz et al., 2018, Rodríguez-Hernández y Zamarripa-Colmenero, 2016).

Índice de competitividad (Relación de costo privado RCP)

La relación de costo privado (RCP) de acuerdo a la metodología de Monke y Person, mide el grado de competitividad de un producto, se establece a partir de los costos de insumos comerciales y el valor agregado, si el costo de los insumos comerciales es menor al ingreso total y el valor agregado es una cifra mucho mayor, el indicador de relación costo privado deberá tender a cero lo que indica que el producto es mayormente competitivo (Jácome-Maldonado et al., 2016).

Los cinco cultivos analizados (Figura 4), de acuerdo a los parámetros de la RCP, están entre cero y uno, lo que se establece como competitivos (Jácome-Maldonado et al., 2016; Salinas-Cruz et al., 2018, Rodríguez-Hernández y Zamarripa-Colmenero, 2016; González-Garduño et al., 2013; Ávila-Soler et al., 2018). Los parámetros que presentan los cinco cultivos indican que los insumos comerciales y no comerciales no superaron el costo de producción por hectárea de cada cultivo (González-Garduño et al., 2013).

Sin embargo, el cultivo con mayor RCP es el frijol (0.64), y el de menor es la jamaica con 0.08. Para el caso del frijol, estos datos indican que el productor destinó el 64% del valor agregado al pago de sus factores internos y el 36% fue la derrama económica en la región a través de su ganancia neta (Rodríguez-Hernández y Zamarripa-Colmenero, 2016). En el caso de la jamaica el productor destina el 8% a los factores internos y el 92% a la derrama económica. Por tanto, la jamaica y el sorgo siguen sien-

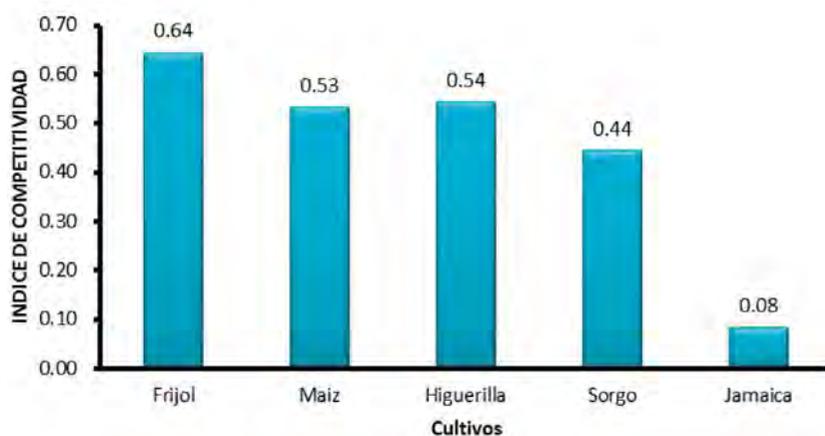


Figura 4. Índice de competitividad de frijol, maíz, higuierilla, sorgo y Jamaica. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de campo año 2015-2017.

do los cultivos con mayor ventaja comparativa a diferencia del frijol, maíz e higuierilla.

CONCLUSIONES

El cultivo con mayor índice de competitividad es el frijol, menor ganancia y una relación beneficio costo de solo \$1.30 pesos.

El cultivo de maíz e higuierilla presentan una relación benéfico costo de 1.37 y 1.50, y un RCP de 0.53 y 0.54, lo que los pone en un nivel de competitividad medio.

En referencia al valor agregado y al consumo intermedio, los cultivos de frijol, maíz e higuierilla presentan indicadores similares, pero no resultan mayormente rentables. Los cultivos de sorgo y de jamaica resultan rentables y competitivos.

LITERATURA CITADA

- Alvarado-Ramírez, E.R., Joaquín-Cancino, S., Estrada-Drouaillet, B., Martínez-González, J.C. & Hernández-Meléndez, J. (2018). *Moringa oleifera* Lam.: Una alternativa forrajera en la producción pecuaria en México. *Agroproductividad* 11 (2): 106-110.
- Ávila-Soler, E., García-Salazar, J.A., & Valtierra-Pacheco, E. (2018). Competitividad de la producción de *Jatropha curcas* en la región de la Frailesca, Chiapas, México. *Revista Madera y Bosques* 24 (2): 1-11.
- Cadena-Iñiguez, P., Camas-Gómez, R., López-Báez, W., López-Gómez, H., y González-Cifuentes, J. (2018). El MIAF, una alternativa viable para laderas en áreas marginadas del sureste de México: caso de estudio en Chiapas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 9 (7): 1351-1361.
- Dirección de Geografía, Estadística e informática (CEIEG). (2018). Chiapas, Información Agrícola. (2017). Comité estatal de información estadística y geografía de Chiapas, Gobierno del estado de Chiapas.

- Franco-Malvaiz, A.L.; Bobadilla-Soto, E.E.; & Rebollar-Rebollar, S. (2014). Viabilidad económica y financiera de una microcuenca de miel de aguamiel en Michoacán, México. *Revista Mexicana de Agronegocios* 18 (35): 957-968.
- García-Herrera, E.J., Cedillo-Martínez, I., Gómez-González, A., Hernández-Ríos, I., Amante-Orozco, A. & Rössel-Kipping, E.D. (2019). Recolección, establecimiento y caracterización de semilla de higuera (*Ricinus communis* L.) en el altiplano centro-norte de México. *Agroproductividad* 12 (3): 89-96.
- García-Herrera, E.J., Olivares-Ramírez, A., Amante-Orozco, A., Hernández-Ríos, I., Rössel-Kipping, E. D., Pimentel-López, J.; Delgadillo-Ruiz, O.; & Gómez-González, A. (2019). Evaluación de colectas de higuera (*Ricinus communis* L.) en el altiplano centro-norte de México. *Revista Agroproductividad* 12 (1): 25-31.
- González-Garduño, R.; Blardony-Ricardez, K., Ramos-Juárez, J.A.; Ramírez-Hernández, B., Sosa, R., & Gaona-Ponce, M. (2013). Rentabilidad de la producción de carne de ovinos Katahdin × Pelibuey con tres tipos de alimentación. *Revista Avances en Investigación Agropecuaria* 17 (1): 135-148.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2019). Cuentas nacionales, producto interno bruto por entidad federativa, estado de Chiapas base 2013. Banco de Información Económica (BIE). En <https://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/>, consultado el día 20 de agosto de 2019.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2017). Anuario estadístico y geográfico de Chiapas 2017. <https://www.inegi.org.mx>. Consultado el día 20 de agosto de 2019.
- Jácome-Maldonado, S.M., Zambada-Martínez, A., Rodríguez-Hernández, R.F., Cadena-Iñiguez, P. & Saucedo-Hernández, G. (2016). Estudio de competitividad de familias en pobreza extrema en San Andrés Tuxtla, Veracruz, México. *Revista Agroproductividad* 9 (5): 67-72.
- Martínez, C.E. (2011). Desagrarización del campo Chiapaneco. *Revista Encrucijadas. Revista Crítica de Ciencias Sociales* 1: 106-128.
- Ortiz, C.H., Montes, T.M.L. & Jiménez, G.A. (2016). La reconversión productiva ¿Desarrollo o retroceso? *Revista Educateconciencia* 10 (11): 13-25.
- Retes-López, R., Moreno-Medina, S., Denogean-Ballesteros, F. G., Martín-Rivera, M. & Ibarra-Flores, F. (2015). Análisis de rentabilidad del cultivo de algodón en Sonora. *Revista Mexicana de Agronegocios* 20 (36): 1156-1166.
- Rodríguez-Hernández, R. & Zamarripa-Colmenero, A. (2013). Competitividad de la Higuera (*Ricinus communis*) para biocombustible en relación a los cultivos actuales en el Estado de Oaxaca, México. *Revista Sexta Época* 32: 306-318.
- Salinas-Cruz, E., Espinosa-Paz, N., Martínez-Sánchez, J., & Cadena-Iñiguez, P. (2017). Análisis competitivo de los cultivos de piña (*Annanas comosus* L.), maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en La Frailesca, Chiapas, México. *Agroproductividad* 10 (9): 101-105.
- SIAP. (2019). Anuario estadístico de la producción agrícola. Producción de Jamaica a nivel nacional 2018. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Valdés-Rodríguez, O.A. & Palacios-Wassenar, O. M. (2016). Evolución y situación actual de plantaciones para biocombustibles: Perspectivas y retos para México. *Agroproductividad* 9 (2): 33-41.



Meat physical characteristics of Katahdin with Pelibuey lambs fed with forage and concentrate

Características físicas de la carne de corderos Katahdin con Pelibuey alimentados a base de forraje y concentrado

Pérez-Chávez, Auri E.¹; Cantón-Castillo, José J.^{2*}; Moguel-Ordoñez, Yolanda B.²; Castillo-Huchim, Javier E.²; Alcaraz-Romero, Rosendo A.²; Piñeiro-Vázquez, Ángel T.¹

¹Instituto Tecnológico de Conkal. División de Estudios de Posgrado e Investigación. Av. Tecnológico km 16.3. Conkal, Yucatán, México. C. P. 97345. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Mocochoá. Antigua carretera Mérida-Motul km 25. Mérida Yucatán, México. C. P. 97454.

*Autor para correspondencia: gcanton.javier@inifap.gob.mx

ABSTRACT

Objective: To evaluate the effect of forage and concentrate in diet on physical characteristics of meat of crossed (F1) Katahdin with Pelibuey lambs.

Design/methodology/approach: Thirty-six entire male lambs were distributed in a completely randomized design to four treatments: 1) 100% Concentrated food (CF) with 15 % of CP; 2) 70% CF+30% of Maralfalfa forage (*Pennisetum* sp.); 3) 70% CF+30% of Mombaza forage (*M. maximum*); 4) 70% CF+30% CT-115 forage (*P. purpureum*).

Results: No effect of diet on carcass traits and physical properties of meat was found ($P>0.05$). The average value of pH and temperature \pm SD were 5.58 ± 0.12 and 6.38 ± 0.56 °C, respectively. The little loss of water in meat (0.1%), indicates that it retains its physical-chemical characteristics for storage.

Limitations on study/implications: Consumer demands of lamb meat are more focused on quality traits than quantity details, so, in order to comply with demands by market, it is necessary to carry out meat quality evaluations, compare between breeds and feeding systems to determine which genotype produces the best meat.

Findings/conclusions: Lambs fed diets that include forage have similar physical characteristics of meat to those that received only concentrate food, which indicates that it is possible to produce lamb meat with excellent properties, using diets with good quality forage.

Keywords: Lambs, concentrated, forage, meat

RESUMEN

Objetivo: Evaluar el efecto del forraje y concentrado en la dieta sobre las características físicas de la carne de corderos cruzados (F1) Katahdin \times Pelibuey (KtPb).

Diseño/metodología/aproximación: Treinta y seis corderos machos enteros fueron distribuidos mediante un diseño completamente al azar a cuatro tratamientos: 1) 100% Alimento concentrado (AC) con 15 % de PC; 2) 70% AC+30% de pasto Maralfalfa (*Pennisetum* sp.); 3) 70% AC+30% pasto Mombaza (*M. maximum*); 4) 70% AC+30% CT-115 (*P. purpureum*).

Agroproductividad: Vol. 12, Núm. 12, diciembre. 2019. pp: 61-65.

Recibido: mayo, 2019. **Aceptado:** noviembre, 2019.

Resultados: No se encontró un efecto de la dieta sobre las características de la canal y propiedades físicas de la carne ($P > 0.05$). Los valores promedio para el pH y temperatura \pm DE encontrados fueron de 5.58 ± 0.12 y 6.38 ± 0.56 °C, respectivamente. La poca pérdida de agua en la carne (0.1%), indica que ésta conservó sus propiedades físico-químicas adecuadas para su almacenamiento.

Limitaciones del estudio/implicaciones: Las demandas de los consumidores de cortes de cordero se centran más en los rasgos de calidad que en los detalles de cantidad. Para poder cumplir con los estándares que exige el mercado, es necesario realizar evaluaciones de calidad de la carne, comparar entre razas y sistemas de alimentación para conocer cual fenotipo produce la mejor carne.

Hallazgos/conclusiones: Los corderos alimentados con dietas que incluyen forraje tienen características físicas de la carne similar a los que recibieron solo concentrado, lo que indica que es posible producir carne de corderos con excelentes propiedades, utilizando dietas con forrajes de buena calidad.

Palabras clave: Corderos, concentrado, forraje, carne.

de la energía consumida como grasa. La alimentación es uno de los principales factores que afectan las características y calidad de la carne (Bilatu *et al.*, 2012), por lo que es indispensable establecer estrategias de alimentación que permitan mejorar estos atributos.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en el estado de Yucatán, México, en instalaciones del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ubicada en La Antigua Carretera Mérida Motul km 25, Yucatán, México.

Se utilizaron 36 corderos machos enteros Katahdin \times Pelibuey, con un peso vivo promedio \pm DE 15.1 ± 2.2 . Los animales se distribuyeron con base a su peso vivo, utilizando un diseño totalmente al azar (Montgomery, 2004), a cuatro tratamientos que consistió en la inclusión de diferentes fuentes de forraje en la dieta: 1) 100% Alimento concentrado (AC); 2) 70% AC + 30% de pasto Maralfalfa (*Pennisetum* sp.); 3) 70% AC + 30% pasto Mombaza (*M. maximum*); 4) 70% AC + 30% de pasto CT-115 (*P. purpureum*), como se muestra en el Cuadro 1. Las proporciones de alimento y forraje se consideraron en base seca (BS), las cuales se convirtieron a base húmeda (BH) al momento de ser suministrados a los corderos. Las dietas aportaron entre 2.4 y 2.6 Megacalorías de Energía Metabolizable (Mcal EM)/animal/día, para obtener una ganancia de peso de 200 a 250 g/animal/día, aproximadamente (Huerta, 2001). Los animales se alojaron de acuerdo a su tratamiento en grupos de tres en corraletas provisto de área de sombra, bebedero y comedero. Cada repetición consistió en un animal, los cuales

INTRODUCCIÓN

La carne de borrego u ovino, en relación a las carnes procedentes de otras especies de animales aprovechadas por el hombre, goza de amplia aceptación y preferencia entre la población mexicana. Prueba de ello, son su textura y sabor, así como su riqueza nutricional. La cría de ovinos en las regiones tropicales de México se percibe como una opción ganadera con alto potencial de desarrollo (Morales *et al.*, 2004), originado por una aceptación creciente por parte de los consumidores (Martínez-Partida *et al.*, 2011); quienes gradualmente incluyen la carne ovina en su dieta (Arteaga, 2012), con un consumo per cápita de 1.1 kg de carne ovina al año (SIAP, 2012).

México ha sido deficitario en carne de ovino, recurriendo a las importaciones para complementar el abasto, las cuales para el año 2000 ascendieron 44,666 t. Sin embargo, con el incremento de la producción nacional en los últimos años, la entrada de carne se ha estado reduciendo paulatinamente, de tal manera que para el año el 2011 se introdujeron solamente 10,613 t (FAOSTAT, 2015).

Para satisfacer la demanda de carne y cumplir con los estándares de calidad que exige el mercado, es necesario realizar comparaciones entre razas de ovinos y sistemas de alimentación para conocer cual fenotipo produce mayor y mejor calidad de carne. Al respecto, se ha reportado que el nivel de alimentación y el tipo de dieta afecta la mayoría de las características de la canal, debido a que una alta concentración de energía en la dieta se refleja en una mayor deposición de tejido muscular y adiposo, así como de crecimiento de los diferentes órganos (McLeod y Baldwin, 2000; Cantón *et al.*, 2014). Lo anterior implica la existencia de un límite biológico en el potencial fisiológico del animal para depositar proteína, almacenando el resto

recibieron una mezcla de minerales traza libremente y tuvieron un período de adaptación a las dietas y corraletas de 14 días, se pesaron previo ayuno de 16 horas, al inicio, cada 14 días y al final del período de mediciones. Los corderos se sacrificaron cuando alcanzaron un peso vivo promedio \pm DE 44.0 \pm 2.0 kg. Al finalizar la prueba todos los animales se sacrificaron, previo ayuno de 16 h, de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana establecida para el sacrificio humanitario de los animales domésticos y silvestres. (NOM-033-ZOO-1995). Se retiró la grasa renal para obtener su peso (kg), se obtuvo el peso de la canal caliente para determinar su rendimiento. La canal se mantuvo en refrigeración a 4 °C y a las 24 h, se realizó un corte acanalado entre la 12^a y 13^a costilla para medir en el músculo *longissimus dorsi* (LD) el pH con un potenciómetro multifuncional HANNA y la temperatura con un termómetro digital y antimicrobial Taylor. La canal se diseccionó y se tomaron 100 g de muestra fresca del musculo LD para determinar la pérdida de agua, pesando las muestras de carne antes y después de almacenarlas durante 24 y 48 h a 4 °C, de acuerdo a la metodología recomendada por Honikel (1998). Se evaluó el color de la carne, mediante el sistema de escalas L*, a*, b*, recomendado por el CIE (1986). Los resultados se analizaron usando un modelo lineal (GLM) de efectos fijos, que incluyeron el efecto de la dieta, a través de los procedimientos del SAS (SAS Inst. Inc., 2003).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Cuadro 2 presenta los resultados del efecto del forraje y concentrado en la dieta sobre las características de

la canal y propiedades físicas de la carne de los corderos, en donde no se encontraron diferencias significativas para ninguna de las variables evaluadas ($P > 0.05$). Se ha reportado que el peso al sacrificio afecta la mayoría de las características de la canal, en donde los animales más pesados registran los mayores valores para la canal (Bianchi et al., 2006; Polidoria et al., 2017). En este trabajo, los corderos registraron pesos similares al sacrificio, lo cual explica las pocas variaciones halladas en el peso y rendimiento de la canal. Los valores promedio para el pH y temperatura \pm DE encontrados fueron de 5.58 \pm 0.12 y 6.38 \pm 0.56 °C, respectivamente, los cuales se encuentran dentro de los rangos normales para la carne fresca, lo que indica que existió suficiente reserva de energía (glucógeno) en músculo para el proceso de maduración de la carne (Aberle et al., 2001). En ese sentido, Sañudo (2006) indica que hay muchos factores que pueden afectar el pH de la carne en la especie ovina pero principalmente se debe a tres momentos importantes durante el proceso del sacrificio que son: antemortem, premortem y postmortem.

No se observó un efecto significativo ($P > 0.05$) atribuible a la dieta sobre el color de la carne de los corderos (Cuadro 3).

En cuanto el efecto del forraje y concentrado en la dieta sobre la pérdida de agua de la carne (Cuadro 4), se

Cuadro 1. Composición química de las dietas experimentales.

Componente	AC	AC + Pasto Maralfalfa	AC + Pasto Mombasa	AC + Pasto CT-115
Proteína (%)	14.40	12.93	12.47	12.30
Energía (Mcal EM/kg MS)*	2.64	2.45	2.45	2.40
Calcio (g)	6.3	5.8	5.6	6.5
Fósforo (g)	3.2	2.8	3.0	2.7

AC=Alimento Concentrado; EM=Energía Metabolizable; *Estimado con base al NRC (1985).

Cuadro 2. Efecto del forraje y concentrado en la dieta sobre el rendimiento y propiedades físicas de la canal de corderos cruzados F1 Katahdin \times Pelibuey.

VARIABLES	TRATAMIENTOS				Valor P	EEM
	AC	AC + Pasto Maralfalfa	AC + Pasto Mombasa	AC + Pasto CT-115		
Peso vivo al sacrificio (kg)	44.87	43.50	43.67	43.76	0.560	2.234
Peso canal caliente (kg)	21.82	21.08	21.11	21.24	0.693	1.478
Rendimiento canal caliente (%)	48.56	48.45	48.32	48.61	0.990	1.998
pH	5.58	5.62	5.57	5.55	0.758	0.137
Temperatura (°C)	5.98	6.68	6.73	6.13	0.854	2.320

AC=Alimento concentrado, EEM=Error estándar de la media.

Cuadro 3. Efecto del forraje y concentrado en la dieta sobre las características de color del músculo *Longissimus dorsi* de corderos cruzados F1 Katahdín × Pelibuey

VARIABLES	TRATAMIENTOS					Valor P	EEM
	AC	AC + Pasto Maralfalfa	AC + Pasto Mombasa	AC + Pasto CT-115			
L*	37.72	35.66	36.82	37.09	0.272	2.341	
a*	19.47	18.21	19.47	19.08	0.102	1.242	
b*	3.90	3.54	4.20	3.98	0.426	0.867	

AC=Alimento concentrado, EEM=Error estándar de la media.

ha observado, que los componentes de la carne están directamente relacionados con el grado de madurez, en donde los animales de mayor edad registran una coloración más oscura de la carne (Salgueiro *et al.*, 2009; Jacques *et al.*, 2011.). Otros autores (Bonanno *et al.*, 2012) reportan también que el nivel de forraje de la dieta tiene efectos mínimos sobre características de la carne de corderos, lo cual concuerda con los hallado por (Díaz *et al.*, 2002) y los reportados en este estudio. La poca pérdida de agua en la carne (0.1%), indica que independientemente de la dieta, ésta conservó sus propiedades físico-químicas adecuadas para su almacenamiento.

Es probable que al incluir el forraje en la dieta mejoró la función ruminal de los corderos y junto con los granos, como el sorgo y la soya constituyan un complemento adecuado para una utilización más eficientemente de los componentes de la dieta, lo cual les permite tener características físicas de la carne similares al de dietas a base de concentrado.

CONCLUSIONES

Los corderos alimentados con dietas que incluyen 30% de forraje, tienen características físicas de la carne similar a los que recibieron solo concentrado, lo que indica que es posible producir carne de corderos con excelentes propiedades y características que el consumidor demanda, utilizando dietas con forrajes de buena calidad.

LITERATURA CITADA

Aberle, E.D., Forrest J.C., Gerrad, D.E., Mills, E.W., Hedrick, H.B. & Merkel, R.A. (2001). Principles of Meat Science. 4th Edition. Kendall/Hunt Publishing Company. Iowa, USA. 354 p.

Arteaga, C.J. D. (2012). Mensaje institucional en el acto Inaugural del VII. Foro Ovino del Estado de México. INIFAP. ICAMEX

Bianchi, G., Garibotto, G., Feed, O., Bentancur, O. & Franco, J. (2006). Efecto del peso al sacrificio sobre la calidad de la canal y de la carne de corderos Corriedale puros y cruza. Archivos de Medicina Veterinaria 38: 161-165.

Bilatu, A.G., Zelealem, T.G. & Anil, K.A. (2012). Effect of metabolic modifiers on meat quantity and Quality. African Journal of Food Science 6(11): 294-301.

Bonanno, A., Tornambé, G., Di Grigoli, A., Genna, V., Bellina, V., Di Miceli, G. & Giambalvo D. (2012). Effect of legume grains as a source of dietary protein on the quality of organic lamb meat. Journal of the Science Food and Agriculture. doi: 10.1002/jsfa.5616.

C.I.E. 1986. Commission Internationale de l'Éclairage. Colorimetry publication. 2nd ed. CIE Publ. No.15.2. Bureau Central de la CIE. Vienna, Austria.

Cantón, J., Alcaraz, R.A., Domínguez, A.E., Quintal, A.J., Rojas, R.O., Piña, B.A. & Vinay V.J. (2014). Cortes selectos de la canal de corderos cruzados Katahdín con Pelibuey alimentados con dietas a base de forraje de alfalfa. Memoria de la XXIV Reunión Internacional sobre Producción de Carne y Leche en climas cálidos, Sinaloa, México, pp: 501-506.

Díaz, M.T., Velasco, S., Cañeque, V., Lauzurica, S., Ruiz, F., Pérez, C., González, J. & Manzanares, C. (2002). Use of concentrate or pasture for fattening lambs and its effect on carcass and meat quality. Small Ruminant Research 43: 257-268.

FAOSTAT. (2015). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Cultivos y productos de ganadería. Comercio de Exportaciones e Importaciones. Clasificación por País. <http://faostat3.fao.org/browse/T/TP/E>. (consulta 17 de marzo del 2017).

Cuadro 4. Efecto del forraje y concentrado en la dieta sobre la pérdida de agua de la carne de corderos cruzados F1 Katahdín × Pelibuey

VARIABLES	TRATAMIENTOS					Valor P	EEM
	AC	AC + Pasto Maralfalfa	AC + Pasto Mombasa	AC + Pasto CT-115			
Pérdida por goteo a las 24 horas	0.10	0.10	0.10	0.10	0.933	0.037	
Pérdida por goteo a las 48 horas	0.12	0.14	0.12	0.12	0.242	0.038	

AC=Alimento concentrado; EEM=Error estándar de la media.

- Honikel, K.O. (1998). Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Science* 49: 447-457.
- Huerta, B.M. (2001). Requerimientos nutricionales de ovinos Pelibuey y de lana. II Congreso Latinoamericano de Especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericano. XI Congreso Nacional de Producción Ovina. Yucatán, México 16 p. (Memoria CD).
- Jacques, J., Berthiaumeb, R. & Cinq-Mars, D. (2011). Growth performance and carcass characteristics of Dorset lambs fed different concentrates: Forage ratios or fresh grass. *Small Ruminant Research* 95: 113-119.
- Martínez, P.J.A., Jiménez, S.J.G., Herrera, H., Valtierra, P.E., Sánchez, L.E. & López, R. M.C. (2011). Ganadería ovino-caprina en el marco del programa de desarrollo rural en Baja California. *Universidad y Ciencia* 27: 331-344.
- Mcleod, K.R., y Baldwin, R.L. (2000). Effects of diet forage:concentrate ratio and metabolizable energy intake on visceral organ growth and in vitro oxidative capacity of gut tissues in sheep. *Journal of Animal Science*, 78, 760-770.
- Montgomery, D.C. (2004). *Diseños y Análisis de Experimentos*. 2ª ed. Edit. Limusa, México. 686 p.
- Morales, M.M., Martínez, J.P., Torres, H.G., y Pacheco, V.J. (2004). Evaluación del potencial para la producción ovina con el enfoque de agroecosistemas en un ejido de Veracruz, México. *Revista Técnica Pecuaria en México* 42: 347-359.
- Norma Oficial Mexicana NOM-033-ZOO-1995. (1995). Sacrificio humanitario de los animales domésticos y silvestres.
- N.R.C. (1985). *Nutrient Requirements of Sheep*. National Research Council. 6 th Revised Edition. National Academy of Sciences. Washington, D.C. USA. 122 p.
- Polidoria, P., Pucciarelli, S., Cammertoni, N., Polzonetti, V. & Vincenzetti, S. (2017). The effects of slaughter age on carcass and meat quality of Fabrianese lambs. *Small Ruminant Research* 155: 12-15.
- Salgueiro, Z., Díaz, M.D. & Carballo, S.J. (2009). Efecto del acabado sobre la calidad de la canal de terneros y terneras alimentados con ensilados. *Archivos de Zootecnia* 58: 11-22.
- Sañudo, C. (2006). Conferencia: Calidad de la canal y carne en los ovinos: factores que la determinan. *Revista Argentina de Producción Animal* 26: 155-167.
- S.A.S. Institute Inc. (2003). *SAS/STAT user's Guide*. Version 6. Fourth Edition. Vol. 1. Cary, NC. SAS Institute Inc. 943 p.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2012). Resumen nacional (producción, precio, valor, animales sacrificados y peso. <http://www.siap.gob.mx/resumen-nacional-pecuario>.



Agribusiness diversification in Mexico and Tamaulipas; a model for regional development

Diversificación en agronegocios en México y Tamaulipas; una propuesta de modelo para el desarrollo regional

Galván-Vera, Antonio^{1*}; García-Fernández, Francisco¹; Serna-Hinojosa, José A.¹

¹Universidad Autónoma de Tamaulipas. Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. C. P 87070.

*Autor de correspondencia: agalvanv@docentes.uat.edu.mx

ABSTRACT

Objective: To generate a profitable business vision through productive diversification in economic units in the rural sector.

Design/methodology/approach: A historical statistical analysis of the data from SIAP (2017) was made and the annual average growth rate (AAGR) for each agricultural product was obtained, as well as its standard deviation in a period from 2005 to 2015 to determine the attractiveness of the value networks.

Results: The most opportunity production chains for the development agricultural business model were identified, where it is proposed to continue to produce in the activities that have the greatest production value and invest in those that are considered risky and dynamics. It also aims to create synergy between the agricultural and livestock sector to mitigate the risk involved in focusing on one single activity.

Limitations on study/implications: This research focuses on secondary information from reliable sources.

Findings/conclusions: The diversification of businesses in the agricultural sector is a viable alternative to improve profitability and competitiveness of companies so that they have more resources and distribute their risks. There is an opportunity to incorporate a business network in all those activities that present the greatest risks, that is, those in which their value present improvements over time.

Keywords: Diversification, agricultural sector, agricultural networks

RESUMEN

Objetivo: Generar una visión de negocios rentables mediante la diversificación productiva en las unidades económicas del sector rural como modelo regional para Tamaulipas, México

Diseño/metodología/aproximación: Se realizó un análisis estadístico histórico de los datos obtenidos del SIAP (2017). Se obtuvo el indicador atraktividad de las redes de valor, a partir de la combinación de las tasas de crecimiento media anual (TCMA) de los productos agropecuarios y su desviación estándar promedio en un periodo comprendido del 2005 al 2015.

Resultados: La obtención de la atraktividad de redes de valor permitió identificar las cadenas productivas de mayor oportunidad para el desarrollo de modelo de negocios agropecuarios y se propone seguir produciendo en aquellas actividades que tienen mayor valor de producción e invertir en aquellas que son consideradas como riesgosas y/o que presenten mejor valor y dinamismo en la actividad.

Agroproductividad: Vol. 12, Núm. 12, diciembre. 2019. pp: 67-73.

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

Limitaciones del estudio/implicaciones:

Esta investigación se centrará en información secundaria de fuentes fiables.

Hallazgos/Conclusiones: La diversificación de negocios en el sector agropecuario es una alternativa viable para mejorar la rentabilidad y competitividad de las empresas para que cuenten con más recursos y distribuyan sus riesgos. Existe oportunidad de migrar a otra red de negocio, en todas aquellas actividades que presentan riesgos pero con buen dinamismo, es decir aquellas en las que su valor presenta mejoras en el tiempo. Se propone crear una sinergia entre el sector agrícola y pecuario para mitigar el riesgo que involucra enfocarse en una sola actividad.

Palabras clave: Diversificación, sector agropecuario, redes agropecuarias

INTRODUCCIÓN

Para obtener una ventaja competitiva sostenible en el tiempo, las empresas están obligadas al análisis de todas las actividades que integran la cadena de valor. Esto les ayudará a identificar las deficiencias o sus puntos críticos que afectan negativamente su productividad y a diseñar e implementar estrategias que maximicen sus recursos (Samamé, 2019).

El enfoque de la Cadena de Valor ha ganado mucha importancia en el sector empresarial por sus aportaciones en el análisis que se realiza en cada uno de los eslabones que la componen y que permite agregar o aumentar su valor a lo largo de cada uno de ellos, desde la etapa de producción hasta el consumidor final, incluyendo la comercialización, el mercado y la distribución (Acosta *et al.*, 2006), permitiéndonos encontrar los puntos críticos en los que se pueda apoyar al sector para su crecimiento.

El sector agropecuario ha tomado esta información para conformar las llamadas cadenas agropecuarias o cadenas agroalimentarias, las cuales forman parte de los agronegocios, concepto desarrollado para crear modelos de estos sistemas dedicados a la producción agropecuaria (Gomes *et al.*, 2002).

Ruiz, (2005), señala que el sector agropecuario en México ha sufrido una serie de fluctuaciones, que las políticas públicas y estrategias realizadas no han podido estabilizar en las últimas décadas.

Una herramienta de apoyo para el desarrollo económico del sector agropecuario es la diversificación de las unidades productivas para exportaciones, la cual no se ha explotado de manera adecuada en muchos países que cuentan con grandes extensiones de tierra y en donde se puede trabajar conjuntamente en proyectos internacionales, comercializando productos en mercados donde no llegan (Amorín, 2014).

De acuerdo con Gort (1962) la diversificación es un incremento en la heterogeneidad de productos, desde el punto de vista del número de mercados servidos por aquellos productos. Para Booz *et al.* (1985) la diversificación se define como una medida de la extensión de la base de un negocio para lograr mejorar el crecimiento y/o para reducir el riesgo global de la empresa.

La diversidad y oportunidades del sector agropecuario genera el planteamiento de cómo mejorar sus actividades para detonar un desarrollo y se incrementa no solo la productividad sino la eficiencia y rentabilidad en beneficio de las economías locales. Por lo anterior, la presente investigación tuvo como objetivo identificar las principales cadenas productivas del sector agropecuario respecto al valor de la producción para determinar en que actividades es importante promover la diversificación en empresas del sector rural a nivel regional en Tamaulipas, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un análisis estadístico histórico de los datos obtenidos del SIAP (2017). Se calculó la tasa de crecimiento media anual (TCMA) para cada uno de los productos agropecuarios, y su desviación estándar promedio en un periodo comprendido del 2005 al 2015. Para obtener la tasa de crecimiento media anual del periodo comprendido del 2005 al 2015, los datos de valor de la producción de los productos agrícolas y pecuarios se trataron previamente, deflactando cada valor al año base 2015. Para deflactar el valor de los datos se obtuvo primero el deflactor, utilizando el índice de precios (IPC) del 2015 como año base, y se dividió el IPC del año a deflactar entre el IPC del año base:

$$\text{Deflactor} = \frac{\text{IPC año a deflactar}}{\text{IPC año base}}$$

Posteriormente cada uno de los productos o cultivos agropecuarios de un año se dividió entre su deflactor correspondiente:

$$\text{Valor deflactado} = \frac{\text{valor de producción año } n}{\text{deflactor año } n}$$

Una vez obtenido el valor deflactado se obtuvieron las tasas medias de crecimiento anual y su desviación estándar para cada uno de los productos con las siguientes fórmulas:

$$TMCA = \left[\left(\frac{\text{valor deflactado año final}}{\text{valor deflactado año inicial}} \right)^{\left(\frac{1}{n-1} \right)} - 1 \right] \times 100$$

Dónde: $TMCA$ = tasa media de crecimiento anual, n = número de años de estudio

$$DESVEST \text{ promedio} = \frac{DESVEST (\text{año } 1 : \text{año } n)}{\text{promedio} (\text{año } 1 : \text{año } n)} \times 100$$

$$DESVEST = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{(n-1)}}$$

Dónde: $DESVEST$ = Desviación estándar; n = número de años de estudio; \bar{x} = es la media de la muestra.

RESULTADOS

Los datos obtenidos de TCMA y la desviación estándar sirvieron para seleccionar las redes agropecuarias que representan una alternativa para estrategias de diversificación.

Análisis de la red de valor de las actividades agrícolas en México

Las actividades evaluadas del sector primario, tanto a nivel nacional como a nivel regional para Tamaulipas, se encuentran representadas por un número relativamente pequeño de redes agropecuarias que aportan un valor al desarrollo de la economía, también relativamente pequeño, a pesar de la

importancia que reviste este sector en el desarrollo del país. Se observa cómo a nivel nacional, el sector agrícola, a pesar contar con una gran variedad de cultivos, el mayor valor de la producción se lo lleva un solo cultivo de forma contundente, con más de 40 mil millones de pesos de diferencia entre el valor de producción del siguiente cultivo en importancia, esto es entre la producción del maíz grano y la caña de azúcar.

La atractividad de redes para el sector agrícola a nivel nacional se encuentra en relativo crecimiento con TCMA que van desde 0.37% para la papa hasta un 9.83% para el espárrago, con una desviación estándar amplia para algunos cultivos como el agave, algodón hueso, fresa y espárrago, considerándolos como productos de mayor dinamismo en su actividad (Figura 1).

Análisis de la red de valor de las actividades agrícolas en Tamaulipas

En el estado de Tamaulipas, de los 25 cultivos más importantes estudiados por su valor de producción, sobresale significativamente un solo cultivo, en este caso el sorgo, con una diferencia del valor de producción, al siguiente lugar inferior de aproximadamente de

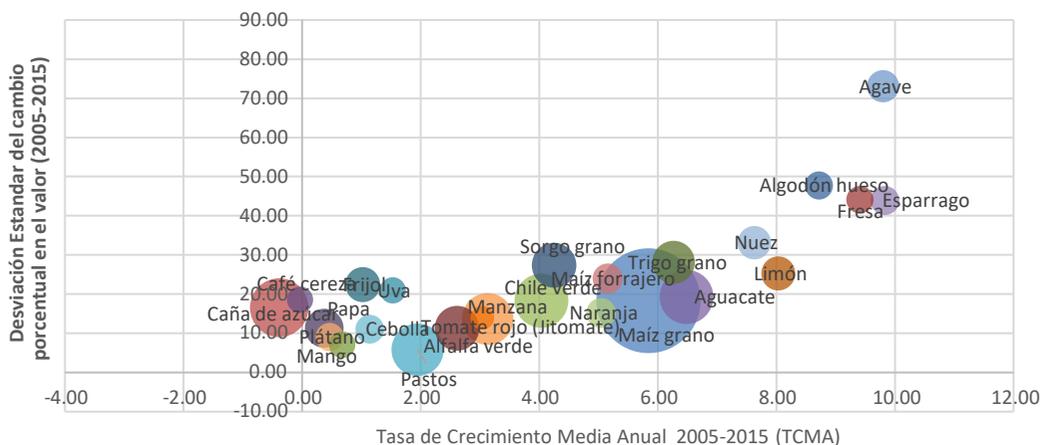


Figura 1. Atractividad de Redes Agrícolas en México. Elaboración propia con datos de SIAP (2017).

4 mil millones de pesos. Siendo solo dos productos más que se encuentran con valores superiores a los mil millones de pesos (Figura 2). De ahí al lugar número 25 existe una diferencia de 5,500 millones de pesos, estableciéndose en casi 6 millones de pesos de valor de producción.

Los crecimientos no son tan alentadores, tiendo redes agrícolas con una tasa de crecimiento negativa, algunas concentradas con bajo crecimiento, pero de mayor valor de producción, y algunas otras con TCMA relativamente altas, pero sin tanto dinamismo en su actividad mostrando riesgos.

Análisis de la red de valor de las actividades pecuarias en México

De las principales actividades pecuarias desarrolladas en el país, las redes que han presentado una mayor tasa de crecimiento media anual son la denominada huevo para plato con 6.25%, seguida de bovino en canal y pie de

bovino, con TCMA de 4.71% y 4.16% respectivamente (Figura 3). Observamos niveles de crecimiento moderados sin alto riesgo para redes porcinas y ovinas en canal así como las de bovino leche y miel de abeja.

Análisis de la red de valor de las actividades pecuarias en Tamaulipas

Para el estado de Tamaulipas el escenario no es muy alentador para las redes de valor de las actividades pecuarias. El 75 % de ellas no registraron un crecimiento positivo (Figura 4). Solo 5 actividades (de un total de 15 analizadas), mostraron unas tasas de crecimiento positivo, en los productos o especies de bovino canal, huevo para plato, bovino pie, miel y ovino canal.

PROPUESTA DE DIVERSIFICACIÓN DE REDES AGROPECUARIAS

Las actividades evaluadas del sector primario, tanto a nivel nacional como a nivel regional (Tamaulipas), se encuentran representadas por un número

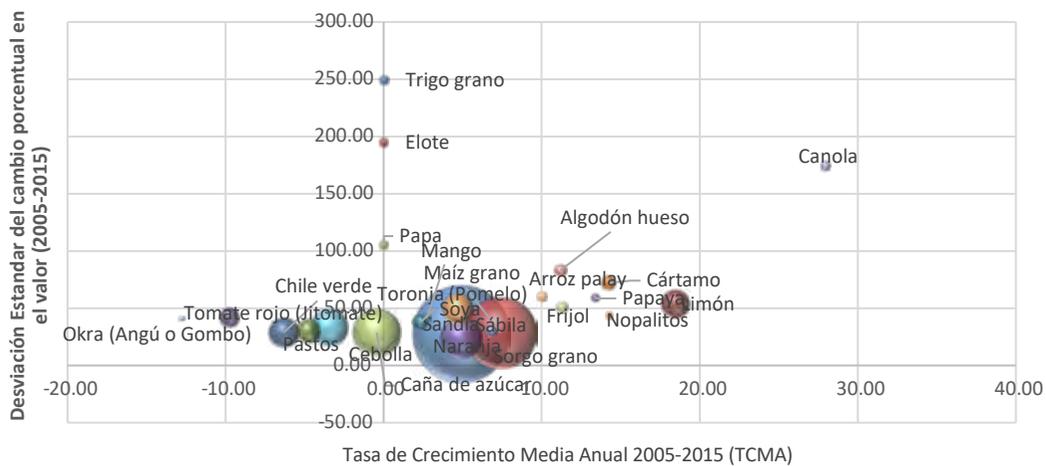


Figura 2. Atractividad de Redes Agrícolas en Tamaulipas. Elaboración propia con datos de SIAP (2017).

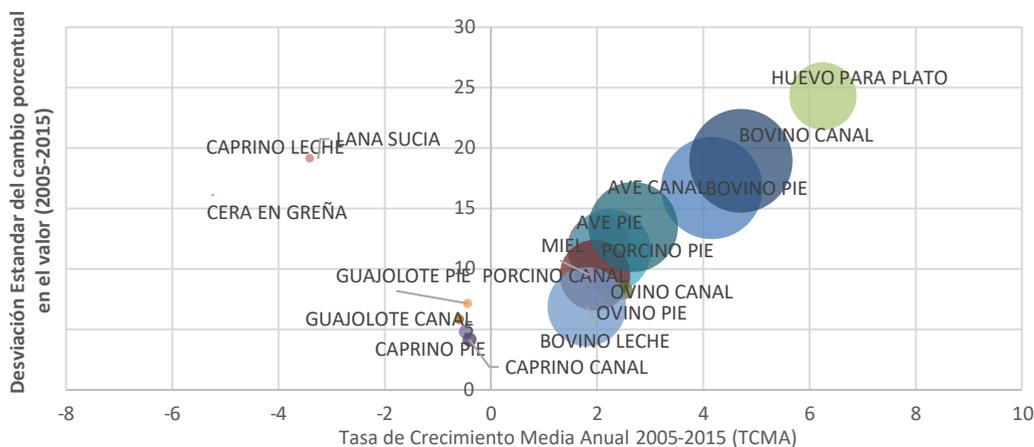


Figura 3. Atractividad de Redes Pecuarias en México. Elaboración propia con datos de SIAP (2017).

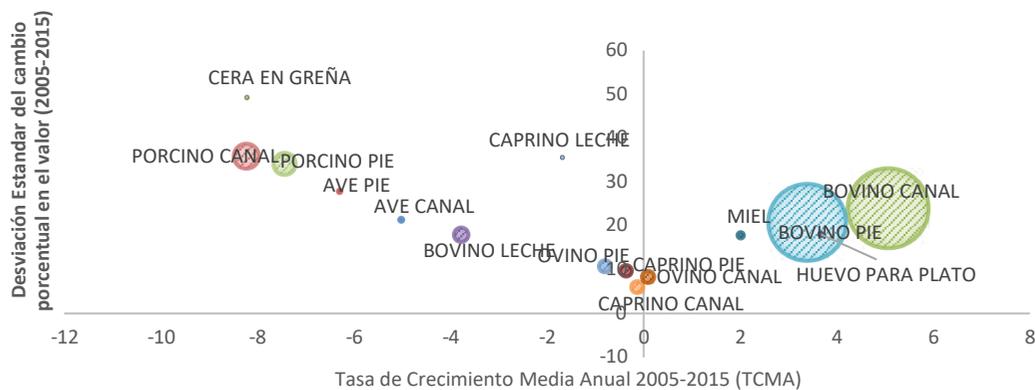


Figura 4. Atractividad de Redes Pecuarias en Tamaulipas, México. Elaboración propia con datos de SIAP (2017).

relativamente pequeño de redes agropecuarias que aportan un valor al desarrollo de la economía (concentración), también relativamente pequeño, a pesar de la importancia que reviste este sector en el desarrollo del país, es donde se denota el principal factor para impulsar diversas actividades.

A pesar de que el maíz grano es considerado el cultivo de mayor atractividad debido a su alto valor de producción, su crecimiento ha permanecido estancado durante el periodo comprendido entre 2005-2015. En el caso contrario están los productos como algodón hueso, la fresa y el limón, los cuales muestran mayor dinamismo y una desviación estándar alta, lo cual los clasifica otro nivel de riesgo.

En Tamaulipas, se han constatado redes de producción con el mayor valor debido a su concentración, pero con bajo crecimiento adicionales al sorgo, como el cultivo de la caña de azúcar, naranja, y soya. Por otro lado, se observaron redes con altas tasas de crecimiento con riesgos moderados. Por ejemplo; el limón, algodón hueso, cártamo, frijol, arroz, papaya, entre otros.

En el sector pecuario, las redes son de menor número, pero no por ello

menos importantes. A nivel nacional el bovino canal es una de las actividades con mayor valor de producción, pero presenta mayor riesgo debido a su volatilidad en el valor al alejarse de la media en las gráficas de atractividad, sin embargo, la mayoría de los productos pecuarios presentan una tendencia de crecimiento.

Caso contrario sucede en el estado de Tamaulipas, donde existe un decrecimiento en las cadenas de este sector. La red de Bovino, es la más atractiva al presentar mayor valor de producción y crecimiento. En el sector también es viable comenzar a optar por la diversificación en otras cadenas de valor, con el fin de reducir el riesgo que presenta el bajo dinamismo de la red de bovino.

En este contexto se visualiza, la baja productividad y competitividad de los mercados en la mayor parte de las actividades del sector agropecuario al no presentar un crecimiento constante y estable, haciéndose presente la necesidad de buscar nuevas áreas de oportunidad para agregar valor a los agronegocios.

Es relevante la toma de decisiones por parte de los actores involucrados por encontrar soluciones via-

bles de crecimiento y desarrollo de sus empresas investigando la adopción de nuevos negocios o integración de nuevos mercados. Investigaciones empíricas muestran que el operar en segmentos de negocio múltiples conlleva obtener beneficios y costos. Por ejemplo, entre los principales beneficios asociados con la diversificación sobresalen el incremento del poder de mercado (Scherer 1980), la creación de mercados de capital internos que permiten una asignación de los recursos más eficiente (Stein 1997), la generación de sinergias derivadas de compartir recursos y capacidades entre las distintas actividades (Tanriverdi y Venkatraman 2005), el incremento de la capacidad de endeudamiento (Lewellen 1971), el logro de ventajas fiscales (Berger y Ofek 1995) y la dispersión del riesgo asociado a participar en un solo negocio (Lubatkin y Chatterjee, 1994).

En relación con lo anterior se propone un modelo de diversificación de negocio para las empresas rurales dedicadas a las actividades agropecuarias (Figura 5), en las que una vez analizado la situación de la empresa o negocio y decidido incursionar en dos o más mercados, se tendrá que elaborar un plan de negocio en el que el enfoque de mercado sea la

diversificación ya sea la integración y/o complementación de otras cadenas productivas.

La propuesta radica en la necesidad de reducir el riesgo que representa para los productores la explotación de una sola actividad. Como se analizó anteriormente existen cultivos que tienen un valor de producción alto pero un bajo crecimiento, por tal motivo se considera viable optar por la inversión en actividades riesgosas, dentro del mismo sector pero que han sido más dinámicas. Asimismo se plantea la idea de incursionar en el sector pecuario a la par con el sector agrícola y de esta manera generar un uso óptimo de los factores de producción involucrados en la cadena de valor. Así, por ejemplo a nivel nacional se recomienda seguir produciendo maíz grano debido a su abundancia en el país y la importancia que tiene en la dieta de las familias mexicanas, e invertir en la producción de la nuez, limón y algodón hueso. Al mismo tiempo se espera que el productor se involucre en la producción de bovino en pie y bovino canal, generando así una sinergia para lograr un crecimiento sostenible al diversificar sus operaciones en distintas actividades dejando a un lado la especialización en un solo producto lo cual evitará que durante diversas temporadas del año la producción se quede detenida.

CONCLUSIONES

Al analizar el comportamiento de histórico y la atractividad de redes de las cadenas agropecuarias se observa que existe en la mayoría de los productos una muy baja competitividad de mercados al existir una gran disparidad en el valor de sus productos y en algunos casos.

Una forma de que no afecte sustancialmente la economía de los productores el hecho de manejar productos que conllevan altos riesgos de producción es manejar diferentes productos que se puedan acoplar a la red agropecuaria que manejan o complementarla con otras que si presenten una mayor atractividad de mercado y que contrarresten los efectos económicos negativos que pudiera provocar la producción de uno de ellos. En la investigación realizada se observó que el sector agropecuario a nivel nacional presenta un crecimiento más estable que a nivel estatal, comprobando que es necesari



Figura 5. Modelo para diversificar negocios agropecuarios aplicable a nivel nacional para México y a nivel regional para el estado de Tamaulipas.

rio aplicar medidas estratégicas para apoyar en su crecimiento sostenido.

La diversificación de negocios en el sector agropecuario es una alternativa de mercado viable para mejorar la rentabilidad y competitividad de las empresas.

Existen áreas de oportunidad en todas aquellas actividades que presentan mayores riesgos o que han tenido un decrecimiento en el valor de su producción, de incorporar una red de negocio que inyecte valor a su negocio y lo convierta en una empresa competitiva con nuevas oportunidades de en mercado, estables y crecientes, buscando además la posibilidad de exportar sus productos.

LITERATURA CITADA

Acosta, L. (2006). Agrocadenas de Valor y Alianzas Productivas: "Herramientas de Apoyo a la Agricultura Familiar en el Contexto de la Globalización". Chile: Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe.

Amorín, N. (2014). La diversificación herramienta para el crecimiento. octubre 10, 2017, de B2BCTRADE Sitio web: <http://b2bctrade.blogspot.mx/2014/06/diversificacion-agropecuaria.html>

Berger, PG. y Ofek, E. (1995). Diversification's effect on firm value. *Journal of Financial Economics*, 37 (1): 39-65.

Caballero, M. (2013). La Innovación en Modelos de Negocios en Empresas Rurales. *Claridades Agropecuarias*, 239: 7-20

Gort, M. (1962). Front matter, diversification and integration in American industry. In *Diversification and integration in American Industry* (pp. 22-0). Greenwood Press.

Lewellen, W. (1971). A pure financial rationale for conglomerate mergers. *Journal of Finance*, 26: 521-537.

Lubatkin, M. y Chatterjee, S. (1994). Extending modern portfolio theory into domain of corporate diversification: Does it apply?. *Academy of Management Journal*, 37 (1): 109-136.

Ruiz, M (2005). Evolución reciente y perspectivas del sector agropecuario en México, ICE México, 821: 89-106

- Samamé, J. (2019). Modelo para la competitividad en la cadena de valor de la caña de azúcar en el departamento de Lambayaque. *Horizonte Empresarial* 5 (2): 58-68
- Scherer, F. (1980). *Industrial Market Structure and Economic Performance*. Houghton Mifflin. Fort Pierce, FL, USA.
- Stein, J. (1997). Internal capital market and the competition for corporate resources. *Journal of Finance*, 52: 111-133.
- Tanriverdi, H. y Verkatraman, N. (2005). Knowledge relatedness and performance of multibusiness firms. *Strategic Management Journal*, 26: 97-119



Determinants of the poultry meat demand in carcass in Mexico, 1990-2018

Determinantes de la demanda de carne de pollo en canal en México, 1990-2018

Rebollar-Rebollar, Eulogio¹; Rebollar-Rebollar, Samuel^{1*}

¹Universidad Autónoma del Estado de México, Temascaltepec, Estado de México, México.

*Autor para correspondencia: srebollarr@uaemex.mx

ABSTRACT

Objetivo: To evaluate the degree of sensitivity of demand for poultry meat in carcasses in Mexico, in the face of changes in its main determinants.

Design/methodology/approach: With Ordinary Least Squares, a multiple linear regression model was estimated, where the response was the domestic demand for poultry meat in carcasses and the predetermined the actual price of chicken meat, real price of pork, real price of bovine meat, per capita real income and population, for the period 1990-2018.

Results: There was an inverse and inelastic effect (-0.09) of the quantity demanded of poultry meat at the price of the product, direct and inelastic to the prices of pork (0.001) and bovine (0.07), direct and inelastic to the income (0.10), direct and elastic to the population (0.90).

Limitations on study/implications: It is suggested to test the statistical and economic significance with almost ideal demand models to compare elasticities.

Findings/conclusions: Population and per capita income had the greatest effect on the sensitivity of demand for poultry meat in carcasses in Mexico and that this product behaved as a normal and inelastic good to income.

Keywords: poultry meat, demand, elasticities, Mexico.

RESUMEN

Objetivo: Evaluar el grado de sensibilidad de la demanda de carne de pollo en canal en México, ante cambios en sus principales determinantes.

Diseño metodológico/aproximación: Con Mínimos Cuadrados Ordinarios, se estimó un modelo de regresión lineal múltiple donde la respuesta fue la demanda nacional de carne de pollo en canal y las predeterminadas el precio real de la carne de pollo, precio real de la carne de cerdo, precio real de la carne de bovino, ingreso real per cápita y población, para el periodo 1990-2018.

Resultados: Hubo un efecto inverso e inelástico (-0.09) de la cantidad demandada de carne de pollo al precio del producto, directo e inelástico a los precios de la carne de cerdo (0.001) y de bovino (0.07), directo e inelástico al ingreso (0.10) y a la población (0.90).

Limitaciones del estudio/implicaciones: Se sugiere probar la significancia estadística y económica con modelos de demanda casi ideal para contrastar las elasticidades.

Hallazgos/conclusiones: La población y el ingreso per cápita tuvieron el mayor efecto sobre la sensibilidad de la demanda de carne de pollo en canal en México y que este producto se comportó como un bien normal e inelástico al ingreso.

Palabras clave: Carne de pollo, demanda, elasticidades, México.

Agroproductividad: Vol. 12, Núm. 12, diciembre. 2019. pp: 75-80.

Recibido: marzo, 2019. **Aceptado:** noviembre, 2019.



MATERIALES Y MÉTODO

Se analizó la demanda de carne de pollo en canal en México, durante el periodo 1990 a 2018 mediante el método estadístico del análisis de la regresión. Para ello, el mejor modelo estadístico al cual se ajustó la base de datos, fue el de regresión lineal múltiple, en el que se incluyeron variables económicas que explican la demanda (Brigham y Pappas, 1992) de este producto pecuario en el país. Así, la demanda de cualquier producto en el mercado es una función del precio del producto, bien o artículo, ingreso del comprador, precio de bienes sustitutos y complementarios, de su gusto, de la población y otros factores (Salvatore, 1997; Vázquez y Martínez, 2015).

Para estimar el modelo de regresión lineal, se utilizaron datos estadísticos provenientes de fuentes secundarias oficiales de México como el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA), del Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados (SNIIM) y del Consejo Nacional de Población (CONAPO). Todas las variables monetarias del modelo estadístico, se deflactaron con el índice nacional de precios al consumidor (INPC) base 2012.

Para estimar el valor de cada parámetro en el modelo lineal asociado a la función de demanda de carne de pollo, se utilizó el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) (Gujarati y Porter, 2010), con el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System) (SAS, 2003). La congruencia estadística del modelo de demanda estimado, se determinó con el coeficiente de determinación R^2 -ajustado, la significancia estadística del modelo se efectuó

INTRODUCCIÓN

La avicultura comercial en México, es uno de los sectores estratégicos más importantes (UNA, 2019), debido al crecimiento constante en la producción y el consumo (Medina *et al.*, 2012). Este hecho arraiga a la carne de pollo como la proteína favorita de los consumidores mexicanos (FIRA, 2015), al presentar menos grasa entre sus fibras musculares, al aporta ácidos grasos mono insaturados y poliinsaturados en menor cantidad y por poseer elevadas cantidades de hierro, zinc, fósforo, potasio, minerales esenciales para cualquier individuo y más aún para los amantes de la actividad física (Vitonica, 2008).

En 2018 la producción total de carne en México de las principales especies pecuarias, fue 6.90 millones de toneladas (t); en éste, las aves de carne participaron con 48% (3.30 millones de t), bovinos 28.50 %, porcinos 21.60 % y el resto con 1.90%. En el volumen nacional de carne de pollo, Jalisco, Veracruz, Querétaro, Durango, Aguascalientes y Guanajuato, aportaron 59.60 % (SIAP, 2019).

De 1990 a 2018, el consumo de carne de pollo en México, creció, en promedio, 6.60 %, al pasar de 1.40 millones de toneladas métricas (Mt) en 1990 a 4.10 Mt en 2018. Del volumen total que se consumió en 2018, 86.30% fue producción nacional y 13.30% importaciones, las exportaciones no sobresalieron (UNA, 2019). En tanto que el consumo per cápita reportó una tasa de crecimiento media anual de 4.74, para el mismo periodo, al pasar de nueve kilogramos (kg) en 1990 a 33 kg en 2019.

La dinámica del consumo, se explicó en parte por el incremento del PIB per cápita real de 3.60 % (INEGI, 2019), el crecimiento medio de la población, a nivel nacional, de 1.37 % (CONAPO, 2019) y precio real de la carne de pollo a la baja que presentó una tasa de crecimiento media anual de -2.60 %, al pasar de \$52.33 por kg en 1990 a \$25.01 por kg en 2018. Además, la preferencia del consumidor, debido a factores como número de integrantes e ingreso que afectan positivamente la probabilidad de consumo de carne, también afectó la tasa de consumo (Téllez *et al.*, 2016).

Ante el comportamiento diverso en el consumo de carne de pollo en México, es importante medir el efecto de las principales variables económicas que determinan la demanda de este producto, a fin de generar indicadores que contribuyan a orientar a que los hacedores de políticas públicas, dispongan de herramientas mayores que les permitan conocer la influencia de tales variables; así como el diseño de programas de apoyo a esta actividad.

Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar el grado de sensibilidad de la demanda de carne de pollo en canal en México, ante cambios en sus principales determinantes durante el periodo 1990 a 2018. La hipótesis consideró que la demanda de carne de pollo en México, se determina en forma inversa por el precio real del producto, en forma directa por el precio real de las carnes de cerdo y de bovino, así como por el ingreso real per cápita y la población.

mediante la prueba F (F-calculada) y la significancia individual de cada coeficiente con la t de Student o la razón de t.

La significancia económica, se realizó al considerar los signos y la magnitud de los coeficientes de las variables de la función de demanda (las variables independientes, regresadas, explicativas o predeterminadas) y se interpretaron con base en fundamentos de la teoría micro económica, a través de la medida de respuesta conocida como elasticidad, es decir, hasta qué punto es sensible la demanda ante cambios en las variables independientes; por lo que la relación entre el volumen de demanda de carne de pollo en canal en el periodo actual, aproximado por el consumo nacional aparente (toneladas) y el precio de la carne de pollo en canal en el periodo actual (\$/t), debe ser inversa; mientras que con el Producto Interno Bruto real per cápita nacional en el periodo actual (\$/persona) como una variable de aproximación al ingreso nacional disponible real per cápita (Gujarati y Porter, 2010); precio de la carne de cerdo (\$/t); precio de la carne de bovino (\$/t) y población, la relación debe ser directa.

Asimismo, se determinaron las elasticidades económicas de cada una de las variables explicativas que determinaron la demanda de carne de pollo en México y, se evaluaron de acuerdo al signo y magnitud de sus coeficientes; los cuales, se interpretaron acorde a la teoría micro económica de la demanda (Gujarati y Porter, 2010; Nicholson y Snyder 2015; Parkin y Loria 2015).

Especificación del modelo estadístico

$$DCP_t = \beta_{11} + \beta_{12}PCRP_t + \beta_{13}PCRC_t + \beta_{14}PCRB_t + \beta_{15}PIB_t + \beta_{16}POB_t + \beta_{17}DCP_{t-1} + \epsilon_t$$

Dónde: DCP_t : volumen de demanda de carne de pollo en canal en el periodo actual, aproximado a la producción nacional de este producto, en toneladas (t); $PCRP_t$: precio real de la carne de pollo en canal (\$/t); $PCRC_t$: precio real de la carne de cerdo en canal como producto o bien sustituto (\$/t); $PCRB_t$: precio real de la carne de bovino en canal como producto o bien sustituto (\$/t); PIB_t : producto interno bruto real per cápita nacional (\$/persona) como una variable de aproximación al ingreso nacional disponible per cápita (Gujarati y Porter, 2010; Vázquez y Martínez, 2015); POB_t población nacional (habitantes/por año) y DCP_{t-1} : demanda de carne de pollo en canal en el periodo actual rezagada un periodo.

Se consideró el consumo nacional aparente, como una variable de aproximación a la demanda nacional de carne de pollo, definida como por producción nacional, más importaciones, menos exportaciones. Luego, se multiplicó por el número de habitantes de México el año determinado de la serie de tiempo considerada.

Con base en la teoría micro económica, las variables determinantes de la demanda que se incluyeron en el modelo de regresión lineal fueron: el precio real nacional de carne de pollo en canal ($PCRP_t$), precio real de carne de cerdo en canal como producto sustituto ($PCRC_t$), precio real de la carne de bovino en canal como producto sustituto ($PCRB_t$), producto interno bruto real per cápita nacional (PIB_t) y la población nacional (POB_t) en número de habitantes. Todas las variables en el periodo actual. El PIB y la POB se incluyeron porque también son variables que explican la demanda interna de alimentos en México (SAGARPA, 2017).

Con base en Brigham y Pappas (1992), Ramírez *et al.* (2003), Cruz *et al.* (2016), Puebla *et al.* (2018), Rebollar *et al.* (2019), para determinar el valor de la elasticidad de la demanda con relación a cada una de las variables explicativas o predeterminadas, se multiplicó el coeficiente de la derivada parcial del modelo de regresión estimado por el valor actual observado de cada una de las variables independientes respecto de las cantidades demandadas. Dado que las funciones lineales de demanda tienen una elasticidad variable a través de su rango de estimación; por tal motivo, ésta se obtuvo para el valor del último año analizado (Rebollar *et al.*, 2014; Vázquez y Martínez, 2015; Rebollar *et al.*, 2019) así, se cuantificaron los efectos establecidos en las relaciones funcionales.

La demanda de carne de pollo en canal en México, para el periodo 1990-2018, se explicó mediante la estimación del modelo de regresión lineal múltiple:

$$DCP = -1,909,703 - 14.8PCPR + 0.16PCCR + 5.1PCBR + 2.7PIBPN + 0.03POB + 0.57DCP_{t-1}$$

Análisis estadístico

El modelo estimado presentó significancia estadística global. Todas las variables explicativas incluidas, permitieron generar una Fc de 1,789.4 ($P \leq 0.0001$) (Cuadro 1). Con base en ese resultado, al 95 % de confiabilidad, se rechaza la hipótesis nula de que algún beta asociado a cada estimador, sea igual a cero.

La fuente de variación total del modelo dada por el estadístico R-cuadrado (R^2) ajustado, permite afirmar que todas las variables predeterminadas, en conjunto, explican en 99.7% el comportamiento de la demanda nacional (variable regresada) de carne de pollo en canal durante el periodo de análisis. En lo individual, todas las variables independientes presentaron significancia estadística, su respectiva t-calculada fue superior a la unidad ($P \leq 0.05$).

Análisis económico

De acuerdo a la teoría micro económica, los signos que preceden a cada una de las variables explicativas del modelo de demanda lineal estimado, fueron los adecuados y los esperados. El modelo estimado es predictivo (Brigham y Pappas, 1992; Gugarati y Porter, 2010) y sirve para realizar proyecciones del comportamiento de la variable dependiente. Por tanto, el modelo lineal

estimado, la significancia estadística y los signos aritméticos adecuados de las variables predeterminadas, conforman condiciones necesarias y suficientes para afirmar que el modelo también presenta significancia económica. Con ello es posible afirmar que es viable o confiable estimar las elasticidades respectivas y analizar el comportamiento de la demanda de este producto.

Con base en las condiciones establecidas en este trabajo, el comportamiento de la demanda de carne de pollo en canal en México, durante el periodo 1990-2018, fue sensible a la dinámica nacional de la dinámica tanto del precio del producto en cuestión, al precio de la carne de cerdo, precio de la carne de bovino, al PIB y al comportamiento creciente de la población mexicana (Cuadro 2).

Para el periodo 1990-2018, la cantidad demandada de pollo, respondió de forma inversa e inelástica (-0.094) al precio del producto, hallazgo consistente pero poco alejado con -0.36 obtenido por Bathi (1987) en la demanda de carne de pollo en Australia; en otras palabras, la cantidad demandada de carne de pollo en canal en México en ese periodo, fue inelástica a su precio; resultado que también es congruente con lo que indicaron Tomek y Robinson (1990), al afirmar que, por lo general, los productos básicos son inelásticos y, similar pero distanciado con la publicación de Vázquez y Martínez (2015) en el que la elasticidad precio de la demanda de carne de pollo en México fue -0.47 (estimado mediante un sistema de demanda casi ideal), alejado de lo halado por Ramírez *et al.* (2003), cuya elasticidad precio de la demanda de pollo fue -1.19 , estimada mediante ecuaciones simultáneas y poco cercano al de Cruz *et al.* (2016) cuyo valor fue -0.19 , estimado en

Cuadro 1. Resultados de la salida del modelo de demanda de carne en canal de pollo en México, 1990-2018.

Pred	Par	Estimador	t-calc	Sig	Fc	R-cuad	R ² -adj
Intercepto	β_0	-1,909,703.0	-2.91	$P < 0.008$	1,789.4	0.998	0.997
PCPR	β_1	-14.8	-3.21	$P < 0.001$			
PCCR	β_2	0.16	2.37	$P < 0.05$			
PCBR	β_3	5.1	2.45	$P < 0.02$			
PIBPN	β_4	2.7	1.95	$P < 0.06$			
POB	β_5	0.03	3.49	$P < 0.0001$			
D-W	2.37						

Fuente: elaboración propia con base en los resultados del modelo de demanda estimado. Pred: predictora. Par: parámetro. Sig: significancia. R²-adj: R-cuadrada ajustada. DW=Durbin-Watson.

Cuadro 2. Elasticidades de la demanda de carne de pollo en canal en México, 1990-2018.

Elasticidad	Valor	Interpretación
Precio del pollo	-0.094	Inelástica
Cruzada pollo/precio de la carne de cerdo	0.001	Bien sustituto
Cruzada pollo/precio de la carne de bovino	0.068	Bien sustituto
PIB	0.097	Bien normal e inelástico al ingreso
Población	0.088	Inelástica

Fuente: elaboración propia con base en los resultados del modelo de demanda estimado.

huevo para plato en México con ecuaciones simultáneas para el periodo 1960-2012.

Es de esperarse, que ante incrementos porcentuales unitarios esperados en el precio, *ceteris paribus*, de la carne de pollo en canal, la cantidad demandada disminuya en menos que proporcionalmente a esa unidad porcentual, de ahí su inelasticidad al precio de adquisición de este producto cárnico. En adición, el resultado de esta elasticidad y, en general, para el resto de las predeterminadas, se debe a que en una parte del periodo analizado (1994-1996) México estuvo en crisis económica por lo que el deflactor (el INPC) utilizado en variables monetarias del modelo, para esos años, fue bastante mayor a su dinámica de los años posteriores a 1996.

El valor de la elasticidad precio es, relativamente, pequeño (0.09), dada la existencia de sustitutos cercanos como lo son la carne de cerdo y la carne de bovino, incluso, es inelástica, debido a que este subproducto pecuario se considera como un bien necesario en la dieta de los mexicanos, tal y como lo afirmaron Vázquez y Martínez (2015).

La elasticidad cruzada de la demanda de carne de pollo con relación al precio de la carne de cerdo fue positiva, pero con un valor menor a la unidad (0.001), diferente pero bastante cercana a 0.002 obtenida por González (2001) y, al precio de la carne de bovino de 0.06, similar a 0.002 de González (2001), resultados que ubican a estos dos subproductos pecuarios como bienes sustitutos de la carne de pollo en canal (Cuadro 2), congruente con el hallazgo de Ramírez *et al.* (2003).

Por su parte, durante 1990-2018, la demanda de carne de pollo en canal en México, se consideró como un bien normal necesario e inelástico al ingreso (PIBPN) (Leroy y Meiners, 1990; Nicholson y Snyder, 2015; Parkin y Loria, 2015) (demanda de pollo inelástica al ingreso con un valor de 0.09) (Cuadro 2), deducción asimétrica con la de Ramírez *et al.* (2003) para el periodo 1970-1998; pero diferente a 2.60 obtenido por González (2001) y a 0.98 de Cruz *et al.* (2016), pero en huevo para plato.

Por lo que, en las condiciones planteadas en esta investigación, por cada uno por ciento de incremento en el ingreso real del consumidor, es de esperar que la curva de la demanda de carne de pollo se desplace hacia la derecha y provoque un incremento de 397,834.4 t de carne de pollo en canal, por lo que este determinante

de la demanda continuará siendo factor importante para incrementar el consumo de este producto en México.

De hecho, durante el periodo de estudio, el ingreso real per cápita creció, en promedio, 2.8 %, lo que impactó, *ceteris paribus*, en un crecimiento de la demanda de carne de pollo, para el mismo periodo, en 4.1 %.

Durante el periodo de estudio, la demanda de carne de pollo en canal fue inelástica al comportamiento de la población (POB), con un valor estimado de 0.09; por lo que bajo las condiciones planteadas, por cada 1 % de incremento en el número de consumidores (POB), es de esperar que la demanda aumente 0.09 % y la curva se desplace hacia la derecha. De 1990 a 2018 la población creció 1.0 %, promedio, situación que, *ceteris paribus*, hizo aumentar la demanda por carne de pollo 4.1 %

CONCLUSIONES

Con base en los resultados aquí reportados, todas las variables que explicaron la dinámica de la demanda de carne de pollo en México durante 1990-2018, fueron estadísticamente significativas, presentaron los signos adecuados de acuerdo a la teoría microeconómica y todas tuvieron efectos inelásticos sobre la demanda del producto. Las variables con efecto mayor sobre la respuesta de la demanda de carne de pollo en canal, fueron la población y el ingreso real per cápita. Con base en este último, la carne de pollo en canal en México se considera un bien normal necesario e inelástico al ingreso del consumidor; por lo que la demanda continuará al alza debido al efecto positivo del ingreso real y al comportamiento del precio real en los bienes sustitutos como la carne de res y la carne de cerdo; así como la población nacional.

LITERATURA CITADA

- Bathi N.U. (1987). Supply and demand for poultry meat i Australia. Australia. Australian Journal of Agricultural Economics 31 (3): 256-265.
- Brigham, F.E. & Pappas, L.J. (1992). Economía y Administración. México, D. F.: McGrawHill.
- CONAPO. Consejo Nacional de Población. (2019). Indicadores demográficos de México, periodo 1990-2030. <https://datos.gob.mx/herramientas/indicadores-demograficos-de-mexico-periodo-1990-2030?category=web&tag=economia>.
- Cruz-Jiménez S., García-Mata, R., Mora-Flores, J.S. & García Sánchez, R.C. (2016). El mercado de huevo para plato en México, 1960-2012. México. Agricultura, Sociedad y Desarrollo 13 (3): 385-399.
- FIRA. Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. (2015). Panorama Agroalimentario. Dirección de Investigación y

- Evaluación Económica y Sectorial, Avicultura Carne: 2015. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/61946/Panorama_Agroalimentario_Avicultura_Carne_2015.pdf.
- González, S.R.F. (2001). Estimación de elasticidades de la demanda para la carne de res, pollo, cerdo y huevo en México, una aplicación del sistema de demanda casi ideal. Tesis de Doctor en Ciencias en Economía Agrícola. División de Ciencias Económico Administrativas. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. México.
- Gujarati, N.D. & Porter, D.C. (2010). Econometría. México, D. F.: McGraw-Hill Interamericana.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2019). Banco de Información Económica. <http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/>.
- Leroy, M.R. & Meiners, R.E. (1990). Microeconomía. México, D. F.: Mc Graw Hill.
- Nicholson, W. y Snyder, C. (2015). Teoría Microeconómica. Principios básicos y ampliaciones. México, D. F.: Cengage Learning.
- Medina-Cardena, J.C., Rejón-Ávila, M.J. & Valencia Heredia, E.R. (2012). Análisis de rentabilidad de la producción y venta de pollo en canal en el municipio de Acanh, Yucatán, México. Revista Mexicana de Agronegocios 16 (30): 909-919.
- Parkin, M. & Loría, E. (2015). Microeconomía, un enfoque para América Latina. México, D. F.: Pearson Educación.
- Puebla-Albiter, S., Rebollar-Rebollar, S., Gómez-Tenorio, G., Hernández-Martínez, J. & Guzmán-Soria, E. (2018). Factores determinantes de la oferta regional de carne bovina en México, 1994-2013. México. Región y Sociedad 30 (72): 1-17.
- Ramírez-González, A., García-Mata, R., García-Delgado, G. & Matus-Gardea, J.A. (2003). Un modelo de ecuaciones simultáneas para el mercado de la carne de pollo en México, 1970-1998. México. Agrociencia 37 (1): 73-84.
- Rebollar-Rebollar, A., Gómez-Tenorio, G., Hernández-Martínez, J., Rebollar-Rebollar, S. y González-Razo, F.J. (2014). Comportamiento de la oferta y demanda regional de carne de cerdo en canal en México, 1994-2012. México. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias 5 (4):377-392.
- Rebollar-Rebollar, E., Gómez-Tenorio, G., Rebollar-Rebollar, A. y Mondragón-Ancelmo, J. (2019). Comportamiento de la oferta y demanda regional de carne de pollo en México. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias 10(4). In Press.
- Salvatore, D. (1997). Teoría y problemas microeconómicos. México, D.F.: Mc Graw Hill.
- SAS (Statistical Analysis System). (2003). SAS Versión 9.1.3. N.C., USA: SAS Institute Inc, Cary.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. SAGARPA. (2017). Escenario Base 2009-2018. Proyecciones para el sector agropecuario de México. <http://www.ruralfinanceandinvestment.org/sites/default/files/Proyecciones%20para%20el%20sector%20agropecuario%20de%20M%C3%A9xico.pdf>.
- Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. SIAP. (2019). Anuario estadístico de la producción ganadera. https://nube.siap.gob.mx/cierre_pecuario/.
- Téllez-Delgado, R., Mora-Flores, J.S., García-Mata, R. & Martínez-Damián, M.A. (2016). Caracterización del consumidor de carne de pollo en la zona metropolitana del Valle de México. Estudios Sociales 48 (26): 193-209.
- Tomek, W.G. & Robinson, K.L. (1990). Agricultural Product Prices. Ithaca, N. Y. USA: Cornell University Press.
- Unión Nacional de Avicultores. UNA. (2019). Panorama Avícola. <http://www.una.org.mx/index.php/component/content/article/15-panorama/3-avicultura>.
- Vázquez-Alvarado, J.M.P. & Martínez-Damián, M.A. (2015). Estimación empírica de elasticidades de oferta y demanda. México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 6(5): 955-965.
- Vitónica. (2008). Carne de pollo. <https://www.vitonica.com/proteinas/carne-de-pollo-i-su-composicion-nutricional>.



Evaluation of three commercial rooters in the production of undetermined tomato seedlings (*Solanum lycopersicum* (L.) Lam)

Evaluación de tres enraizadores comerciales en la producción de plántulas de tomate indeterminado (*Solanum lycopersicum* (L.) Lam)

Arébalo-Madriral, Magalidia^{1*}; Domínguez-Ávila Magdalena¹; Escalante-González, José.L.¹; Yáñez-Coutiño, Josue.B.¹; Gallegos-Castro Mario.E.²

¹Universidad Tecnológica de la Selva. Unidad Académica Selva Negra Rayón. Entronque Toniná, Carretera Ocosingo-Altamirano, Col. Predio Latic, Ocosingo, Chiapas, México. ²Grupo Agroindustrial Chiapaneco, Comitán de Domínguez Chiapas, México.

*Autor para correspondencia: magaly_agronomo@hotmail.com

ABSTRACT

Objective: to evaluate the development of the undetermined tomato seedling (*Solanum lycopersicum* (L.) Lam) under protected conditions, applying three rooter substances and a witness to increase the culture production.

Design/Methodology/approach: an experimental design was employed in blocks in blocks completely at random with four treatments, where each block was integrated of unicel trays of 200 cavities with BM2[®] substrate, each one was integrated by four repetitions, having 15 experimental units of four repetitions, summing up 60 experimental units.

The evaluated rooters were Rhizocell[®], Phyto Root[®], Rootex[®] y como testigo Radix[®], the applied doses were the following: Rhizocell: 0.5 g L⁻¹ per liter of water, with a composition based on *Bacillus amyloliquefaciens* beneficial bacterias that actively participate in the nutrients catchment in the case of the Phyto Root 0.5 mL L⁻¹ of water was applied, which contains butyric indole acid, for Rootex 0.5 mL L⁻¹ of water was applied, it contains Nitrogen, Phosphorus, L-aminoacids, and humic, and at least the witness in which was employed Radix employing a doses of 0.5 mL L⁻¹ of water, this product is formulated in impregnable dust, which contains indole-3-buthyric acid at 1.0%.

Results: the Phyto root rooter registered a better effect according to the height development, stem thickness, number of leaves, air biomass and weight of the roots system, important parameters at the moment of transplantation to the camp.

Limits of the study/implications: the establishment of the tomato culture, for the optimal growing of the plants must be done in the months of May and July; since it is when the environmental conditions are suitable for the culture, otherwise fungus illnesses may be presented.

Finds/conclusions: to obtain seedlings of good quality for transplantation it is suggested the Phyto Root[®] rooter at a dose of 0.5 mL L⁻¹ of water.

Keywords: seedlings, protected system, substrate.

RESUMEN

Objetivo: evaluar el desarrollo de plántula de tomate indeterminado (*Solanum lycopersicum* (L.) Lam) bajo condiciones protegidas, aplicando tres sustancias enraizadoras y un testigo para aumentar la producción del cultivo.



Agroproductividad: Vol. 12, Núm. 12, diciembre. 2019. pp: 81-85.

Recibido: mayo, 2019. **Aceptado:** noviembre, 2019.

Diseño/metodología/aproximación: se utilizó bajo un diseño experimental en bloques completamente al azar con cuatro tratamientos, donde cada bloque se integró con cuatro charolas de unícel de 200 cavidades con sustrato de BM2[®], cada uno estuvo integrado por cuatro repeticiones, teniendo 15 unidades experimentales por tratamiento, sumando un total de 60 unidades experimentales. Los enraizadores evaluados fueron Rhizocell[®], Phyto Root[®], rootex[®] y como testigo Radix[®], la dosis de aplicación fueron las siguientes: Rhizocell (0.5 g L⁻¹ de agua), con una composición a base de *bacillus amyloliquefaciens* bacterias benéficas que participa activamente en la captación de nutrientes en el caso de Phyto Root se aplicó 0.5 mL L⁻¹ de agua, el cual contiene Ácido indol butírico, para Rootex se utilizó 0.5 mL L⁻¹ de agua, su contenido es de Nitrógeno, Fósforo, Potasio, L-Aminoácidos, y Ácidos húmicos, y por último el testigo el cual se utilizó Radix utilizando una dosis de 0.5 mL L⁻¹ de agua, este producto esta formulado en polvo impregnable, que contiene Ácido Indol-3-Butírico al 1.0 %.

Resultados: EL enraizador de Phyto Root registró mayor efecto en cuanto al desarrollo de altura, grosor de tallo, número de hojas, biomasa aérea y peso del sistema de raíces, parámetros importantes al momento de trasplante a campo.

Limitaciones del estudio/implicaciones: EL establecimiento del cultivo del tomate, para el crecimiento óptimo de las plantas se debe realizar en los meses de mayo y julio; ya que es cuando las condiciones ambientales son idóneas para el cultivo, de lo contrario tendremos presencia de enfermedades fúngicas.

Hallazgos/conclusiones: para obtener plántulas de buena calidad para el trasplante se sugiere utilizar el enraizador Phyto Root[®] a una dosis de 0.5 mL L⁻¹ de agua

Palabras claves: Plántulas, sistema protegido, sustrato

cultivadas, sino también porque los agricultores aplican tecnologías que les permiten elevar los rendimientos (Díaz, 2014; Sánchez-López et al., 2012). La producción de cultivos en invernaderos representa una ventaja sobre la producción a campo abierto porque crea un microclima que permite proteger el cultivo de condiciones adversas (viento, granizo, plagas, etc.) y controlar factores como la temperatura, radiación, concentración de CO₂, humedad relativa, etc. En México, el uso de invernaderos para la producción de hortalizas ha aumentado rápidamente, de 721 ha en 1999 a 3200 ha en 2005 (Ocaña-Romo, 2008), la cual en 2009 se extendió a una superficie de 10000 ha (Perea, 2009). En los últimos años se ha incrementado intensamente el desarrollo de técnicas de cultivos de plántulas de invernadero; y el medio de cultivo ha evolucionado con la utilización de sustancias enraizadoras (Arriaga, 2011). En la actualidad existe gran diversidad de sustancias que estimulan el enraizamiento en el mercado, las cuales, pueden ser utilizados en la mayoría de los cultivos; sin embargo, la respuesta del cultivo a cada uno de ellos es diferente, y por tanto es necesaria su evaluación para que, tomar decisiones. Con base a lo anterior, se evaluó el desarrollo de plántula de tomate (*S. lycopersicum*) de hábito indeterminado bajo condiciones de invernadero aplicando tres sustancias enraizadoras para aumentar la producción de este cultivo en la región de estudio.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en invernadero, la temperatura en el invernadero fluctuó de 20-35 °C, con una humedad relativa del 60%. Se evaluó la producción de plántulas de tomate

INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) (Solanaceae), es para México la segunda hortaliza más importante después del chile (*Capsicum annum* L.) y ocupa el noveno puesto en la producción con 2.1 millones de toneladas, siendo China el mayor productor con 31.6 seguido por Estados Unidos con 12.7 (SAGARPA, 2010). En cuanto a la exportación de tomate fresco, España, los Países Bajos y México se disputan las tres primeras posiciones con cifras que rondan mil millones de dólares (Escalona et al., 2014). En México, el estado de Sinaloa, es el primer productor de tomate (FIRA, 2016). En el Estado de Chiapas se siembran aproximadamente 18,623.05 ha, con una producción de 1,039,367.64 toneladas, y un valor de poco más de tres billones de pesos, lo que significa una importante fuente de empleos y divisas para esta zona (SIAP, 2013).

En el ámbito mundial constituye la hortaliza más consumida y de mayor valor económico. Es cultivada en más de cien países, entre los cuales se destacan China, Estados Unidos, India, Turquía y Egipto. La producción mundial de tomate está en constante crecimiento, no solo por el aumento de las áreas

indeterminado (*Solanum lycopersicum* L.) var. EL CID bajo condiciones de invernadero con la aplicación de los enraizadores Rhizocell, Phyto Root, rootex y un tes-tigo Radix.

Aplicación de los tratamientos

RHIZOCELL[®]: se aplicó 5 g L⁻¹ de agua, es un promotor natural para el crecimiento de las raíces, con una composición a base de *bacillus amyloliquefaciens* bacterias benéficos en ello juega un papel importante la comunidad microbiana que participa activamente en la captación de nutrientes y en la mineralización de la materia orgánica así también la asociación benéfica entre plantas y microorganismos en la que bacterias y hongos aplicados a la semilla, al suelo o a la planta, colonizan la raíz, la rizosfera o ambos, y promueven el crecimiento de las plantas e incrementan la absorción y disponibilidad de nutrientes del suelo.

Estos microorganismos son conocidos como promotores del crecimiento de las plantas (PGPR) son bacterias que viven libres y, también pueden ser de ayuda en el control biológico de las enfermedades de las plantas (INIA, 2008).

PHYTO ROOT[®]: se aplicó 5 mL L⁻¹ de agua, este producto es un biorregulador radical especialmente diseñado para inducir y estimular la emisión de nuevas raíces, así como su ramificación y crecimiento, también favorece el engrosamiento de tallos (Aldrete, 2010), y se compone delo siguiente: Ácido indol butírico 2,500 mg kg⁻¹, Ácido naftaleno acético 200 mg kg⁻¹, Citocininas 10 mg kg⁻¹, Aminoles 2.00%, Fosforo (P₂O₅) 20%, Cianocobalamina 0.02%.

Rootex[®]: Para este producto se utilizó una dosis de 5 mL L⁻¹ de agua, los beneficios generales del reforzamiento del sistema radicular son: Una mayor capacidad exploratoria del suelo, una mejor formación de tejidos vasculares y una mayor capacidad de sintetizar hormonas que en conjunto establecen condiciones para un mayor potencial productivo (AGROCORP, 2012), con una composición porcentual de: Nitrógeno (N) 7%, Fósforo (P₂O₅) 47%, Potasio (K₂O) 6%, L-Aminoácidos 3.0%, Ácidos húmicos 15.5%, Auxinas 0.03%, Inertes 21.47%.

También se evaluó a Radix[®] a 5 mL L⁻¹ de agua, por ser un regulador de crecimiento vegetal, formulado en polvo impregnable, que contiene Ácido Indol-3-Butírico

al 1.0% como ingrediente activo, siendo la auxina más eficaz en la promoción de la iniciación de la formación de raíces adventicias o laterales (Intercontinental import export, 2014), y contiene Ácido Indol-3-Butírico (4-(1 H-Indol-3-yl) butyric acid)1.0%.

Cada uno de los tratamientos se aplicó de modo foliar para todas las repeticiones. Los tratamientos se aplicaron a los ocho días después de la siembra, haciendo repetición cada ocho días. Se manejó bajo un diseño experimental en bloques completamente al azar, el cual consistió de cuatro tratamientos correspondiendo a cada uno de los bloques, donde cada uno incluyó cuatro charolas de uncel de 200 cavidades con sustrato de BM2, con cuatro repeticiones cada uno, teniendo 15 unidades experimentales por tratamiento, sumando un total de 60 unidades experimentales. Con los datos obtenidos se realizó el análisis estadístico empleando el programa Statistical Analysis Software (SAS) versión 9.0, realizando un análisis de varianza y prueba de comparación de medias Tuckey, p=0,05).

Se preparó una mezcla líquida de inoculación que para ello contenía (Humi-Max, Carbumic, Biorgan, Amino Terra, Azúcar, y Phyto Root[®]) junto con el fertilizante de fondo (Multigrow[®], y Agro plex[®]) que se aplicó en los sustratos de BM2, para humedecerlo, este grupo de mezcla es especialmente elaborada para la producción de semillas, compuesta de turba, perlita y vermiculita cuya granulometría está especialmente ajustada, la serie BM2 permite una germinación uniforme y un desarrollo rápido de las raíces sus componentes son Turba de esfagno (fina), perlita fina, vermiculita fina, cal dolomítica y calcítica, carga fertilizante inicial, agente humectante para humedecerlo. Se sembró una semilla por cavidad de charola (200 cavidades), esperando a los cuatro días de la germinación se extendieron las bandejas en las camas dentro del invernadero. A los once días después de sembrados aparecieron las primeras hojas verdaderas, cumpliendo algunas características apropiadas (altura de la planta, diámetro de tallo, número de hojas) se inició con la recolección de las variables, así también ver la tendencia de crecimiento semanal. Para evaluar el efecto de los tratamientos y determinar la mejor opción de producción, se midieron las variables de comportamientos agronómico y productivo del cultivo: Crecimiento semanal (CS), Altura (ALT), Número de hoja (NH) Diámetro del Tallo, (DT). Longitud de Raíz (LR), Biomasa Aérea (BA), Peso del cepellón (PC).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los análisis de varianza no mostraron diferencias significativas entre tratamientos para las variables: diámetro de tallo, longitud de la raíz, peso del cepellón. En cuanto a la altura se obtuvieron diferencias significativas para la interacción entre tratamientos, mientras que para biomasa aérea hubo diferencia altamente significativa. La diferencia en los resultados se debe probablemente a que Phyto Root, que es un biorregulador radical especialmente diseñado para inducir y estimular la emisión de nuevas raíces, así como su ramificación y crecimiento, también favorece el engrosamiento de tallos atribuido a su composición, y Rhizocell el cual es un promotor natural para el crecimiento de las raíces, con una composición a base de *Bacillus amyloliquefaciens* bacterias benéficas en ello juega un papel importante la comunidad microbiana que participa activamente en la captación de nutrientes y mineralización de la materia orgánica, así también, la asociación benéfica entre plantas y microorganismos en la que bacterias y hongos aplicados a la semilla, al suelo o a la planta, colonizan la raíz, la rizosfera o ambos, y promueven el crecimiento de las plantas e incrementan la absorción y disponibilidad de nutrientes del suelo. Estos microorganismos son conocidos como promotores del crecimiento de las plantas (PGPR)

son bacterias que viven libres y, también pueden ser de ayuda en el control biológico de las enfermedades de las plantas (INIA, 2008).

El análisis de varianza y prueba de comparación de medias Tukey ($\alpha=0.05$), mostro diferencias para algunas variables (Cuadro 1).

Resultados similares se encontraron en el trabajo de (Arriaga, 2011), el cual evaluó diferentes enraizadores comerciales en el cultivo de chile ancho (*Capsicum anuum* L.) y chile serrano (*Capsicum frutescens* L.) ya que en el caso de algunos tratamientos no obtuvo diferencias significativas en relación con el testigo utilizado.

Para el caso de la Biomasa aérea se obtuvo mejor efecto con el bioestimulante de Radix ya que presenta mejores resultados para el área foliar en buenas condiciones del ambiente. Los elevados valores de área foliar de Radix® se pueden deber por la presencia de zinc (0.23%) ya que este elemento participa en la síntesis de la clorofila y el elevado contenido de aminoácidos libres (5.85%) que participan en la regulación del metabolismo, transporte y almacenamiento de nitrógeno. Radix® favorece el número de raíces, área de exploración de la raíz, longitud de raíces, diámetro del tallo y la absorción de nitrógeno y potasio (Villanueva et al., 1998).

En el caso Peso del Cepellón que es el conjunto de tierra que está adherida a las raíces de las plantas tienen como función el sostén de las raíces en la cual pueden extraer los nutrimentos que estén presentes en ella las plantas en cepellón miden aproximadamente entre cuatro y ocho centímetros desde la raíz de la planta hasta el vástago (Sabtini, 2010).

Quien estuvo en primer posición fue Phyto Root con (16 g) por cada cepellón de cada planta del mismo tratamiento siguiendo con Rootex con un (15 g) por pilón alcanzando por (1 g) a Phyto Root, alcanzando Radix un (15.3 g) y finalizando en cuarto lugar a Rhizocell con un menor de (15 g) de cepellón por planta.

Según la investigación que llevo a cabo el Departamento de investigación y desarrollo de BIOAGRO (2007), mencionan que para dicho variable se determinaron los efectos con la aplicación de un bioestimulante compuesto de auxinas, Citocininas, fósforo y vitaminas, su principal función es generar nuevas raíces además de ramificar y vigorizar el sistema radicular el cual dio un resultado del 52% del peso fresco de cepellón haciendo comparación con el testigo, esto indica que hay semejanza entre los datos obtenidos con la aplicación de Phyto Root de acuerdo por la composición de fosforo y las auxinas que

Cuadro 1. Comparación de medias de los tratamientos de las variables cuantificadas.

Tratamiento	ALT	DT	NH	LR	PC	BA	CS
T1 Rhizocell	9.64 a	0.24 a	5.81 ab	9.38 b	17.50 a	5.00 b	3.6 a
T2 Phyto root	10.83 a	0.30 a	5.95 a	9.67 ab	17.00 a	50.50 ab	3.6 a
T3 Rootex	10.23 a	0.29 a	5.63 B	9.89 ab	17.00 a	5.50 ab	5.6 a
T4 Radix (Testigo)	10.43 a	0.29 a	5.80 ab	10. ab	15.50 a	4.48 b	3.7 a

Nota: *valores con letras indican que no existe diferencia estadística significativa entre tratamientos. Altura (ALT), Diámetro del tallo (DT), Número de hoja (NH), Longitud de raíz (LR), Peso del cepellón (PC), Biomasa aérea (BA), Crecimiento semanal (CS).

son hormonas vegetales que ayudan en el crecimiento radicular de la planta

CONCLUSIONES

La substancia enraizadora con mejor resultado fue Phyto Root® registrado en altura de plántula, grosor de tallo, número de hojas, biomasa aérea y peso de cepellón, parámetros importantes que debe tener una plántula para su desarrollo y crecimiento al momento de trasplante a campo. De igual manera su relevante comportamiento del tratamiento Radix en cuanto a la abundancia de raíces, ya que esto permite mejor adsorción de nutrientes en las primeras semanas de desarrollo, teniendo en cuenta que dicho enraizador dentro del experimento fue el testigo.

LITERATURA CITADA

- AGROCORP. (2012). Rootex promotor de desarrollo radicular. AGROCORP, 3.
- Aldrete, A. (2010). Curso Nacional de Sustratos. Sustratos para la producción de especies forestales, 71.
- Arriaga, J.A. (2011) Evaluación de tres enraizadores comerciales en la producción de plántulas de chile ancho y chile serrano (*Capsicum Annuum* L) (Tesis de grado). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Escalona, V., Alvarado, P., Monardes, H., Urbina, C., & Martín, A. (2014). El cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Santiago de Chile: Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile. p. 10.
- Cuesta, G. y Mondaca E. (2014). Efecto de un biorregulador a base de auxinas sobre el crecimiento de plantines de tomate. Rev. Chapingo Ser.Hortic [online]. 2014, vol.20, n.2, pp.215-222. ISSN 2007-4034. <http://dx.doi.org/10.5154/r.rchsh.2014.01.001>.
- Díaz, V. (2014). Perfil comercial tomate (en línea). Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Guatemala. 11 p. Consultado 21 feb. 2015. Disponible en <http://web.maga.gob.gt/download/Perfil%20tomate.pdf>
- FIRA. (2017). Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. Panorama Agroalimentario, D.F, México. Disponible en línea https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200635/Panorama_Agroalimentario_Tomate_Rojo_2016.pdf (consulta Mayo 13, 2019).
- INIA. (2008). Efectos de la nutrición y *Bacillus amyloliquefaciens* en tomate (*Solanum lycopersicum* L.). México: Instituto nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria.
- SIAP. (2013). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Cierre de la Producción Agrícola por Cultivo "Modalidad riego + temporal". SAGARPA, D.F., México. Disponible en línea: http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=350 (consulta julio 05, 2013).
- SAGARPA. (2010). Jitomate. Monografía de Cultivos. Subsecretaría de Fomento a los Agronegocios. México D.F.
- Sañudo, R. R. (2013). el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y el potencial endofítico de diferentes aislados de beauseria bassiana. Universidad Autónoma Indígena de México, los Mochis, sinaloa.
- Ocaña-Romo, C. R. (2008). En crecimiento. Desarrollo de invernaderos en México. www.hortalizas.com.
- Perea (2009). Invernaderos y riego. Aun con crisis seguirá creciendo superficie de invernadero. La imagen agropecuaria. www.imagenagropecuaria.com.
- Villanueva, R., Sánchez, G., Rodríguez M., Villanueva, N., Ortiz, E. & Gutiérrez E. (1998). Efecto de reguladores del crecimiento y tipo de sustrato en el enraizamiento de kalanchoe. TERRA Volumen 16 Número 1.



Phenological development and biomass production of maralfalfa grass (*Pennisetum* sp.) cultivated in southeastern Mexican

Desarrollo fenológico y producción de biomasa del pasto maralfalfa (*Pennisetum* sp.) cultivado en el sureste mexicano

Chiquini-Medina, Ricardo A.¹; De la Cruz-Chi, Emma N.¹; Pech-May, Nelson J.¹;
Guerrero-Turriza, Héctor O.¹; Castillo-Aguilar, Crescencio C.^{2*}

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Chiná. Calle 11 S/No., entre 27 y 28, Chiná, Campeche, México. C. P. 24520. ²Colegio de Postgraduados Campus Campeche. Champotón, Campeche, México. C. P. 24450.

*Autor para correspondencia: cca@colpos.mx

ABSTRACT

Objective: To generate information on the phenological development and biomass production of maralfalfa grass (*Pennisetum* sp.), in southeastern Mexico.

Design/Methodology/Approach: Two techniques of establishment of the grass: staked and crossed, different doses of nitrogen fertilization (100, 150, 200 kg urea ha⁻¹) and two cutting ages (60 and 90 days) were evaluated, under an experimental design of random blocks with 2×3×2 factorial arrangement.

Results: Effects of interaction between the type of planting and the amount of urea applied were found. Due to its forage yield at 60 days, cross seeding and the application of 150 and 200 kg of urea ha⁻¹ with 8.15 and 6.17 t ha⁻¹ stood out, while for staked planting the best yield was obtained with 100 kg application of urea. For the staked planting, the best yield was obtained with the application of 100 kg of urea (6.45 t ha⁻¹). The analysis of the protein content of the forage revealed an equality between the study treatments with values between 10.25 and 11.38 %. Regarding the analysis of fodder ashes with the evaluated treatments, SC × 150 kg of urea was determined as the best, followed by SC × 100 k of urea ha⁻¹.

Findings/conclusions: Maralfalfa grass had a good growth response. In established cultivars it could be harvested to more than 100 t ha⁻¹, establishing the grass by stakes.

Keywords: forage, phenology, biomass, urea, southeast Mexico.

RESUMEN

Objetivo: Generar información sobre el desarrollo fenológico y producción de biomasa de pasto maralfalfa (*Pennisetum* sp.), en el sureste mexicano.

Diseño/ Metodología/Aproximación: Se evaluaron dos técnicas de establecimiento del pasto: estaqueada y cruzada, diferentes dosis de fertilización nitrogenada (100, 150, 200 kg urea ha⁻¹) y dos edades de corte (60 y 90 días), bajo un diseño experimental de bloques al azar con arreglo factorial 2×3×2.

Resultados: Se encontraron interacciones significativas entre el tipo de siembra y la cantidad de urea aplicada. Por su rendimiento de forraje a los 60 días sobresalieron la siembra cruzada y la aplicación de 150 y 200 kg de urea ha^{-1} con 8.15 y 6.17 t ha^{-1} , en tanto que para la siembra estaqueada el mejor rendimiento se obtuvo con la aplicación de 100 kg de urea ha^{-1} . Para la siembra estaqueada el mejor rendimiento se obtuvo con la aplicación de 100 kg de urea ha^{-1} (6.45 t ha^{-1}). El análisis del contenido de proteína del forraje reveló una igualdad entre los tratamientos de estudio con valores entre los 10.25 y 11.38%. Lo que respecta a los análisis de cenizas del forraje con los tratamientos evaluados, se determinó como el mejor a la SC \times 150 kg de urea ha^{-1} , seguido por SC \times 100 kg de urea ha^{-1} .

Hallazgos/conclusiones: El pasto maralfalfa tuvo buena respuesta de crecimiento. En cultivares establecidos podría llegar a cosecharse hasta más de 100 t ha^{-1} por ciclo estableciendo el pasto mediante estacas.

Palabras clave: Forraje, fenología, biomasa, urea, sureste mexicano.

INTRODUCCIÓN

Los pastos han resultado ser una fuente apropiada de nutrientes para el ganado vacuno, principalmente en países de clima tropical debido al elevado número de especies que pueden ser utilizadas, la posibilidad de mantenerlas todo el año, la capacidad del rumiante de digerirlos, la ausencia de competencia con la alimentación humana, y por ser fuente económica para obtener nutrientes (Herrera, 2006). El uso de pastos de corte de la familia botánica Poaceae, tales como la especie *Pennisetum purpureum* (Schum), se caracteriza por un alto índice de crecimiento y producción de biomasa por unidad de superficie (Da Silva y Nascimento, 2006). De esta especie forrajera, existen variedades de pastos entre ellos Taiwán, Gigante o Elefante, King grass, Merkerón y Napier, y los introducidos a México como: OM-22, CT-115 y Maralfalfa (Rosa y Silva, 1997), de los cuales varias fuentes reportan rendimientos y calidad nutricional superiores a los encontrados en los cultivares de *Pennisetum purpureum* ya conocidos (Dávila *et al.*, 2016). Ante la escasez de alimento que se presenta en la época seca, este tipo de pastos se ha utilizado como alternativa alimenticia en la

producción bovina y ovina, proporcionando un mayor rendimiento por hectárea. En países como Venezuela y Costa Rica han iniciado recientemente el uso del pasto maralfalfa (*Pennisetum* sp.) como pasto de corte en la alimentación de ganado de leche, carne y doble propósito en el trópico y en las engordas de ovinos (Ramírez y Pérez, 2006; Clavero y Razz, 2009). Este pasto, de tipo perenne, ha tenido buena productividad en otros países como Colombia, Brasil (Correa, 2006; Moreno y Molina, 2007). Se utiliza material vegetativo (tallos) como fuente de multiplicación, con al menos seis meses de edad (Orihuela y Cuevas, 2014). Su primer corte se puede hacer a los 90 días de establecimiento, cuando las hojas tienen longitud de al menos un metro, y 2.85 cm de ancho (FAO, 2012). Este pasto puede utilizarse como forraje verde o ensilado, y últimamente se implementa su uso en dietas de otras especies, tales como los cerdos en forma de harina o mezclado en dietas y suministrado en forma de pellets. Para la alimentación de bovinos, equinos, caprinos y ovinos es mejor dárselos en silos, henificado, picado o de alguna forma que se aproveche mejor los nutrientes que contiene (González *et al.*, 2015). Algunas investigaciones realizadas con genotipos de *Pennisetum* sp. demuestran que es una alternativa forrajera para aumentar la producción animal por su productividad de materia seca y valor nutritivo (Márquez *et al.*, 2007). Con el propósito de determinar el efecto del tipo de siembra (estaqueado o cruzada) y de diferentes cantidades de nitrógeno en el crecimiento, producción de forraje y contenido de proteína cruda, se realizó un ensayo para la producción de maralfalfa como una alternativa para la obtención de forraje en el trópico húmedo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó de julio a diciembre de 2016 en el Rancho Agropecuario La Unión del estado de Campeche, México (19° 47' 53" N; 90° 23' 49" O; y 8 m de altitud). Campeche se localiza en la región sureste del territorio nacional, con clima predominante tipo cálido subhúmedo con lluvias en verano (AW)₁. La precipitación pluvial es de 1200 mm anuales, con temperatura media anual de 27 °C, con máximas y mínimas de 36 °C y 18 °C respectivamente. El material vegetativo usado fue tomado de parcelas del Ejido Bobolá, Campeche cercano a locación del establecimiento del experimento. Se cortó alrededor de media tonelada de pasto, con edad promedio de 120 y 140 días, con la madurez suficiente para su siembra. Las plantas madres fueron cortadas a una altura de entre 15 y 20 cm sobre el suelo, se retiró el follaje, dejando un aproximado del 10% sobre todo en las puntas.

Como parte de la siembra se realizó una preparación al área donde se estableció el experimento: barbecho, rastreo (dos pases), nivelación y surcado (Figura 1).

Se manejaron dos tipos de siembra con los tallos: tallos enteros o siembra cruzada (SC) y trozos de tallos o siembra estaqueada (SE). Con estos materiales, se usaron dos sistemas de plantación. La densidad de siembra fue de aproximadamente 3000 kg ha^{-1} para ambos métodos, el riego fue en días intercalados mediante aspersión por cañón.

Sistemas de sembrado

Plantado cruzado de tallos o plantas enteras (T1): este método fue en forma corrida con empalme entre punta y base. Los tallos o plantas enteras se depositaron en el fondo del surco, cuidando ser enterrados a solo 3.0 cm bajo el suelo. Entre mayor número de tallos se depositen por hectárea, mayor será la población de rebrotes o hijuelos obtenidos. Los tallos fueron cubiertos con suelo.

Plantado con trozos de tallos o estaqueado T2: se cortaron las plantas madres dejando de 3 a 4 nódulos con yemas. Cada trozo fue incrustado o enterrado bajo el suelo preferentemente sobre el lomo del surco, cuidando que al menos dos nódulos quedaran bajo la superficie del suelo, que los trozos estuvieran en forma inclinada, (45°), a una separación entre trozos de 30 a 50 cm, y por último que el nódulo donde el rebrote se espera esté con la polaridad correcta (Figura 2).

El diseño experimental utilizado fue en bloques al azar con arreglo factorial 2×3 , utilizando el método de siem-



Figura 1. Pasto maralfalfa (*Pennisetum* sp.) a 28 días después de siembra.

bra como primer factor, la fertilización nitrogenada (urea 46%) como segundo factor, y cuatro repeticiones por tratamiento. Los niveles del primer factor estuvieron constituidos por el método de siembra: tallos enteros o siembra cruzada y trozos de tallos o siembra estaquea; los niveles del segundo factor fueron tres cantidades de urea: 100, 150 y 200 kg ha^{-1} . En total se tuvieron seis tratamientos. Las variables de estudio consideradas fueron: número de brotes, largo y ancho de las hojas; rendimiento a los 60 y 90 días después de la siembra (dds). El número de rebrotes se midió a partir de la primera semana después de haber sembrado; tres veces por semana se contaron todos los rebrotes que había por parcela durante seis semanas. El largo y ancho de las hojas se realizó con la ayuda de un flexómetro, tomándose tres hojas por planta señalada desde la vaina hasta el ápice. Se seleccionó una hoja basal, media y terminal. Se



Figura 2. De izquierda a derecha: siembra cruzada (T1); siembra estaqueada (T2) de pasto maralfalfa (*Pennisetum* sp.).

realizaron dos cortes para calcular la producción que se podría tener por hectárea. El corte consistió en dejar caer un cuadro de 1 m² en cada parcela, y se cortó el material vegetativo que quedó dentro de éste y se pesó; posteriormente se realizaron los cálculos para extrapolar los datos a rendimiento por hectárea. Los cortes se realizaron a los 60 y 90 días después del corte de homogenización. A todos los datos se les realizó ANOVA y prueba de medias bajo el método de Tukey. Los datos fueron analizados con el programa estadístico InfoStat versión 2017.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontraron 298 brotes para la siembra cruzada y 271 brotes para la siembra estaqueada, los cuales no presentaron diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05$), lo cual indica que ambos métodos de siembra producirán efectos similares en el crecimiento vegetativo y por consiguiente rendimiento de forraje. En lo que respecta al efecto del método de siembra y la dosis de fertilización con nitrógeno sobre la altura de las plantas, cantidad de hojas, largo de las hojas, a 60 y 90 ddt, los resultados no mostraron diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05$), lo cual indica que el mé-

todo de siembra no tiene influencia para las condiciones de estudio. Respecto al rendimiento de forraje verde existió un efecto de interacción a los 60 dds, sobresaliendo los tratamientos SC × 150 kg de urea ha⁻¹ con 6.73 t ha⁻¹, seguido por SC × 200 kg de urea ha⁻¹ con 6.76 t ha⁻¹, y por último la SE × 100 kg de urea ha⁻¹ con 6.45 t ha⁻¹ (Cuadro 1). Las diferencias estadísticas obtenidas entre tratamientos para el rendimiento del forraje a los 60 dds, no se mantuvieron a los 90 dds, dado que a esta última fecha de corte todos los tratamientos resultaron estadísticamente similares, sobresaliendo numéricamente la siembra estaqueada con 200 y 100 Kg de urea ha⁻¹. En términos generales pudo observarse que en la siembra estaqueada cantidades bajas de urea por hectárea resultaron satisfactorias para el rendimiento de forraje del pasto maralfalfa, en tanto que para la siembra cruzada, se observó un requerimiento mayor de urea por hectárea.

Los rendimientos de los tratamientos sobresalientes en la presente investigación resultaron superiores a los hallados por Cerdas-Ramírez *et al.* (2015), en el orden de 2.455 t ha⁻¹ para la siembra cruzada (SCX150

Y SCX200) y de 1.66 t ha⁻¹ para la siembra estaqueada (SEX100). En lo que respecta a los análisis de cenizas del forraje con los tratamientos evaluados, se determinó como el mejor a la SC × 150 kg de urea ha⁻¹, seguido por SC × 100 kg de urea ha⁻¹, resultados acordes a los tratamientos más rendidores, explicado por la aportación del nitrógeno suministrado (Figura 3).

El análisis del contenido de proteína del forraje (Figura 4) reveló similitud entre los tratamientos de estudio con valores entre 10.25 y 11.38%, los cuales fueron superiores a lo registrado por Cárdenas-Ramírez *et al.* (2012) que fueron en promedio de 5.90%. No obstante, existen trabajos de investigación con valores de proteína cruda obtenidos del orden de 12.7 % (Ortiz-Robledo *et al.*, 2016), valores que varían de acuerdo a las condiciones agroclimáticas.

En comparación a los resultados obtenidos por Citalán *et al.* (2012) y Clavero y Razz (2009), se obtuvieron niveles más altos en cuanto a proteína cruda, aun cuando la cosecha se realizó a los 90 días de corte de homogenización. En general el pasto maralfalfa tuvo buena respuesta respecto a crecimiento y

Cuadro 1. Valores promedio de altura de planta, cantidad de hojas por planta, largo de las hojas por planta, diámetro de la caña y rendimiento de forraje de *Pennisetum sp.* a los 60 y 90 dds.

	Siembra cruzada			Siembra estaqueada			DMS
	Dosis de N (urea)			Dosis de N (urea)			
	100	150	200	100	150	200	
Altura pasto (cm)	120.75a	126.75a	133.40a	125.15a	127.20a	133.20a	25.28
Cantidad hojas	10.25a	10.75a	11.50a	10a	11.25a	9a	4.27
Ancho hojas (cm)	3.12a	3.35a	3.25a	3.12a	3.25a	3.37a	1.69
Largo hojas (cm)	90.75a	96.25a	82.25a	92a	94.50a	93a	31.63
Ancho caña (cm)	2.35a	1.96a	2.40a	2.35a	2.34a	2.15a	1.52
Rendimiento 60 días (kg m ⁻²)	1.5b	7.73a	6.76a	6.45a	2.45b	3.85ab	3.97
Rendimiento 90 días (kg m ⁻²)	7.7a	8.15a	6.17a	10.3a	8.12a	10.52a	10.06

Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha = 0.05$).

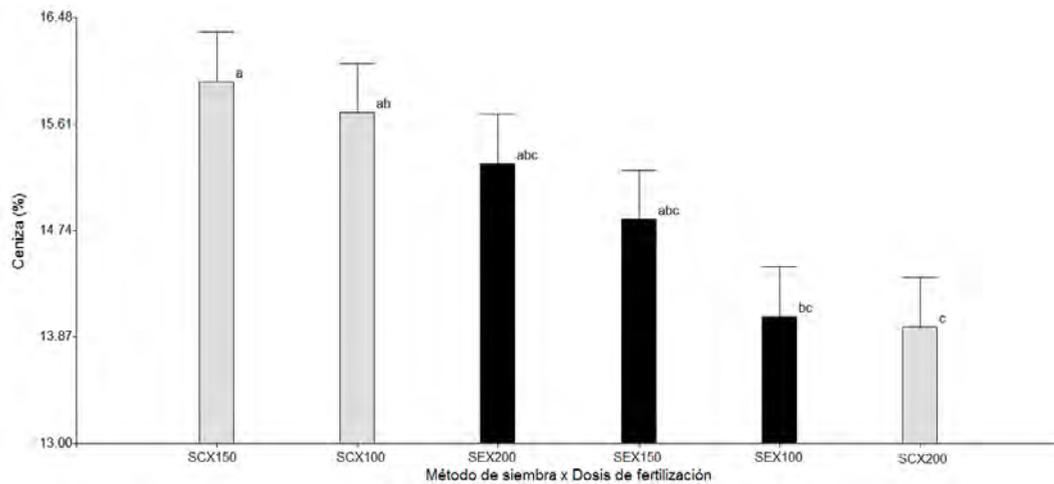


Figura 3. Porcentaje de ceniza a los 90 días, según el método de siembra y la dosis de fertilización para *Pennisetum* sp. SCX100: Siembra cruzada con dosis de 100 Kg de urea ha⁻¹; SCX150: Siembra cruzada con dosis de 150 kg de urea ha⁻¹; SCX200: Siembra cruzada con dosis de 200 kg de urea ha⁻¹; SEX100: Siembra estaqueada con dosis de 100 Kg de urea ha⁻¹; SEX150: Siembra estaqueada con dosis de 150 kg de urea ha⁻¹; SEX200: Siembra estaqueada con dosis de 100 kg de urea ha⁻¹.

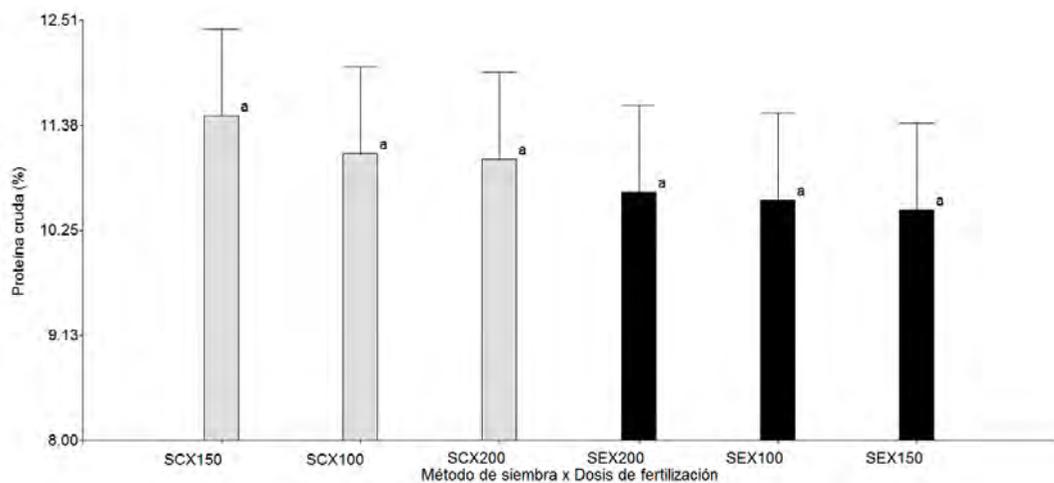


Figura 4. Porcentaje de proteína cruda a los 90 días, según el método de siembra y dosis de fertilización para *Pennisetum* sp. SCX100: Siembra cruzada con dosis de 100 Kg de urea ha⁻¹; SCX150: Siembra cruzada con dosis de 150 Kg de urea ha⁻¹; SCX200: Siembra cruzada con dosis de 200 kg de urea ha⁻¹; SEX100: Siembra estaqueada con dosis de 100 kg de urea ha⁻¹; SEX150: Siembra estaqueada con dosis de 150 kg de urea ha⁻¹; SEX200: Siembra estaqueada con dosis de 100 kg de urea ha⁻¹.

producción, pudiendo cosecharse más de 100 t ha⁻¹ por ciclo estableciendo el pasto mediante estacas. En cuanto a la composición proteica, algunos autores reportan valores que van de 7.9% a 16.25% de proteína cruda en condiciones bajo fertilizantes 12N-24P-12K, o bien, urea al 46% en diferentes niveles (0, 30, 60 y 90 kg ha⁻¹) a diferentes fechas de corte (21, 30, 42, 45 y 63 d) (Clavero y Razz, 2009; Cerdas-Ramírez, 2015; Citalán et al., 2012). Comparado a otros pastos de uso más común como el Tanzania (*Panicum maximum* cv. Tanzania), Mombaza (*Panicum maximum* cv. Mombaza) y Brizantha (*Brachia-*

ria brizantha) que han reportado valores de hasta 12.3%, 11.6% y 9.5% de proteína cruda respectivamente (Verdecia, 2008; Ortega-Aguirre et al., 2015).

CONCLUSIONES

Se obtuvieron efectos de interacción entre el tipo de siembra y cantidad de urea aplicada. Por su rendimiento de forraje a los 60 d, sobresalieron la siembra cruzada (SC) y la aplicación de 150 y 200 Kg de urea ha⁻¹ con 8.15 y 6.17 t ha⁻¹, en tanto que para la siembra estaqueada el mejor rendimiento se obtuvo

con la aplicación de 100 kg de urea ha^{-1} . Para la siembra estaqueada el mejor rendimiento se obtuvo con la aplicación de 100 kg de urea ha^{-1} (6.45 t ha^{-1}). Se recomienda realizar el primer corte de producción a los 90 d cuando el pasto tiene mayor cantidad de follaje y aún es viable para la alimentación de los animales.

LITERATURA CITADA

- Cerdas-Ramírez, R. (2015). Comportamiento productivo del pasto maralfalfa (*Pennisetum* spp.) con varias dosis de fertilización nitrogenada. *InterSedes: Revista de las Sedes Regionales*, 16(33), 123-145.
- Citalán, L., Domínguez, B., Orantes, M., Manzur, A., Sánchez, A., Santos, M., & Nahed, J. (2012). Evaluación nutricional de maralfalfa (*Pennisetum* spp) en las diferentes etapas de crecimiento en el rancho San Daniel, municipio de Chiapa de Corzo, Chiapas. *Quehacer científico en Chiapas*, 1(13), 19-23.
- Clavero, T., & Razz, R. (2009). Valor nutritivo del pasto maralfalfa (*Pennisetum purpureum* × *Pennisetum glaucum*) en condiciones de defoliación. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 26(1), 78-87.
- Correa, H. (2006). Calidad nutricional del pasto maralfalfa (*Pennisetum* sp) cosechado a dos edades de rebrote. *Livestock Research for Rural Development*, 18(6), 326-335.
- Da Silva, C. S., & Nascimento, J. D. (2006). Ecofisiología de plantas forrageiras. III Simposio sobre manejo estratégico de Pastagem (págs. 1-42). Brasil: UFV.
- Dávila, U. M., Valadez, M., Reis, T. C., & García, M. T. (2016). Contribuciones al estudio de la Maralfalfa (*Pennisetum* spp.). Entorno ganadero.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2017. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- FAO. (2012). Obtenido de Buenas Prácticas agropecuarias (BPa) en la producción de ganado de doble propósito bajo confinamiento con caña panelera como parte de la dieta: <http://www.fao.org/docrep/010/a1564s/a1564s00.htm>
- González, M. E., García, M. J., Cruz, R. C., & Lara, L. L. (2015). Bromatología del ensilado de pasto maralfalfa (*Pennisetum* sp.) fertilizado con ENTEC® e inoculado con Sil-All 4x4®. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Herrera, R. S. (2006). Pastos tropicales, contribución a la fisiología, establecimiento, rendimiento de biomasa, producción de biomasa, producción de semillas y reciclaje de nutrientes. *Fotosíntesis*, 37.
- Márquez, F., Sánchez, J., Urbano, D., & Dávila, C. (2007). Evaluación de la frecuencia de corte y tipos de fertilización sobre tres genotipos de pasto elefante (*Pennisetum purpureum*): 1. Rendimiento y contenido de proteína. *Zootecnia tropical*, 25(4), 253-259.
- Moreno, F., & Molina, D. (2007). Buenas prácticas agropecuarias en la producción de ganado de doble propósito bajo confinamiento con caña panelera como parte de la dieta. MANA-FAO.
- Orihuela, J. C., & Cuevas Ocampo, O. (2014). El ensilaje de maralfalfa como alternativa para la alimentación de bovinos lecheros en el Estado de Morelos. Folleto para productores.
- Ortega-Aguirre, C. A., Flores, C. L., & Bugaran-Prado, J. O. (2015). Agronomic characteristics, bromatologica composition, digestibility and consumption animal in four species of grasses of the genera *Brachiaria* and *Panicum*. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 18(3).
- Ortiz R, F, O Reyes E, J Heredia C, R Rosales S, & R Juárez O. 2016. Rendimiento y calidad nutricional de maralfalfa obtenido en tres fechas de corte en Durango México. *Agrofaz* 16(1); 47-56.
- Ramírez, Y., & Pérez, J. (2006). Efecto de la edad de corte sobre el rendimiento y composición química del pasto maralfalfa (*Pennisetum* sp.). *Rev. Uncell. Cienc. Tec.*, 24, 57-62.
- Rosa, B., & Silva, S. R. (1997). Efeito das épocas de diferimento na produção e composição química do capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum. cv. Cameroon). (U. F. Goiás, Ed.) *Anais das Escolas de Agronomia e Veterinária*, 27(2), 109-115.
- Verdecia, D. M. (2008). Rendimiento y componentes del valor nutritivo del *Panicum maximum* cv. Tanzania. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 9(5), 1-9.

Rustic aquaponics: an alternative to contribute to food sovereignty in rural communities

La acuaponía rústica: una alternativa para contribuir a la soberanía alimentaria en comunidades rurales

Fernández-Juárez, Elda¹; Navarro-Rodríguez, María del Pilar¹; Landero-Torres, Ivonne¹;
Gómez-Merino, Fernando Carlos^{2*}; Pérez-Sato, Juan Antonio^{2*}

¹Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Peñuela, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. C. P. 94945. ²Colegio de Postgraduados Campus Córdoba. Manuel León, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. C. P. 94946.

*Autores de correspondencia: fernandg@colpos.mx y pantonio@colpos.mx

ABSTRACT

Objective: To analyze the potential of rustic aquaponics for food production and evaluate a rustic system of small-scale for fish and vegetable production.

Design/methodology/approach: A bibliographic review was made on the potential of aquaponics for small-scale food production in family units in rural areas and a rustic system for the production of fish and leafy vegetables was designed and evaluated.

Results: Rustic aquaponics was found to have great potential to supply nutritious food to family units in rural areas, provided they are properly trained. The rustic food production system was more efficient for fish production, although leafy vegetables were also produced to a lesser extent, mainly due to water quality limitations.

Limitations of the study/implications: Rustic aquaponics can work better when you have a better quality water supply and more nutrients for the plant.

Findings/conclusions: It is concluded that training is essential to ensure the proper implementation of rustic aquaponic systems for food production in family units that inhabit the rural communities, and that water quality and nutrient availability for vegetable production represent crucial requirements in this type of production systems.

Keywords: Sustainability, food sovereignty, aquaculture, hydroponics, aquaponics, plant nutrients.

RESUMEN

Objetivo: Analizar el potencial de la acuaponía rústica para la producción de alimentos y evaluar un sistema rústico de producción de peces y hortalizas de hoja a pequeña escala.

Diseño/metodología/aproximación: Se hizo una revisión bibliográfica sobre el potencial de la acuaponía para producción de alimentos a pequeña escala en unidades familiares en el medio rural y se diseñó y evaluó un sistema rústico para la producción de peces y de hortalizas de hoja.

Resultados: Se encontró que la acuaponía rústica tiene un gran potencial para abastecer de alimentos nutritivos a unidades familiares en el medio rural, siempre que se encuentre con la capacitación adecuada. El sistema rústico de producción de alimentos resultó más eficiente para la producción de peces, aunque también se logró producir verduras de hoja en menor medida, debido principalmente a limitaciones relacionadas con la calidad del agua.

Agroproductividad: Vol. 12, Núm. 12, diciembre. 2019. pp: 93-98.

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

Limitaciones del estudio/implicaciones: La acuaponía rústica puede funcionar de mejor manera cuando se tienen un abastecimiento de agua de mejor calidad y con mayor cantidad de nutrimentos para la planta.

Hallazgos/conclusiones: Se concluye que la capacitación es indispensable para asegurar la buena implementación de sistemas acuapónicos rústicos para la producción de alimentos en unidades familiares que habitan el medio rural, y que la calidad del agua y la disponibilidad de nutrimentos para la producción de hortalizas es un requisito indispensable en este tipo de sistemas de producción.

Palabras clave: Sustentabilidad, soberanía alimentaria, acuicultura, hidroponía, acuaponía, nutrimentos vegetales.

INTRODUCCIÓN

Actualmente la humanidad enfrenta dos grandes desafíos para lograr indicadores de sustentabilidad en su proceso de desarrollo. Por un lado existe una población mundial en constante crecimiento, que se estima pasará de 7.7 mil millones en 2020 a más de 9.7 mil millones en 2050, lo que implica un incremento de poco más de 2 mil millones de personas en tan solo 30 años (ONU, 2019), con un consecuente aumento en la demanda de alimentos. Por otro lado, el cambio climático como fenómeno global está teniendo graves implicaciones en los regímenes de lluvia y el incremento de las temperaturas, lo que repercute negativamente en la producción de agrícola, sobre todo en los países ubicados en las zonas tropicales y subtropicales al norte y al sur del Ecuador, que en su mayoría son países con economías emergentes o en desarrollo como México, con graves carencias, marginación y altos niveles de pobreza (Mondal *et al.* 2019). Para el caso de México, se estima que hacia el año 2050 el cambio climático pudiera disminuir la producción agrícola en cerca del 27% de su nivel actual (Moyer, 2010; Gómez-Merino y Hernández Anguiano, 2013), en tanto que su población podría pasar de los 130 millones de habitantes en 2020 a más de 165 millones en 2050, lo que ocasionará mayor presión sobre los recursos genéticos y naturales actuales en un ambiente de mayor incertidumbre climática (ONU, 2019).

Según datos del CONEVAL (2019), para 2018 52.4 millones de personas en México vivían en alguna situación de pobreza, lo que equivale a cerca del 42% de la población del país. Por su parte, la FAO (2018a) destaca que para 2018, México contaba con un 23% de su población (cerca de 30 millones de personas) habitando áreas rurales, en comunidades de menos de 2500 habitantes. Existe una estrecha relación entre marginación y ruralidad que se expresa en la magnitud y la intensidad de la pobreza extrema en zonas rurales. En México, poco más del 50% de la población en pobreza extrema habitan en localidades rurales y la tasa de pobreza extrema es notoriamente superior en zonas rurales (17.4%) que en zonas urbanas (4.4%) (FAO, 2018a).

Por ello, urgen análisis sobre potenciales estrategias de solución de estos desafíos y propuestas para lograr la soberanía alimentaria en años futuros, incluyendo la agricultura ecointensiva de alta tecnología basada en un manejo sustentable de los recursos, donde prácticas agrícolas convencionales, agroecológicas y biotecnológicas podrían convivir en una relación armoniosa con fines de producir más y mejores alimentos con menor impacto ambiental (Pérez-Vázquez *et al.*, 2018).

Dentro de estas tecnologías pudiera destacarse la acuaponía, en la que se integran dos métodos de producción de alimentos: la acuicultura, que involucra el cultivo de animales acuáticos, y la hidroponía, para la producción de cultivos vegetales con base en soluciones nutritivas (Gómez-Merino *et al.*, 2015).

En este trabajo se hace un análisis de los beneficios que ofrece la acuaponía rústica para unidades familiares, y se presentan resultados de la evaluación práctica de un sistema de producción acuapónica desarrollado para este tipo de unidades familiares en zonas rurales del país.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Acuicultura e hidroponía: bases de la acuaponía

La acuaponía es un concepto relativamente nuevo para los métodos modernos de producción de alimentos y proporciona respuestas a algunos de los problemas relacionados con la agricultura y el manejo de los recursos naturales. La tecnología combina las dos prácticas bien establecidas de la acuicultura y la hidroponía para producir alimentos de forma sustentable al reducir el uso de los recursos hídricos, evitar el uso del suelo y producir buenos rendimientos de alimentos frescos y nutritivos en forma de verduras, frutas, hierbas y pescado.

La acuaponía a pequeña escala puede servir como una solución familiar a la necesidad de una fuente de alimentos económica, nutritiva y confiable que tenga la capacidad de proporcionar una comida completa (carbohidratos y proteínas) con un uso mínimo de insumos (Connolly y Trebic, 2010).

Este concepto es determinante dada la importancia que ha tomado la producción pesquera mundial, que alcanzó un máximo de aproximadamente 171 millones de toneladas en 2016, de las cuales la acuicultura representó un 47% del total (FAO 2018b). Si a esta tendencia se añade la puesta en marcha de estrategias de abastecimiento de pescado y verduras para las unidades familiares en el medio rural, se estará en posibilidad de contribuir a mejorar los indicadores de los Objetivos de Desarrollo del Milenio de las Naciones Unidas relacionados con la erradicación de la pobreza extrema y el hambre, la promoción de la igualdad de género y la autonomía de la mujer, la reducción de la mortalidad infantil, el mejoramiento de la salud materna, el combate de diversas enfermedades, y la garantía de la sostenibilidad del medio ambiente, entre otros (ONU, 2015). Para México estas estrategias pueden ser cumplidas dado el país cuenta con 11,592 km de litorales y una red de ríos y arroyos de 633 km de longitud, aunado a sistemas de lagos y lagunas que enriquecen el abastecimiento de agua para la actividad acuícola (CONAGUA, 2018; CONAPESCA, 2017), y en consecuencia, de la producción acuapónica.

De manera similar al crecimiento de la producción pesquera en el mundo, en México se ha observado que la producción hidropónica ha cobrado cada vez más relevancia, principalmente si se trata de agricultura protegida, que actualmente ocupa cerca de 60 mil hectáreas donde se producen diversas hortalizas, frutillas, ornamentales y flores (Viramontes, 2018).

La acuaponía: bases técnicas y algunas experiencias

El crecimiento acelerado tanto de la actividad acuícola como hortícola en sistemas de agricultura protegida ha ocasionado fuerte presión sobre los recursos agua y suelo, e incrementado el impacto ambiental (Dediu et al., 2011), principalmente debido a la cantidad de desechos que se descargan a las aguas usadas para la producción, mismos que pueden ser empleados por las plantas a través de la acuaponía (Endut et al., 2010). En estos sistemas, las raíces de las plantas actúan como biofiltros, lo que permite remover los nutrientes disueltos y con ello reducir los sólidos suspendidos en el agua, y una vez, limpia, el agua puede usarse nuevamente para los animales acuáticos, resultando en una integración de sistemas acuícola-agrícola (Muñoz-Gutiérrez, 2012).

Una de las principales ventajas de la acuaponía es que puede ser adaptada a pequeña o gran escala. En unidades de producción de agricultura familiar, la acuaponía puede desarrollarse en espacios mínimo, lo que hace eficiente el uso de los recursos de producción e impacta positivamente la economía a nivel local, de una forma más acorde con los sistemas naturales (Arroyo-Padilla, 2012). En los sistemas acuapónicos no es posible hacer uso de productos fitosanitarios de síntesis química como bactericidas, fungicidas, insecticidas ni herbicidas (Iturbide-Dormon, 2008; Aguilera-Morales et al., 2012; Borrero

et al., 2013), logrando producciones con alto nivel de sanidad e inocuidad (Falcón, 2010; Borrero et al., 2013).

Para un mejor manejo de los sistemas acuapónicos, se deben conocer los principios de la producción de peces en sistemas acuícolas, y de plantas en sistemas hidropónicos. La alimentación y el manejo de los peces, así como el manejo de las soluciones nutritivas son requisitos indispensables para tener éxito en estas empresas. Indicadores de calidad del agua como pH, capacidad de intercambio catiónico, iones disueltos, temperatura y abastecimiento de la misma deben conocerse a detalle y evaluarse periódicamente. En sistemas de producción familiar es importante incluir fuentes locales y sostenibles de insumos. La FAO (2014), recomienda conocer las condiciones ideales para cultivar las principales plantas en acuaponía; controles químicos y biológicos de plagas y enfermedades comunes, plantaciones compatible, enfermedades comunes de los peces y síntomas, causas y remedios relacionados; herramientas para calcular el amoníaco producido y medios de biofiltración requeridos para una determinada densidad de población de peces y cantidad de alimento para peces; así como la producción de piensos caseros para peces.

Para sistemas de producción acuapónica a pequeña escala, diversas especies de tilapia (*Oreochromis* spp.) son las más usadas, debido a su corto ciclo productivo (seis a nueve meses), tolerancia a variaciones en la calidad del agua y resistencia a bajos niveles de oxígeno (Iturbide-Dormon, 2008; Falcón, 2010). Respecto a las plantas más usadas en estos sistemas se pueden citar a la

lechuga (*Lactuca sativa*), la espinaca (*Spinacea oleracea*) y la albahaca (*Ocimum basilicum*), dado su fácil manejo y escaso requerimiento nutrimental, en tanto que tomate (*Solanum lycopersicum*), pimientos (*Capsicum annum*) y pepinos (*Cucumis sativus*), requieren mayores suministros nutrimentales, y los que los sistemas acuapónicos demandarán mayor complejidad (Muñoz-Gutiérrez, 2012).

En México existen diversos grupos de trabajo dedicados al desarrollo y evaluación de sistemas acuapónicos, ubicados principalmente en la Universidad Autónoma de Guadalajara, el Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora, el Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada, el Instituto Tecnológico de Boca del Río, y el Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas (Ronzón-Ortega *et al.*, 2012; Campos-Pulido *et al.*, 2013; BOFISH, 2014; Gómez-Merino *et al.*, 2015; Ortega-López *et al.*, 2015; Reyes-Flores *et al.*, 2016). A nivel empresarial, destacan los trabajos de la compañía Acuicultura del Desierto S. de P. R. de R. L. en Baja California, y de BOFISH en Jalisco (Falcón, 2010; BOFISH, 2014).

Sistema de producción acuapónico a pequeña escala para el medio rural

Se diseñó y probó la funcionalidad de un sistema de producción acuapónico a pequeña escala para la producción de tilapia nilónica y lechugas. Las tilapias de 30 días de edad fueron establecidas en un estanque a cielo abierto, a una densidad de 50 a 100 tilapias por metro cúbico de agua. Se emplearon tres fuentes de alimento comercial para tilapia dependiendo de la fase de su crecimiento. Todos los alimentos empleados fueron de la marca NUTRIPEC PURINA®, y la alimentación de los peces se hizo siguiendo la metodologías descritas por la FAO (2014) y Ortega López *et al.* (2015). La cosecha de las tilapias se realizó 6 meses después de establecido el ensayo, con pesos promedio de 350 a 450 g cada una.

El agua usada para este sistema fue de lluvia, la cual presentaba un pH de 7.5 y una conductividad eléctrica de $52 \mu\text{S cm}^{-1}$.

Los efluentes producidos por el estanque destinado a la producción de tilapias fueron usados en un sistema hidropónico de raíz flotante para la producción de lechugas. Para la creación del sistema se emplearon dos tinas de plástico de 1000 L, de la marca comercial ROTOPLAS®, de un diámetro superior de 1.7 m e inferior de 1.4

m, y su altura 68 cm. Para la recirculación del agua se emplearon tubos de PVC de $\frac{1}{2}$ " de diámetro y 6 m de largo; llaves de plástico tipo nariz de $\frac{1}{2}$ "; codos de plástico de $\frac{1}{2}$ ", niples de plástico de $\frac{1}{2}$ ", coples de plástico de $\frac{1}{2}$ ", y conectores tipo T de plástico de $\frac{1}{2}$ ". Se ensamblaron los tubos (un tubo de seis metros cortado en secciones) a los codos niples rodeando al ROTOPLAS® para que las llaves se encontraran en todas las tinas. Para la recirculación de agua del estanque de efluente acuícola a las camas hidropónicas se utilizaron dos bombas de plástico sumergibles HYWSC500 con una potencia de motor de 1/2 HP, con una profundidad máxima de 8 m, un flujo máximo de 11000 L h^{-1} y un paso de sólidos de 5 mm, colocadas una en cada estanque para que el efluente acuícola recirculara a las camas hidropónicas; esto permitió la complementación en el ciclo de recirculación del agua (Figura 1).

En el área donde se situaron las tinas de plástico de 1000 L se establecieron 16 tinas en total, para el cultivo de lechuga. Las tinas eran de plástico color azul de 200 L, partidas a la mitad; con el fin de tener tinas de 100 L cada una para que el abastecimiento del efluente acuícola fuera igual. Para la complementación del sistema hidropónico en las tinas de 100 L se utilizaron, como sustrato inerte y flotante, tallos de bambú 15 orificios cada uno, lo que logró el aseguramiento del contacto de las raíces de las lechugas con el efluente acuícola (Figura 2). Se utilizó una esponja para la absorción del efluente y posteriormente se sembraron las lechugas. A fin de mantener el área libre de vegetación no deseada y de contaminantes, el piso se cubrió con plástico biodegradable y tezontle.

Se observó que el efluente generado por el estanque destinado a la producción de tilapias pudo abastecer de nutrientes al cultivo de lechugas, logrando cabezas de entre 200 y 250 g en peso fresco.

En cuanto a la producción de tilapias, es importante considerar que existen factores cruciales para lograr cosechas exitosas. Además de la alimentación, en este ensayo la temperatura del agua y del aire, así como la irradiación solar jugaron un papel crítico. En cuanto a la producción de lechugas, el factor más determinante fue la concentración de nutrimentos en los efluentes.

Hasta ahora, las iniciativas para escalar este sistema y lograr que más unidades familiares lo adopten han sido poco exitosas. Un primer factor que ha limitado



Figura 1. Sistema de recirculación del efluente acuícola para la oxigenación y purificación del sistema acuapónico.



Figura 2. Sistema acuapónico para la producción de lechugas en un sistema de raíz flotante, abastecido de nutrimentos a partir de los efluentes del cultivo de tilapias.

su adopción y apropiación es que los productores requieren de conocimientos técnicos básicos para manejar ambos sistemas (acuicultura e hidroponía) como una unidad acuapónica, dada su tradicional tendencia a producir solo plantas. Por ello, se deben desarrollar estrategias en paralelo que permitan capacitar a los potenciales productores con mayor eficiencia y rapidez.

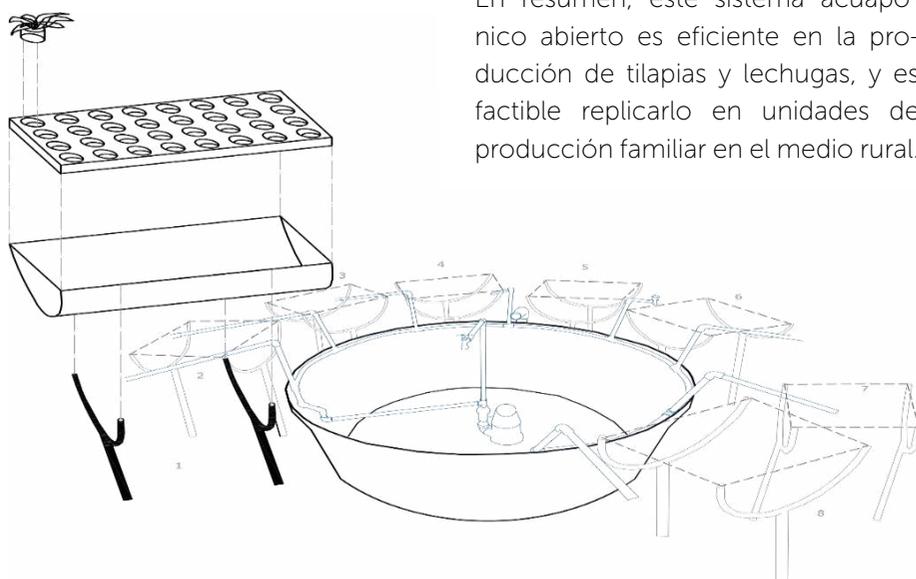


Figura 3. Esquema del modelo de producción acuapónica de tilapias y lechugas para unidades familiares del medio rural.

En resumen, este sistema acuapónico abierto es eficiente en la producción de tilapias y lechugas, y es factible replicarlo en unidades de producción familiar en el medio rural.

Para su adopción eficiente, será necesario diseñar mejores estrategia de difusión y adopción por los potenciales usuarios.

Un modelo que se puede escalar se muestra en la Figura 3.

CONCLUSIONES

Es posible sostener que la acuaponía puede contribuir a la soberanía alimentaria en el medio rural. El modelo probó efectividad en la producción de tilapia y de lechugas, con bajo uso de insumos. Para lograr un mayor éxito en su adopción por los potenciales usuarios, es necesario diseñar estrategias innovadoras de capacitación y organización.

LITERATURA CITADA

- Aguilera-Morales, M.E., Hernández-Sánchez, F., Mendieta-Sánchez, E. & Herrera-Fuentes C. (2012). Producción integral sustentable de alimentos. *Ra Ximhai* 8(3): 71-74.
- Arroyo-Padilla, J. (2012). Acuaponía. Tepalcates tercera época. *Revista de Divulgación Científica y Humanística para Profesores y Alumnos del CCH*. Febrero. 1: 2-7.
- BOFISH. (2014). BOFISH. [En línea] Disponible en: http://www.acuaponia.com/?page_id=1057.
- Borrero, C., Martínez-Silva, M., Baigorri, A. & Rico, L. (2013). Acuapónicos: Una alternativa productiva en el hogar. *FIATMAR Revista Marina* 3(1): 4-5.
- Campos-Pulido, R., Alonso-López, A., Avalos-de la Cruz, D. A., Asiain-Hoyos, A. & Reta-Mendiola, J. L. (2013). Caracterización fisicoquímica de un efluente salobre de tilapia en acuaponía. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 5: 939-950.
- CONAGUA. (2018). Estadísticas del agua en México. Edición 2018. Comisión Nacional del Agua. http://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM_2018.pdf
- CONAPESCA. (2017). Anuario estadístico de acuicultura y pesca 2017.

- Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca. https://www.conapesca.gob.mx/work/sites/cona/dgppe/2017/ANUARIO_ESTADISTICO_2017.pdf
- CONEVAL. (2019). Medición de la pobreza 2008-2018. Estados Unidos Mexicanos. Consejo Nacional de Evaluación de las Políticas de Desarrollo Social. https://www.coneval.org.mx/Medicion/PublishingImages/Pobreza_2018/Serie_2008-2018.jpg
- Connolly, K. & Trebic, T. (2010). Optimization of a backyard aquaponic food production system. *Bioresource Engineering*. Faculty of Agrochemical and Environmental Sciences. McGill University: Canada.
- Dediu, L., Cristea, V. & Xiaoshuan Z. (2011). Evaluation of condition and technological performance of hybrid bester reared in standard and aquaponic system. *Aquaculture, Aquarium, Conservation and Legislation Bioflux* 4(4): 490-498.
- Endut, A., Jusoh, A., Ali, N., Wan Nik, W.B. & Hassan, A. (2010). A study on the optimal hydraulic loading rate and plant ratios in recirculation aquaponic system. *Bioresource Technology* 110(5): 1511-1517.
- Falcón E. (2010). Más vida en el desierto. *Revista Dia Siete*. Número 11 Abril de 2010, 502: 40-47.
- FAO. (2014). Small-scale aquaponic food production. Integrated fish and plant farming. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO: Rome. <http://www.fao.org/3/a-i4021e.pdf>
- FAO. (2018a). México Rural del Siglo XXI. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. FAO: Ciudad de México. <http://www.fao.org/3/i9548es/i9548ES.pdf>
- FAO. (2018b). El estado actual de la pesca y la acuicultura. Cumplir los objetivos de desarrollo sustentable. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. FAO: Roma. <http://www.fao.org/3/i9540es/i9540es.pdf>
- Gómez-Merino, F.C. & Hernández-Anguiano, A.M. (2013). El contexto del sector agroalimentario en México. *In: Hernández-Anguiano, A. M., Gómez-Merino, F. C., Pérez-Hernández, L. M. & Villanueva-Jiménez J.A. (Eds.): Líneas Prioritarias de Investigación. Informe de Gestión 2009-2011. Colegio de Postgraduados: Texcoco, México. pp. 11-19.*
- Gómez-Merino, F.C., Ortega-López, N.E., Trejo-Téllez, L.I., Sánchez-Páez, R., Salazar-Marcial, E. & Salazar-Ortiz, J. (2015). La acuaponía: Alternativa sustentable y potencial para producción de alimentos en México. *Agroproductividad* 8 (3): 60-65.
- Iturbide-Dormon K. (2008). Caracterización de los efluentes de dos sistemas de producción de tilapia y el posible uso de plantas como agentes de biorremediación. Tesis de Maestría en Ciencia y Tecnología del Medio Ambiente. Universidad de San Carlos de Guatemala. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0157_MT.pdf
- Mondal, M.S.H. (2019). 'The implications of population growth and climate change on sustainable development in Bangladesh. *Jambá: Journal of Disaster Risk Studies* 11(1), a535. <https://doi.org/10.4102/jamba.v11i1.535>
- Moyer, M. (2010). How much is left? A graphical accounting of the limits to what one planet can provide. *Scientific American – Environment*. September 2010: 74-81.
- Muñoz-Gutiérrez, M.E. (2012). Sistemas de recirculación acuapónicos. *Informador Técnico*. Edición 76. Enero-diciembre 2012. pp. 123-129.
- ONU. (2015). Objetivos de Desarrollo del Milenio. Informe 2015. Organización de las Naciones Unidas: Nueva York. https://www.undp.org/content/undp/es/home/sdoverview/mdg_goals.html
- ONU. (2019). World Population Prospects 2019: Highlights. Department of Economic and Social Affairs. United Nations Organizations: New York. <https://www.un.org/development/desa/publications/world-population-prospects-2019-highlights.html>
- Ortega-López, N.E., Trejo-Téllez, L.I., Gómez-Merino, F.C., Alonso-López, A. & Salazar-Ortiz, J. (2015). Crecimiento de tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) y tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en un sistema acuapónico abierto. *Agroproductividad* 8 (3): 20-25.
- Pérez-Vázquez, A., Leyva-Trinidad D.A. & Gómez-Merino F.C. (2018). Desafíos y propuestas para lograr la soberanía alimentaria hacia el año 2050. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 9 (1): 175-189.
- Reyes-Flores, M., Sandoval-Villa, M., Rodríguez-Mendoza, M.N., Trejo-Téllez, L.I., Sánchez-Escudero, J. & Reta-Mendiola, J. (2016). Concentración de nutrientes en efluente acuapónico para producción de *Solanum lycopersicum* L. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 17: 3529-3542.
- Ronzón-Ortega, M., Hernández-Vergara, M.P. & Pérez-Rostro, C.I. (2012). Hydroponic and aquaponic production of sweet basil (*Ocimum basilicum*) and giant river prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 15: S63-S71.
- Viramontes, E. (2018). Agricultura protegida en México: potencia mundial y desarrollo tecnológico. *Hortalizas* 2018 (Julio). <https://www.hortalizas.com/cultivos/tomates/agricultura-protegida-en-mexico-potencia-mundial-y-desarrollo-tecnologico/>



Notas de investigación



Technological development for the production and commercialization of tilapia (*Oreochromis* spp.)

Desarrollo tecnológico para la producción y comercialización de tilapia (*Oreochromis* spp.)

Reta-Mendiola, Juan Lorenzo; Asiain-Hoyos, Alberto; Lango-Reynoso, Verónica

Colegio de Postgraduados Campus Veracruz. Carretera Xalapa-Veracruz km 88.5, Tepetates, Manlio Fabio Altamirano, Veracruz, México. C. P. 91690.

PROBLEMA

La demanda de la tilapia (*Oreochromis* spp.) en México, no se cubre y se importa congelada. Entre los productores acuícolas de México, existe un pequeño grupo que está altamente tecnificado con adecuados indicadores productivos, aunque la gran mayoría son pequeños productores no integrados a las cadenas de mercado, con poca o nula experiencia en tecnologías para la producción, transformación y comercialización de tilapias, baja productividad y competitividad, y escaso acceso al financiamiento. En la mayoría de las unidades de producción no existe un plan de industrialización, lo que significa, que ésta tilapia se consume fresca entera y se vende a pie de estanque.

SOLUCIÓN PLANTEADA

Se estableció un modelo de desarrollo de acuicultura, mediante la implementación de puntos de venta de tilapia viva, y para ello, se transfirió tecnología mediante manuales y materiales técnicos de proceso, promoviendo esta variante comercial a través de los medios y redes sociales. Actualmente en Veracruz, México, se han implementado diversos modelos de producción participativa de tilapia, además, de incluir valor competitivo de la tilapia viva en puntos de venta, fomentando el empleo local rural. Al generar el punto de venta vivo asociado a las granjas, el mercado se asegura y el precio no fluctúa sin previo acuerdo entre las partes. Se hace una alianza, productor comercializador en vivo, que se ajusta al modelo de fomento de proveedores, haciendo más eficiente el eslabón de producción y comercialización de la cadena productiva. Se incrementó el índice de uso de tecnología, pasando de 17% a 30%, lo cual favorece al aumento de ingresos económicos (Figura 1).



Figura 1. Producción y venta de tilapia viva en comunidades rurales del centro de Veracruz, México.

IMPACTOS E INDICADORES

Innovación	Impacto	Indicador general	Indicador específico
Producción sostenible de tilapia	Empleo local rural	Ocupación y empleo.	Tasa de ocupación agropecuaria; incremento en ingresos económicos
Desarrollo tecnológico	Eficiencia en el uso del agua. Mejores prácticas en la producción de tilapia	Ciencia y tecnología. Económico. Ambiental.	Innovación e investigación, actividad económica, sector agropecuario
Artículos científicos publicados, manuales técnicos y libros de producción	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



The creole bovine breed Lechero Tropical

La raza bovina criolla Lechero Tropical

Becerril-Pérez, Carlos Miguel; Rosendo-Ponce, Adalberto

Colegio de Postgraduados Campus Veracruz. Carretera Federal Xalapa-Veracruz km 88.5, 91690
Tepetates, Manlio Fabio Altamirano, Veracruz, México.
Autores para correspondencia: color@colpos.mx; arosendo@colpos.mx

PROBLEMA

Los climas cálidos tropicales son de los más adversos para la producción animal por la ocurrencia de altas temperaturas, radiación solar y humedad relativa, entre otros factores; estos climas están presentes en cerca de 30 % de la superficie del territorio nacional y se encuentran ampliamente distribuidos en el territorio continental e insular de Hispanoamérica; además, la región es básicamente importadora de tecnología, materiales genéticos e insumos para la ganadería. Las razas exóticas disponibles frecuentemente están desadaptadas y algunos genotipos adaptados no corresponden a la idiosincrasia y gustos de los criadores locales, de sus familias y de los consumidores.

SOLUCIÓN PLANTEADA

Utilizar genotipos y razas naturalizadas y adaptadas a las condiciones climáticas adversas de las regiones tropicales de climas cálidos, al cambio climático y calentamiento mundial y generar los conocimientos y tecnología apropiados para su conservación, mejora, uso, protagonismo y expansión en sistemas de producción sustentables. La actual raza criolla Lechero Tropical (LT, *Bos taurus*), es una raza antigua producto de la selección natural de más de 500 años, descendiente de los bovinos originales traídos al Nuevo Mundo, primero a las islas del Caribe y después a casi todo el territorio continental. La LT es una raza totalmente adaptada a la región tropical de climas cálidos, útil para la producción de leche (y carne) saludable y de alta calidad nutritiva y organoléptica; el Colegio de Postgraduados tiene un núcleo genético de la raza LT, localizado en las tierras bajas de la vertiente del Golfo de México.

La raza LT se caracteriza por su resistencia a altas temperaturas y humedad relativa y a cambios estacionales y sequía, resistencia a garrapatas y otros parásitos externos e internos, alta capacidad de bocado y ramoneo para el pastoreo de potreros, alta fertilidad y bajos problemas de parto, altas sobrevivencia y longevidad, gran mansedumbre y facilidad de ordeña, bajos gastos sanitarios, alto contenido de sólidos totales en la leche y alto rendimiento en queso, vigor híbrido y complementariedad con otras razas y cuenta con un programa moderno de mejora genética (Figura 1 y 2).

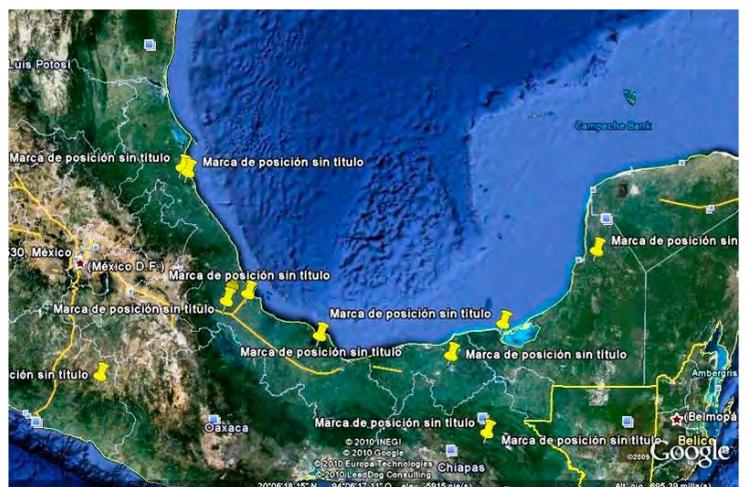


Figura 1. Distribución de la raza criolla Lechero Tropical en México en hatos de las tierras bajas de climas cálidos tropicales.



Figura 2. Novillonas criollas Lechero Tropical en Frontera, Tabasco.

IMPACTOS E INDICADORES

Innovación	Impacto	Indicador general	Indicador específico
Diáspora: Formación de nuevos hatos.	Producción de leche de alta calidad en condiciones adversas de climas cálidos, con una producción de 1174 L a 305 días, alto contenido de proteína y grasa en la leche.	Ciencia y tecnología.	Talentos humanos, conocimientos e innovación para el sector agroalimentario.
Empresas ganaderas rentables en la región tropical de climas cálidos.	Producción sustentable y empleo local rural y urbano.	Ocupación y empleo.	Más y mejores empleos, inversión para el campo en territorios con menor desarrollo del sur del país.
Desarrollo tecnológico.	Uso de recursos naturales y locales, menor uso de insumos externos, caros y contaminantes, menores costos de producción.	Ciencia y tecnología, economía y medio ambiente.	Talentos humanos, conocimientos e innovación para el sector agroalimentario.
Publicaciones científicas, libros y folletos en ganadería criolla tropical.	Difusión de conocimientos científicos y tecnológicos.	Ciencia y tecnología.	Productos científicos y tecnológicos.
Educación.	Licenciatura, Maestría y Doctorado.	Ciencia y tecnología.	Graduados a nivel profesional y de postgrado.
Vinculación académica.	Estudiantes, productores, técnicos y profesionales del sector agroalimentario.	Ciencia y tecnología.	Conferencias, congresos y seminarios nacionales e internacionales.



New varieties of sugarcane (*Saccharum* spp.) Generated by the College of Postgraduates in Agricultural Sciences for the Mexican humid tropics

Nuevas variedades de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) generadas por el Colegio de Postgraduados para el trópico húmedo mexicano

Sentíes-Herrera, Héctor Emmanuel¹; Valdez-Balero, Apolonio²; Loyo-Joachin, Roberto³; Flores-Revilla, Carlos³; Trejo-Téllez, Libia Iris¹; Gómez-Merino, Fernando Carlos^{4*}

¹Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. C. P. 56230. ²Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. Carretera Cárdenas-Huimanguillo km 3.5, H. Cárdenas, Tabasco, México. C. P. 86500. ³Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar. Carretera Tapachula-Talismán km 17.5, Rosario Izapa, Tuxtla Chico, Chiapas, México. C. P. 30870. ⁴Colegio de Postgraduados Campus Córdoba. Carretera Córdoba-Veracruz km 348, Manuel León, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. C. P. 94946.

*Correo electrónico: fernandg@colpos.mx

PROBLEMA

La caña de azúcar (*Saccharum* spp.) es el cultivo de mayor productividad a nivel mundial, y México se ubica como el sexto productor de azúcar y de caña de azúcar en el mundo. Sin embargo, existen algunos desafíos tecnológicos, como la reducción en el número de variedades comerciales en campo, que surgió principalmente a raíz de la desaparición del Instituto para el Mejoramiento de la Producción de Azúcar (IMPA) a inicio de la década de 1990. Debido a esta circunstancia, la generación de nuevas variedades de caña de azúcar quedó desarticulada. Fue hasta la promulgación de la Ley para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar (LGDSCA) en 2005, que se retomaron iniciativas y se empezaron a hacer los primeros esfuerzos tendientes a reactivar íntegramente esta cadena de valor. En consecuencia, a partir de 1990 y hasta 2010, hubo un decremento paulatino en el número de variedades predominantes en el campo cañero mexicano, a tal grado que en 2012, el 70% de la superficie sembrada con este cultivo en el país solo se sustentaba en tres variedades: CP 72-2086, Mex 69-290 y Mex 79-431, lo que hacía vulnerable al sistema de producción.



Figura 1. Cultivos experimentales y comerciales de la variedad COLPOS CTMEX 05-204 en la zona de influencia del Campus Córdoba-Colpos.

SOLUCIÓN

En coordinación con los principales actores del sector azucarero (productores de campo, grupos industriales, gobierno y sector académico), a partir de 2005 el Colegio de Postgraduados (Colpos) empieza a dar soporte a diversas iniciativas en apoyo al sector azucarero. La Cámara Nacional de las Industrias Azucarera y Alcohólica (CNIAA) ha tenido un papel preponderante en estas iniciativas, y a través del Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar (CIDCA), se ha provisto de semilla botánica o Fuzz a los Centros Experimentales Regionales (CER) en todo el país.

Con materiales sobresalientes seleccionados en Campus Tabasco (Colpos) en 2011 se estableció la Fase Prueba de Adaptabilidad en Campus Córdoba (Colpos), con un total de 34 variedades de las generaciones 2002, 2005, y 2006. En 2013, se estableció la Fase Evaluación Agroindustrial con el material seleccionado en la Fase Prueba de Adaptabilidad, con un total de 13 variedades. A la fecha se cuenta con cuatro variedades en Evaluación Agroindustrial, mismas que se han estado liberando desde 2017-2018, con lo que el Campus Córdoba estará contribuyendo con nuevos materiales para el desarrollo del sector azucarero nacional. Algunas de las características más destacadas de estas variedades se describen en el Cuadro 1.

Estas variedades presentan resistencia a las principales enfermedades tales como: virus del mosaico de la caña de azúcar, carbón, roya café, escaldadura, raquitismo de las socas, entre otras de importancia secundaria. Del listado de variedades más promisorias destaca la COLPOSCTMEX 05-204 y Mex 02-11. En conjunto con el CIDCA y demás instituciones involucradas, el Colpos dará informe al Servicio de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) para que puedan entrar en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales (CNVV).

Cuadro 1.

Variedad	Rendimiento en campo (t ha ⁻¹)	Grados Brix	Otras características sobresalientes			
			MI	ATM (m)	DTM (cm)	TM2M (#)
COLPOSCTMEX 05-204	130	22	Temprana	2.50	2.8	21
Mex 02-11	135	19	Media a tardía	2.20	2.7	25
COLPOSCTMEX 06-78	105	18	Media a tardía	1.80	2.9	23
COLPOSCTMEX 06-1217	92	18	Media a tardía	1.70	2.7	20

MI=Maduración Industrial, ATM=Altura del tallo moledero, DTM=diámetro del tallo moledero, TM2M= Tallos molederos en 2 metros lineales.

IMPACTOS E INDICADORES

Innovación	Impacto	Indicador General	Indicador Específico
Modelo de investigación aplicada para el cultivo de caña de azúcar	Integración de un modelo adaptado de mejoramiento y manejo agronómico de caña de azúcar	Ciencia y Tecnología	Innovación e Investigación Sector Agropecuario
Investigación participativa	Talentos formados a nivel licenciatura, maestría y doctorado	Ciencia y Tecnología	Recursos Humanos Formados

Training and education model for the dissemination of innovations in the sugarcane sector

Modelo de capacitación y formación para la difusión de innovaciones en el sector cañero

Figuroa-Rodríguez, Katia A.¹; Figuroa-Sandoval, Benjamín²; Castillo González, Luis Al.¹; Tiscareño-Ramírez, Ana Bertha¹

¹Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba. Manuel León, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. C. P. 94946. ²Colegio de Postgraduados-Campus San Luis. Calle de Iturbide 73, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí. C. P. 78622.

*Autor de correspondencia: fkatia@colpos.mx

PROBLEMA

La caña de azúcar (*Saccharum* spp.) es uno de los cultivos más importantes en México, con más de 164 mil productores que abastecen a los ingenios. Una problemática en el sector es asegurar la transferencia y adopción de innovaciones que permitan incrementar tanto los rendimientos en tonelaje así como en KARBE (Kilogramos de Azúcar Recuperables Base Estándar) que se obtienen de la caña de azúcar. Aunque los ingenios y las empresas privadas que proveen insumos para este sector hacen esfuerzos por capacitar a los productores, generalmente utilizan técnicas de extensión tradicionales que se limitan a parcelas demostrativas y reuniones donde el técnico hace un discurso intentando convencer a los productores de las bondades de la innovación.

SOLUCIÓN PLANTEADA: Modelo de productor difusor/productora difusora

Se hizo una propuesta metodológica denominada productor difusor/productora difusora, mismo que se basa en elegir productores para convertirse en actores que transfieran tecnología y formen a sus pares. Se espera que estos productores y productoras operen dentro del marco de un sistema de innovación, con el apoyo de diversos actores que soporten los procesos de difusión (Figura 1). La capacitación se enfoca no únicamente en componentes técnicos como tradicionalmente se concibe para el sector agropecuario, sino que se deben considerar aspectos de desarrollo humano y educación de adultos, utilizando técnicas bajo los principios de la andragogía y la psicología. Con elementos de la educación constructivista que aborden principios cognitivos o de desarrollo



Figura 1. Componentes del sistema de innovación en la producción de caña de azúcar con base en principios de educación para adultos.

de conocimientos, de habilidades/competencias y afectivos, siguiendo dinámicas colaborativas, experimentales y narrativas.

En cada tema abordado dentro de la capacitación, los productores reciben insignias que reflejan el dominio de una competencia o conocimiento de un tema. Cada insignia se considera dentro de la Programación Neurolingüística (PNL) como un anclaje positivo que brinda confianza a los participantes de que saben y pueden actuar ante la situación que deseamos confrontar. Esto permite mejorar la autoestima del individuo, regenerando su autoconfianza o sentido de logro, y reconocimiento, lo que le posibilita una motivación interna necesaria para los procesos de educación en adultos.

Al productor difusor/productora difusora se le enseñan cuatro principios que debe cumplir como parte del programa: aprendo, hago, enseño y ese al que yo le enseño le enseña a otros (Figura 2). Que el productor o la productora deba poner en práctica lo aprendido se basa en los principios de enseñanza a adultos donde los aprendizajes deben basarse en la experiencia práctica con resultados tangibles para ser significativos.

Una vez que los aprendizajes han sido apropiados por el productor difusor/productora difusora, éste debe invitar a siete productores o productoras de entre sus conocidos y vecinos que se volverán sus aprendices, es decir, que usen sus redes sociales informales para transmitir sus aprendizajes con respecto al tema visto en la capacitación.

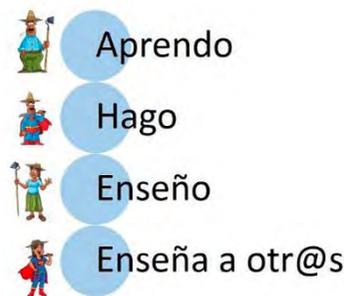


Figura 2. Ejes del programa productor difusor/productora difusora dentro del modelo de capacitación y formación para la difusión de innovaciones en el sector cañero.

CASO DE ÉXITO: Adopción del modelo productor difusor/productora difusora

En 2019, la empresa Yara México a través de sus expertos en caña de azúcar se acercaron al Colegio de Posgraduados Campus Córdoba para solicitar apoyo en una serie de programas de capacitación a cañeros que abastecen a dos ingenios de la zona centro del estado de Veracruz y a otro en Othon P. Blanco, Quintana Roo. El modelo de productor difusor/productora difusora les pareció una iniciativa que se alineaba con su interés en pro del desarrollo del campo cañero. Derivado de esto, la empresa creó el programa: La Familia Cañera by Yara México. La elección de productores que participarían en la capacitación se hizo por parte del personal de campo del ingenio utilizando las premisas de: fuertes redes sociales informales de los productores, inclusión basada en la equidad de género y reputación. Este programa, tuvo una serie de temas de capacitación: motivación al cambio, productores difusores, manejo holístico de la caña de azúcar y nutrición de cultivos. Al atender dichas capacitaciones, los productores recibían una insignia que avalaba su participación en la capacitación (Figura 3).



Figura 3. Insignias de la familia cañera dentro del modelo de capacitación y formación para la difusión de innovaciones en el sector cañero.

El programa de La Familia Cañera by Yara México, concluyó con una graduación donde a los productores que completaron todo el programa de capacitación se les otorgó un chaleco (distintivo), con las insignias que se habían ganado en cada capacitación y un diploma de participación (Figura 4). El graduarse tiene relevancia para los productores debido a que se les reconoce su constancia y participación, lo que se vuelve un factor que motiva a que éste implemente las prácticas en su parcela.



Figura 4. La Familia Cañera by Yara México, sede Veracruz 2019.

Al adoptar el modelo de productor difusor/productora difusora, La Familia Cañera incluyó la variable de seguimiento utilizando las redes sociales así como las visitas para intercambio de experiencias.

AGRADECIMIENTOS

A la Ing. Patricia Rodríguez Gerente de Agronomía de Yara México y el Ing. José Luis Méndez experto en caña de azúcar de Yara México por la iniciativa de La Familia Cañera by Yara México.



Cultural tourist attractions Zongolica Veracruz, Mexico

Atractivos turísticos culturales Zongolica Veracruz, México

Rojas-Morales, Mitzi B.¹; Baltazar-Bernal, Obdulia^{1*}; Hidalgo-Contreras, Juan Valente¹; Cadena-Iñiguez, Jorge²

¹Carretera Federal Córdoba-Veracruz, Km. 348, Congregación Manuel León, C.P. 94953, Amatlán de los Reyes, Ver., México. ²Campus San Luis Potosí, Calle Iturbide No. 73, C.P. 78600 Salinas de Hidalgo, S.L.P., México.

*Autor de correspondencia: obduliabb@colpos.mx

PROBLEMA

La actividad turística en el municipio de Zongolica, Veracruz, México, se centra en el aprovechamiento de sus sitios naturales, y es considerado un destino de turismo de aventura. Aun cuando Zongolica manifiesta elementos que lo distinguen, tales como la indumentaria, ciclos festivos, ceremonias y tradiciones no han sido aprovechados para fortalecer el desarrollo de turismo en el municipio.

SOLUCIÓN

Se identificó mediante la investigación participativa, a 40 informantes clave a 29 elementos considerados atractivos turísticos culturales (Cuadro 1) de los cuales 14 son manifestaciones culturales, 11 elementos de folklore y cuatro acontecimientos programados. Los 29 atractivos culturales fueron documentados en el folleto "Atractivos turísticos culturales Zongolica Veracruz" (Figura 1) por representar para Zongolica la puerta al turismo cultural; además de brindar la oportunidad de consolidar las ofertas turísticas, que no solo incluyen sitios naturales, sino también la riqueza cultural de la comunidad, ampliando la oferta y número de visitantes.

Cuadro 1. Elementos identificados en Zongolica, Veracruz, México, que aumenta la oferta al turismo cultural.

A) Manifestaciones culturales

- | | |
|---|--------------------------------------|
| 1. Acervo de don Miguel Méndez | 8. Escultura del Señor del Recuerdo |
| 2. Museo maestro Amadeo | 9. Bandera Siera |
| 3. Iglesia de San Francisco-Pinturas Gascón | 10. Idioma Náhuatl |
| 4. Templo el Calvario | 11. Juego de pelota Ulama |
| 5. Hacienda de Coyametla | 12. Medicina tradicional, curaciones |
| 6. Cerro Tecuapa | 13. Monedas acuñadas en Zongolica |
| 7. Escultura Cristo Rey | 14. Traje típico blanco |

B) Folklore

- | | |
|--|---------------------|
| 15. Día de muertos | 21. Música |
| 16. Mayordomías, arcos florales | 22. Danzas |
| 17. Mitos y leyendas | 23. Artesanías |
| 18. Semana santa | 24. Comida típica |
| 19. Xochitlallis, inicio del año Náhuatl | 25. Bebidas típicas |
| 20. Tianguis tradicional | |

C) Acontecimientos programados

- | | |
|-----------------------------------|--------------------------------------|
| 26. Feria del Señor del Recuerdo | 28. Fiesta de San Francisco de Asís |
| 27. Fiesta del Señor del Recuerdo | 29. Fiesta de la Virgen de Guadalupe |



Figura 1. Atractivos turísticos culturales del municipio de Zongolica, Veracruz por categoría.

IMPACTOS E INDICADORES

Innovación Indicador	Impacto	Indicador General	Indicador Específico
Desarrollo Tecnológico	Alternativas para la diversificación productiva y económica en el sector rural.	<ul style="list-style-type: none"> • Ciencia y Tecnología • Económico 	Innovación e Investigación, Actividad económica y Sector turismo.
29 elementos considerados atractivos turísticos culturales	Empleo local rural (guía de turista), superior a jornal en cultivos de subsistencia como maíz.	<ul style="list-style-type: none"> • Ocupación y empleo • Sociedad y gobierno 	Población ocupada en sector turístico Ingresos y gastos de los hogares.
Nuevos mercados turísticos : Presentación de producto final	USA, Canadá, Norte de México y Europa	<ul style="list-style-type: none"> • Económico 	Comercio exterior, Exportación, Turismo cultural.
Folleto	Contribución a la ciencia y tecnología.	<ul style="list-style-type: none"> • Ciencia y Tecnología 	Producción científica y tecnológica.
Investigación participativa	Talentos formados: Licenciatura y Maestría Profesionalizante.	<ul style="list-style-type: none"> • Ciencia y Tecnología 	Formación de recursos humanos.

Productivity and sustainability of sorghum (*Sorghum bicolor* L.) in the dry tropics of Puebla, Mexico

Productividad y sostenibilidad del sorgo (*Sorghum bicolor* L.) en el trópico seco de Puebla, México

Hernández-Salgado, J.H.^{1*}; Tornero-Campante, M. A.¹; Sandoval-Castro, E.¹; Aceves-Ruiz, E.¹; Jiménez-Becerril, R.²; Castelán-Reyes, G.²

¹Colegio de Postgraduados Campus Puebla. Boulevard Forjadores de Puebla No. 205. San Pedro Cholula, Puebla, México. C. P. 72760. ²Despacho Asesores Empresariales Jiménez y Castelán S. C. Domicilio Conocido, Zona Centro, Izúcar de Matamoros, Puebla, México. C. P. 74400.

*Autor responsable: jhhernan@colpos.mx

PROBLEMA

La baja tasa de la productividad que enfrentan los productores de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) en el trópico seco de Puebla, México, particularmente, en la región de la Mixteca Baja, es multifactorial, lo que ocasiona bajos ingresos. Dentro de los factores que afectan la productividad están los fenómenos climatológicos adversos, el reducido tamaño de parcelas, y poco acceso a tecnologías, semillas e insumos de control de plagas. Además, existen bajos niveles de innovaciones tecnológicas de conservación, tales como la cosecha y conservación de agua, uso de abonos orgánicos, rotación de cultivos, manejo integral de plagas y enfermedades, entre otros, lo que a su vez genera altos costos de producción en términos proporcionales respecto al incremento del precio de los productos agropecuarios, resaltando que no existe agregación de valor en esta cadena de valor.

SOLUCIÓN

Desde el año 2012, el Colegio de Postgraduados Campus Puebla y otras instituciones del sector agrícola e iniciativa privada, realizaron foros de análisis con 45 representantes de 20 organizaciones de productores de la región Mixteca Baja (sur de Puebla), identificando acciones de investigación y transferencia de tecnología para garantizar la consolidación y sostenibilidad productiva del cultivo de sorgo en el corto y mediano plazo. Para superar el estancamiento en la productividad, y empleando un enfoque de sustentabilidad, competitividad y mejor calidad de grano, se dirigieron trabajos de investigación y transferencia tecnológica en parcelas de productores cooperantes, con una serie de componentes integrales que ayudaron al sistema producto sorgo en su conjunto (Cuadro 1).

Tecnologías transferidas	Resultados
Variedades e híbridos sobresalientes (Figura 1)	<ul style="list-style-type: none"> a. 25% de mayor rendimiento de grano b. fechas óptimas de siembra: para variedades tardías (hasta 26 de junio), intermedias (hasta 8 de julio) y precoces (hasta 15 de julio)
Uso eficiente de abonos orgánicos (Figura 2)	<ul style="list-style-type: none"> a. Mejor combinación fertilización mineral-orgánica: 60 kg de N, 30 kg de P, 30 kg de potasio y 3 t de composta de cachaza (<i>Saccharum</i> spp.)
Captación de agua de lluvia y adición de materia orgánica (Figura 3)	<ul style="list-style-type: none"> a. Uso de bordeadora para difusión del sistema de pileteo y uso de 3 t de vermicomposta b. Hasta 50% más rendimiento y conservación de suelo y agua <i>in situ</i>
Capacitación y divulgación (Figura 4)	<ul style="list-style-type: none"> a. Cursos de análisis de suelo, aplicación de abonos y fertilizantes minerales, semillas, control de malezas, plagas y enfermedades; durante el ciclo del cultivo con productores cooperantes

Agroproductividad: Vol. 12, Núm. 12, diciembre. 2019. pp: 113-115.

Recibido: junio, 2019. **Aceptado:** noviembre, 2019.

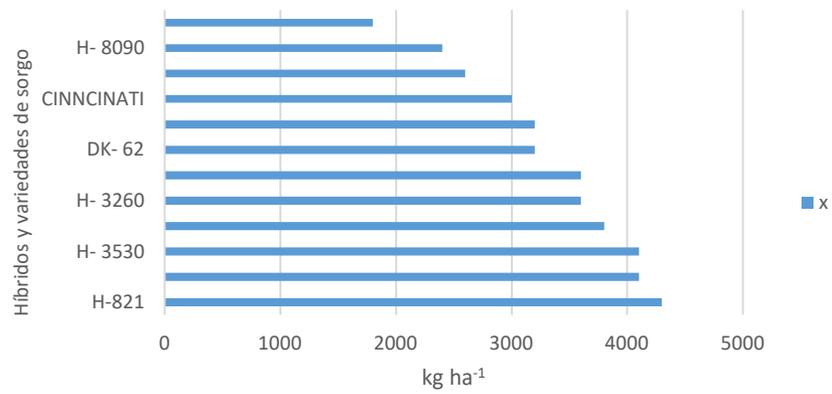


Figura 1. Rendimiento promedio en tres ambientes.

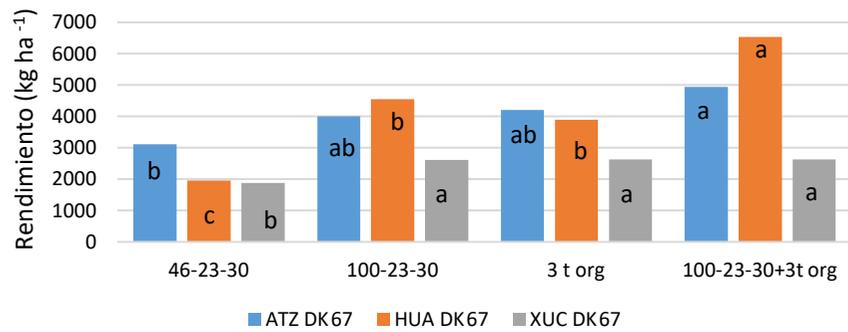


Figura 2. Rendimiento de sorgo.

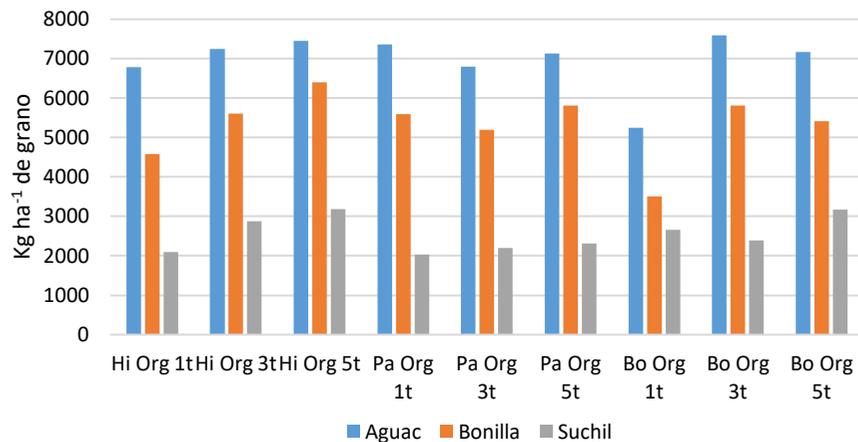


Figura 3. Rendimiento de sorgo con aplicaciones de hidrogel, paja, bordeo y vermicomposta.



Figura 4. Uso de semillas mejoradas, bordos y pileteos y aplicación de vermicomposta.

IMPACTOS E INDICADORES

Innovación	Impacto	Indicador general	Indicador específico
Fomento a la integración de equipos multidisciplinares para la inducción de innovaciones tecnológicas en ámbitos regionales	Diseño y gestión de tecnologías sustentables para fortalecer la productividad de organizaciones del sistema-producto sorgo	Ciencia y tecnología	Fortalecimiento de la investigación aplicada en el Sector agropecuario
Identificación de genotipos de mayor estabilidad y potencial productivo de sorgo	Incremento del rendimiento en 30%, sobre el rendimiento medio regional	Tecnología Economía	Sector Agropecuario
Evaluación de la efectividad de diferentes nutrientes químicos y orgánicos en sorgo	Mejor uso de la nutrición de plantas orgánica y mineral con mayor rendimiento con relación a la fertilización química	Calidad ambiental Economía	Investigación aplicada y tecnología, Actividad económica. Sector Agropecuario
Mejoramiento de prácticas para la conservación y aprovechamiento del agua de lluvia	Incremento de la producción. Mejoramiento de la sustentabilidad y rentabilidad del cultivo de sorgo	Economía, Calidad ambiental	Investigación aplicada y tecnología, Actividad económica. Sector Agropecuario
Investigación participativa	Demostraciones de campo para la capacitación de productores para incidir en el desarrollo de capacidades	Capacidades desarrolladas en tecnologías sustentables	Producción, economía

