

AGRO
PRODUCTIVIDAD

AP

Variedades mejoradas de
durazno

(*Prunus pérsica* L.)

pág. 81

Año 12 • Volumen 12 • Número 9 • septiembre, 2019

- | | |
|---|----|
| Áreas potenciales para plantaciones de <i>Agave angustifolia</i> Haw en Guerrero, México. | 3 |
| Descripción de la estructura de soporte para el cultivo de chayote (<i>Sechium edule</i> (Jacq). Swartz), y propuesta de un nuevo modelo. | 11 |
| Evaluación de rentabilidad financiera en la producción de <i>Bursera glabrifolia</i> (Kunth) Engl en condiciones de vivero. | 19 |
| Usos y potencialidades de <i>Moringa oleifera</i> Lam: Promotor de bienestar social. | 23 |
| Composición nutricional en hojas de 20 genotipos de <i>Moringa oleifera</i> Lam. | 29 |
| ¿Quién obtiene las mayores ganancias en la comercialización de vainilla (<i>Vanilla planifolia</i> J.) en Papantla, Veracruz?: productores o intermediarios. | 35 |

y más artículos de interés...

CONTENIDO

3	Potential areas for plantations of <i>Agave angustifolia</i> Haw in Guerrero, Mexico / Áreas potenciales para plantaciones de <i>Agave angustifolia</i> Haw en Guerrero, México.
11	Description of the support structure for the crop of chayote (<i>Sechium edule</i> (Jacq). Swartz), and proposal of a new model / Descripción de la estructura de soporte para el cultivo de chayote (<i>Sechium edule</i> (Jacq). Swartz), y propuesta de un nuevo modelo.
19	Evaluation of financial profitability in the production of <i>Bursera glabrifolia</i> (Kunth) Engl in conditions of nursery / Evaluación de rentabilidad financiera en la producción de <i>Bursera glabrifolia</i> (Kunth) Engl en condiciones de vivero.
23	Uses and potentialities of <i>Moringa oleifera</i> Lam: Promoter of social welfare / Usos y potencialidades de <i>Moringa oleifera</i> Lam: Promotor de bienestar social.
29	Nutritional composition in leaves of 20 genotypes of <i>Moringa oleifera</i> Lam / Composición nutricional en hojas de 20 genotipos de <i>Moringa oleifera</i> Lam.
35	Who gets the biggest profits in the commercialization of vanilla (<i>Vanilla planifolia</i> J.) in Papantla, Veracruz?: Producers or intermediaries / ¿Quién obtiene las mayores ganancias en la comercialización de vainilla (<i>Vanilla planifolia</i> J.) en Papantla, Veracruz?: productores o intermediarios.
41	The utility of <i>Ardisia compressa</i> kunth in coffee plots / La utilidad de <i>Ardisia compressa</i> kunth en parcelas cafetaleras.
47	Financial and Economic profitability of the tomato (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.) production units under greenhouse in Puebla, Mexico / Rentabilidad financiera y económica de las unidades de producción de jitomate (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.) bajo invernadero en Puebla, México.
53	Semiautomatisation of one small scale greenhouse / Semiautomatización de un invernadero de pequeña escala.
61	Volatile organic compounds of aromatic species as growth promoters of saladette tomato (<i>Solanum lycopersicum</i> Mill.) / Compuestos orgánicos volátiles de especies aromáticas como promotores de crecimiento del tomate saladette (<i>Solanum lycopersicum</i> Mill.)
67	The welfare of sheep and its assessment / Bienestar en ovinos y su evaluación.
Casos de éxito	
75	Domestic nopal production network (<i>Nopalea</i> sp.) for export / Red doméstica de producción de nopal (<i>Nopalea</i> sp.) para exportación.
79	Apple fruit (<i>Malus domestica</i> Borkh) production in Puebla, México / Producción de manzana (<i>Malus domestica</i> Borkh) para mesa en el oriente de Puebla, México.
81	Improved varieties of peach (<i>Prunus pérsica</i> L.) / Variedades mejoradas de durazno (<i>Prunus pérsica</i> L.).
85	Peach varieties (<i>Prunus persica</i> L.) intercalated in the milpa system in the sierra nevada de Puebla, Mexico / Variedades de durazno (<i>Prunus persica</i> L.) intercaladas en el sistema milpa en la sierra nevada de Puebla, México.
87	Production of peach (<i>Prunus persica</i> L.) in Puebla, Mexico / Producción de durazno (<i>Prunus persica</i> L.) en Puebla, México.
89	Peach (<i>Prunus persica</i> L.) crop expansion in Puebla, Mexico / Expansión del cultivo de durazno (<i>Prunus persica</i> L.) en 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
Dr. Fernando Carlos Gómez Merino
Dr. Ángel Bravo Vinaja — Curador de metadatos
M.A. Ana Luisa Mejía Sandoval
M.C. María Isabel Iñiguez Luna
M.C. Valeria Abigail Martínez Sias
Lic. Hannah Infante Lagarda
Biol. Valeria J. Gama Ríos
Téc. Mario Alejandro Rojas Sánchez

Directrices para Autores/as

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

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

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

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

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

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

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



Año 12, Volumen 12, número 9, septiembre 2019, Agro productividad es una publicación mensual editada por el Colegio de Postgraduados. Carretera México-Tezcoco Km. 36.5, Montecillo, Tezcoco, Estado de México. CP 56230. Tel. 5959284427. www.colpos.mx. Editor responsable: Dr. Jorge Cadena Iñiguez. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2017-031313492200-203. ISSN: 2594-0252, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, M.C. Valeria Abigail Martínez Sias. Fecha de última modificación, 30 de septiembre 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, Tezcoco, Estado de México.
✉ agroproductividadeditor@gmail.com

Contacto de soporte

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Ogata N. (2003a).
Ogata N. (2003b).

Artículo de revista:

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

Libro:

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

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

Potential areas for plantations of *Agave angustifolia* Haw in Guerrero, Mexico

Áreas potenciales para plantaciones de *Agave angustifolia* Haw en Guerrero, México

Huerta-Zavala, J.¹; Sabino-López, J.E.¹; Ochoa-Miranda, R.¹; Damián-Nava, A.¹; Segura-Pacheco, H.R.¹; Hernández-Castro, E.^{1*}

¹Maestría en Ciencias Agropecuarias y Gestión Local. Universidad Autónoma de Guerrero, campus Tuxpan. Km 2.5 Carretera Iguala-Tuxpan, Iguala, Gro. México, CP 40101.

*Autor para correspondencia: ehernandez@uagro.mx

ABSTRACT

Objective: To determine optimum and suboptimal areas for the establishment of plantations of *Agave angustifolia* Haw, in Guerrero, Mexico.

Design/methodology/approach: A collection of 139 specimens of *A. angustifolia* was carried out, obtaining for each specimen phenotypic, agroclimatic and agroecological data. The information of 30 specimens of herbarium was consulted. Interviews were conducted with the representatives of the state council of mezcal in Guerrero, the company Sanzekan Tinemi and Mezcalli del Sur, to complement the information of the areas. A database was created where the information of each copy was included, as well as the information obtained from the interviews. Criteria for selecting potential areas of *A. angustifolia* were defined, after which a Geographic Information Systems (GIS) was constructed, generating mapping areas with agroclimatic and agro potential, wherein the optimal suboptimal and marginal areas for the establishment of *A. angustifolia* were delineated. For the validation of the information, field visits were made to specific sites to verify the agroecological conditions of the potential areas obtained in this research.

Results: There are approximately 1,020,998.27 ha with optimum aptitude and 618,015.87 ha with suboptimal aptitude.

Limitations on study/implications: We suggest to incorporate information referring to the physiology, productivity and genetic diversity of the native populations of *A. angustifolia*.

Findings/conclusions: The regions with the highest and suboptimal potential for the plantations of *A. angustifolia* are Norte, Tierra Caliente and Centro, where the largest production of mezcal in the state occurs.

Keywords: Maguey mezcalero, productive potential.

RESUMEN

Objetivo: Determinar áreas óptimas y subóptimas para establecer plantaciones de *Agave angustifolia* Haw, en el estado de Guerrero, México.

Diseño/metodología/aproximación: Se recolectaron 139 ejemplares de *A. angustifolia*, para cada ejemplar se registraron datos fenotípicos, agroclimáticos y agroecológicos. Se consultó la información de 30 ejemplares de herbario; además se entrevistaron a los representantes del Consejo Estatal del Mezcal en Guerrero, la empresa Sanzekan Tinemi y la empresa Mezcalli del Sur, para complementar la información de las áreas. Se generó una base de datos donde se incluyó la información de cada ejemplar, así como la obtenida de entrevistas. Se definieron criterios para la selección de áreas potenciales de *A. angustifolia*, después de lo cual se construyó un Sistema de Información Geográfica (SIG).

Agroproductividad: Vol. 12, Núm. 9, septiembre. 2019. pp: 3-9.

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

generando la cartografía de las áreas con potencial agroclimático y agroecológico, donde se delimitaron las áreas óptimas, subóptimas y marginales, para el establecimiento de *A. angustifolia*. Para la validación de la información, se realizaron visitas de campo a sitios específicos para verificar las condiciones agroecológicas de las áreas potenciales obtenidas en el presente trabajo.

Resultados: Los resultados indican que existen aproximadamente 1,020,998.27 ha con aptitud óptima y 618,015.87 ha con aptitud subóptima.

Limitaciones del estudio/implicaciones: se sugiere incorporar información referente a la fisiología, productividad y diversidad genética de las poblaciones nativas de *A. angustifolia*.

Hallazgos/conclusiones: Las regiones con mayor potencial óptimo y subóptimo para las plantaciones de *A. angustifolia* son Norte, Tierra Caliente y Centro, donde además se presenta la mayor producción de mezcal en el estado.

Palabras clave: Maguey mezcalero, potencial productivo.

INTRODUCCIÓN

México es considerado el centro de domesticación y diversificación de los agaves, ya que fueron y son usados para la obtención de fibras, producción de aguamiel y diversas bebidas alcohólicas (García-Mendoza, 2007). En México son 25 las entidades federativas en donde se cultiva agave para la producción de tequila y mezcal, con 108,119 ha de agave para el año 2015, lo que significó un crecimiento en el volumen de producción de 40% del año 2010 al 2015, con 204,000 Mg de agave mezcalero y 1,642,000 Mg para agave tequilero (SIAP, 2016).

En el Estado de Guerrero, México, anualmente se producen 1.7 millones de L de mezcal, lo que representa ingresos anuales de \$153 millones de pesos, generados por aproximadamente 900 productores (Kirchmayr *et al.*, 2014). La materia prima se extrae principalmente de ejemplares silvestres de *Agave angustifolia* Haw y *Agave cupreata* Trel. *et Berger* (Martínez-Palacios *et al.*, 2011).

En los últimos cinco años se incrementó la demanda de mezcal (Hernández-Carranza, 2017), lo que ha provocado mayor presión sobre las poblaciones silvestres. La especie *A. angustifolia* es conocida en Guerrero con los nombres comunes de maguey delgado, mezcalero y sacatoro. Debido al incremento en la demanda, los productores de mezcal han buscado alternativas para establecer plantaciones con esta especie. Para ello, es necesario identificar áreas con mayor potencial para el establecimiento de plantaciones, tomando en cuenta los requerimientos agroecológicos de esta especie, que permitan garantizar la demanda y conservación de la variabilidad genética de la misma.

Actualmente existen diversos sistemas de evaluación para identificar la aptitud de las tierras; uno de estos son los sistemas de información geográfica (SIG), los cuales integran variables biofísicas y climáticas, que además

permiten incorporar información de expertos en la materia (Malczewski, 2004; Olivas-Gallegos *et al.*, 2007; Ledesma-Horta, 2014). Bajo este contexto, el objetivo de esta investigación fue identificar las áreas potenciales para el establecimiento de plantaciones de *A. angustifolia* para la producción de mezcal en el estado de Guerrero, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en el estado de Guerrero (16° 18' a 18° 48' N, y 98° 03' a 102° 12' O), con una extensión territorial de 63,564.97 km² (INEGI 2008a, 2018). Se realizaron 20 recorridos de campo, de agosto de 2016 a febrero de 2017, recolectando 139 ejemplares, que se identificaron taxonómicamente como *A. angustifolia* y se depositaron en los herbarios UAGC, MEXU y ENCB. Adicionalmente se consultó la información de 30 ejemplares de *A. angustifolia* del estado de Guerrero, que se encuentran depositados en los herbarios MEXU, ENCB, ARIZ, NMNH-SI. Para identificar áreas excluidas en los trabajos de revisión de campo o herbario, se realizaron 20 entrevistas personales a los representantes del Consejo Estatal del Mezcal en Guerrero, a los integrantes de la mesa directiva de la empresa regional Sanzekan Tinemi S. de S. y a integrantes de la empresa Mezcalli del Sur S. P R. de R. L.

Con la información generada de las recolectas de campo, revisiones de herbarios y entrevistas, se generó una base de datos, donde se indicó el nombre científico de cada ejemplar, la fuente de consulta, el número de ejemplar, la información de la localidad, la fecha de recolecta y las coordenadas geográficas. A partir de esta base de datos, se geoposicionaron los puntos y fueron

integrados al Sistema de Información Geográfica (SIG) ArcGIS Versión: 10.3.1 Copyright© 1999-2015 Esri Inc.

Para la selección de las áreas potenciales se consideraron; factores climáticos, suelo y topografía, los cuales fueron obtenidos a través de recorridos de campo en las áreas de distribución de la especie. En los sitios donde las poblaciones de *A. angustifolia* presentaron características idóneas para su producción agronómica, se determinaron los factores topográficos (altitud, pendiente y exposición), con el GPS Garmin Gpsmap 62s, Clisímetro marca Site Pro, modelo 642 y Brújula marca Coleman modelo 2000002813. La información obtenida en campo se complementó con los datos informados por Gentry (1985), Illsley et al. (2007), Ruiz-Corral (2007), Kirchmayr et al. (2014), Castillo-Quiroz (2014) y Mariles-Flores et al. (2016). La estimación de los factores agroecológicos y climáticos (Cuadro 1) para *A. Angustifolia*, tales como el tipo de vegetación, textura y pH de suelos, pendiente, precipitación y temperatura media anual, así como la delimitación de regiones geopolíticas, fueron obtenidos de la cartografía del INEGI (INEGI, 2008b, 2010, 2013a, 2013b, 2013c y 2016) y del inventario estatal forestal y de suelos del Estado de Guerrero (CONAFOR, 2013). La información fue integrada y analizada mediante el SIG.

Determinación del potencial productivo y validación de las áreas potenciales

Para determinar el potencial productivo, se utilizó la metodología propuesta por Medina et al. (1997). Se realizó la comparación de las condiciones ambientales, contra

los requerimientos de clima y suelo de *A. angustifolia*, en el estado de Guerrero. Se generaron imágenes y cartografía temáticas de los requerimientos de la especie, las cuales se transformaron a vectores en formato "Shapefile" con el ArcGIS Versión: 10.3.1 Copyright© 1999-2015 Esri Inc., para obtener los mapas temáticos. Con esta información se generó la cartografía de las áreas con potencial agroclimático (Figura 1).

Posteriormente, se excluyeron las áreas de zonas urbanas, vegetación nativa, uso forestal, asentamientos humanos y cuerpos de agua. Finalmente, se obtuvo la cartografía de las áreas con potencial agroecológico, donde se delimitaron las áreas óptimas, subóptimas y marginales, para el establecimiento de *A. angustifolia* (Figura 2). Para la validación de la información generada, se realizaron visitas de campo a sitios específicos para verificar las condiciones agroecológicas de las áreas potenciales obtenidas y corroborar que estuvieran acorde a los requerimientos de *A. angustifolia*.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dadas las características agroclimáticas del Estado de Guerrero, se encontró que existen extensas regiones para el cultivo de *A. angustifolia* (Figura 1 y Cuadro 2) con aproximadamente el 37.63 % de potencial óptimo (2,391,666.33 ha) y un 23.31 % de potencial subóptimo (1,481,401.78 ha).

Al realizar el análisis agroecológico de las áreas agroclimáticas, en las cuales se descartaron las áreas con

Cuadro 1. Requerimientos agroecológicos de *A. angustifolia* en el Estado de Guerrero, México.

Variable	Óptimo	Sub-óptimo	Marginal
Temperatura (°C)	18-30	11-<18 y >30-45	<11 y >45
Probabilidad de Heladas	<0.10	>0.10-0.15	>0.15
Altitud (m)	700-1800	500-<700 y >1800-2200	<500 y >2200
Pendiente del terreno (%)	2-15	1-<2 y >15-45	<1 y >45
Precipitación anual (mm)	600-1300	500-<600 y >1300-1800	<500 y >1800
Grupos de suelo	Leptosol, Phaeozem y Regosol	Luvisol, Calcisol, Cambisol y vertisol	Fluvisol
Textura de suelo	Francos, franco-arenosos o franco-arcillosos	arcillosos	Limo-arcillosos
pH	6.5-7.5	6.0-<6.5 y >7.5-8.0	<6 y >8
Tipo de Clima	Cálido subhúmedo y Semicálido subhúmedo	Semiseco muy cálido y Templado subhúmedo	Semicálido húmedo
Tipo de vegetación contigua	Selva baja caducifolia	Ecotono entre selva baja caducifolia y bosque encino	Vegetación costera, Bosque de coníferas
Días con lluvia al año	80-95	50-<80 y >95-105	<50 y >105

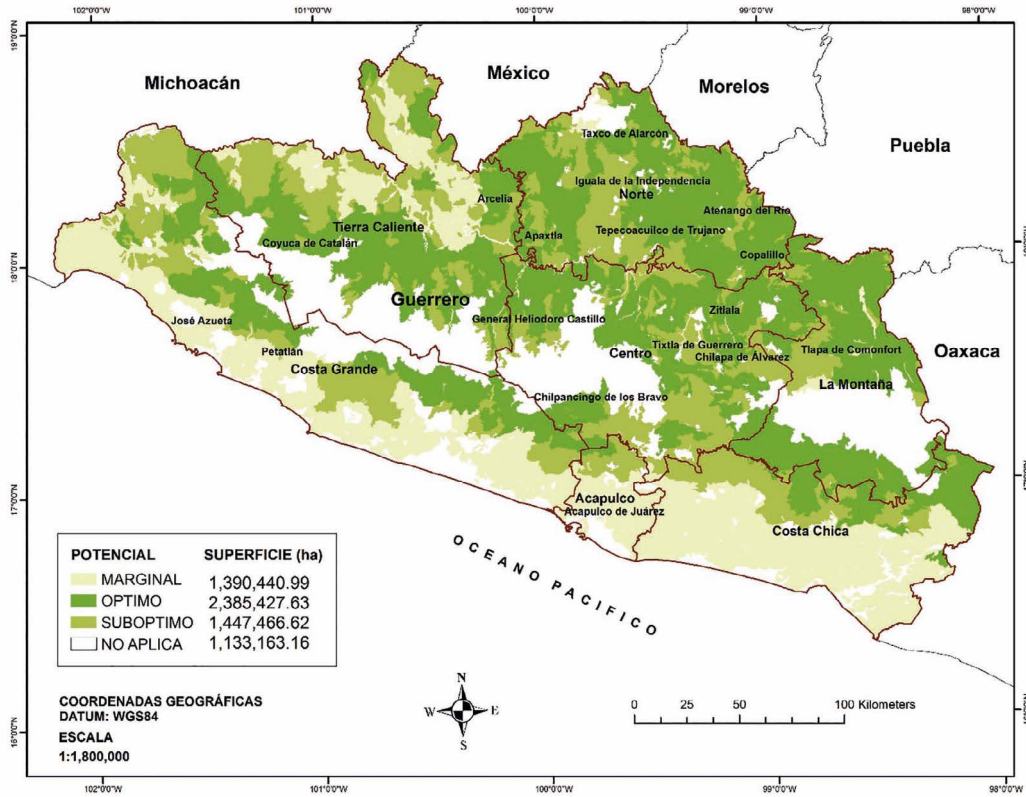


Figura 1. Distribución de áreas con potencial agroclimático para el cultivo de *A. angustifolia*, en el estado de Guerrero, México.

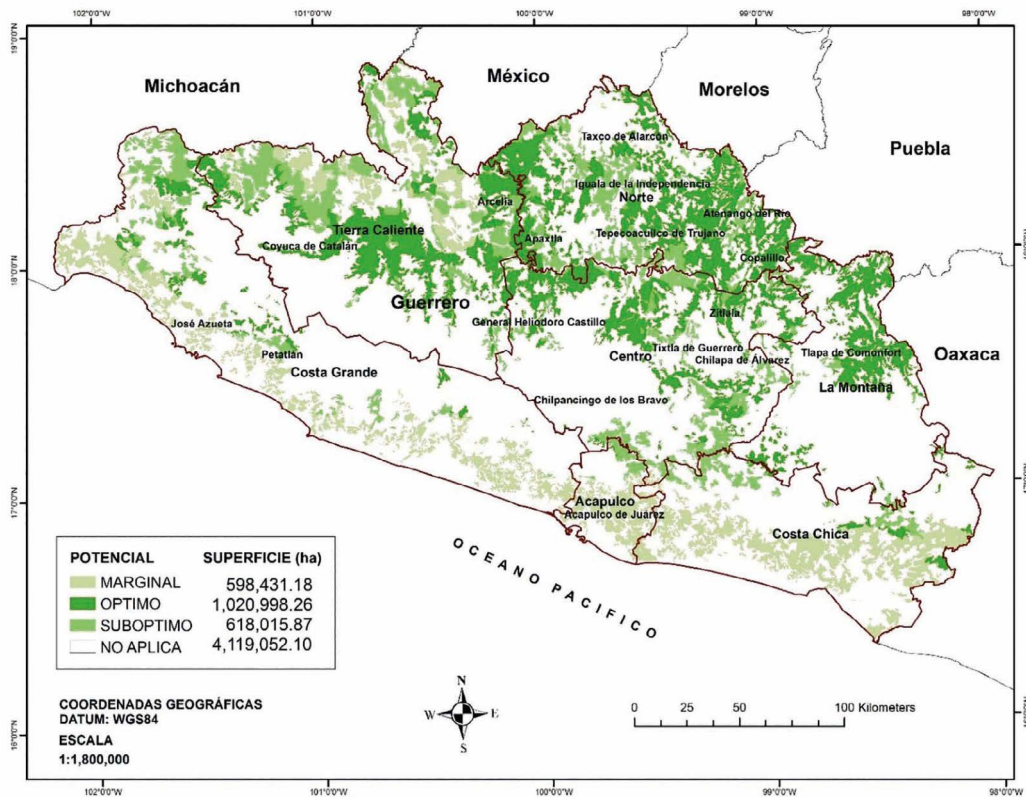


Figura 2. Distribución de áreas con potencial agroecológico para el cultivo de *A. angustifolia*, en el Estado de Guerrero, México.

Cuadro 2. Superficie estimada por regiones con potencial agroclimático para el cultivo de *A. angustifolia*, en el estado de Guerrero, México.

Región	Óptimo (ha)	Sub-óptimo (ha)	Marginal (ha)	Total regional (ha)
Acapulco de Juárez	6,238.84	33,935.33	100,956.96	141,131.13
Centro	528,580.11	326,759.15	117,140.89	972,480.15
Costa Chica	143,349.98	142,025.85	489,193.51	774,569.34
Costa Grande	308,071.61	293,236.19	523,196.62	1,124,504.42
La Montaña	388,784.75	89,098.71	14,861.53	492,744.99
Norte	553,964.05	262,962.76	20,590.73	837,517.55
Tierra Caliente	462,676.99	333,383.79	225,457.40	1,021,518.18
Total estatal	2,391,666.33	1,481,401.78	1,491,397.64	5,364,465.76

asentamientos humanos, infraestructura y vegetación natural, se obtuvo que la superficie con potencial óptimo para el establecimiento de *A. angustifolia* se redujo a 1,020,998.26 ha, lo que representa una superficie de 16.06 % del total estatal y a 618,015.86 ha con potencial subóptimo, representando el 9.72 % (Figura 2 y Cuadro 3). Las regiones con mayores superficies óptimas y subóptimas fueron la región Norte, Tierra Caliente y Centro, siendo estas las de mayor tradición en la producción de mezcal.

Los municipios con mayor superficie óptima fueron Huitzuco de los Figueroa (76,666.96 ha), Coyuca de Catalán (70,594.45 ha) y Ajuchitlán del Progreso (50,396.49 ha) en los cuales la precipitación anual va de los 600 a 1300 mm, temperatura entre los 18 y 30 °C, grupos de suelo de tipo Leptosol, Phaeozem y Regosol, textura de suelo tipo Francos, Franco-arenosos o Franco-arcillosos, junto con la altitud comprendida entre 700 a 1800 m son favorables para las plantaciones de *A. angustifolia*. Los sitios subóptimos se ubicaron entre las áreas con crecimiento óptimo y áreas marginales de crecimiento

de *A. angustifolia*, donde existen limitantes, tales como la precipitación anual, temperatura, grupo y textura de suelo y altitud, factores que correlacionan entre sí y que su interacción permite que los ejemplares crezcan de manera adecuada, pero no expresan su máximo potencial productivo. Al hacer la sumatoria de las áreas óptimas y subóptimas a nivel municipal, las áreas aumentan a 104,158.40 ha para Coyuca de Catalán, 94,345.90 ha para Zirándaro y 85,687.06 ha para Huitzuco de los Figueroa. Por lo anterior, estos municipios se ubican como estratégicos para establecer plantaciones de *A. angustifolia*. La delimitación de las áreas marginales está dada principalmente por la precipitación anual y la temperatura, ya sea por falta o por exceso de humedad, lo que coincide con los resultados mencionados por Reynoso-Santos et al. (2016) para *A. americana* L.

El uso actual del suelo en las superficies identificadas como óptimas y subóptimas, de acuerdo con la información agroecológica analizada, corresponde a áreas destinadas a la agricultura, pastizal inducido, vegetación inducida y áreas degradadas (CONAFOR, 2013; INEGI,

Cuadro 3. Superficie estimada con potencial agroecológico para el cultivo de *A. angustifolia*, en el estado de Guerrero, México.

Región	Óptimo (ha)	Subóptimo (ha)	Marginal (ha)	Total (ha)
Acapulco	595.94	12,601.66	59,735.14	72,932.75
Centro	214,625.96	115,724.28	5,624.83	335,975.07
Costa Chica	18,131.92	40,071.66	212,350.32	270,553.90
Costa Grande	48,582.32	88,765.03	210,707.59	348,054.94
La Montaña	143,415.88	20,269.04	1,424.77	165,109.69
Norte	330,548.57	138,893.77	3,034.75	472,477.09
Tierra Caliente	265,097.67	201,690.42	105,553.79	572,341.89
Total estatal	1,020,998.26	618,015.86	598,431.19	2,237,445.33

2013a). Lo que refleja la viabilidad de estas áreas para el establecimiento de las plantaciones de *A. angustifolia*, sin que se altere la vegetación nativa.

Reynoso-Santos *et al.* (2016) proponen que las áreas subóptimas para el cultivo de *A. americana* L. pueden ser consideradas para la siembra de otras especies de agave. Sin embargo, estas áreas requieren de la implementación de tecnologías que permitan a las plantaciones adaptarse a algunas de las limitantes ambientales, tales como la precipitación y la fertilidad del suelo. Los criterios expuestos por estos autores también son válidos para *A. angustifolia*, por lo que al momento de proponer el establecimiento de plantaciones en las áreas subóptimas es necesario considerar las limitantes de cada sitio y adecuarlas a través de tecnologías que permitan el desarrollo óptimo de las plantaciones.

CONCLUSIONES

El 16.06% del territorio del estado de Guerrero, México, tiene condiciones agroecológicas óptimas para el establecimiento y reconversión productiva con plantaciones de *Agave angustifolia*, las cuales están ubicadas principalmente en las regiones Norte, Tierra Caliente y Centro, siendo estas las de mayor tradición en la producción de mezcal.

AGRADECIMIENTOS

Los autores del presente trabajo agradecen el apoyo parcial económico, otorgado por el CONACYT, a través del proyecto 263188 de SEMARNAT- CONACYT.

LITERATURA CITADA

- Castillo-Quiroz D., Martínez-Burciaga O. U., Ríos-González, L. J., Rodríguez-de la Garza, J. A., Morales-Martínez, T. K., Castillo-Reyes, F., & Avila-Flores, D. Y. (2014). Determinación de áreas potenciales para plantaciones de *Agave lechuguilla* Torr., para la producción de etanol. *Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila* 6(12): 5-12.
- CONAFOR. (2013). Inventario Estatal Forestal y de Suelos - Guerrero. Conjunto de Datos vectoriales Guerrero de la Carta de Recursos Forestales Estatal Guerrero.
- García-Mendoza, A. (2007). Los Agaves de México. *Ciencias* 00: 14-23. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/644/64408704.pdf> (07/02/2019).
- Gentry H S. (1985). *Agaves of Continental North American*. The University of Arizona Press. Tucson. 670 p.
- Hernández-Carranza E. (2017). La producción y mercado del mezcal en el Estado de Oaxaca, México. Tesis de licenciatura. División de Ciencias Socioeconómicas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Coahuila, México. 75 p. Recuperado de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/8472> (07/02/2019).
- Illsley, C., Vega, E., Pisanty, I., Tlacotempa, A., García, P., Morales, P., ... & Calzada, M. (2007). Maguey papalote: hacia el manejo campesino sustentable de un recurso colectivo en el trópico seco de Guerrero, México. En *lo ancestral hay futuro: Del tequila, los mezcales y otros agaves*, eds. P. Colunga-GarcíaMarín, L. Eguiarte, A. Larqué, and D. Zizumbo-Villarreal, 319-338.
- INEGI. (2008a). Referencias geográficas y extensión territorial de México.
- INEGI. (2008b). Cartografía digital de climas escala 1:1 000 000.
- INEGI. (2010). Cartografía estados y municipios, escala 1:1 000 000.
- INEGI. (2013a). Cartografía Uso de suelo y vegetación escala 1:250 000 Serie V.
- INEGI. (2013b). Sistema de descarga del continuo de elevaciones mexicano, 3.0 (CEM 3.0).
- INEGI. (2013c). Conjunto de Datos de Perfiles de Suelos, Escala 1:250 000 Serie II (Continuo Nacional).
- INEGI. (2016). Cartografía conjunto de datos vectoriales de información topográfica escala 1:50 000 Serie III.
- INEGI. (2018). Marco geoestadístico nacional 2018. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/temas/mapas/mg/> (07/02/2019).
- Kirchmayr, R. M., M. Arellano-Plaza, M. Estarrón-Espinosa, J. Gallardo-Valdez, A. Ch. Gschaedler Mathis, J. E. López-Ramírez, A. Navarro-Hurtado, R. Prado-Ramírez y E. Ramírez-Romo (2014). Manual para la estandarización de los procesos de producción de mezcal guerrerense. Fundación Produce Guerrero A. C. México. pp: 28-30. Recuperado de <https://centrosconacyt.mx/wp-content/uploads/2015/04/manualmezcalguerrerense.pdf> (07/02/2019).
- Ledesma-Horta J. C. (2014). Distribución del agave mezcalero (*Agave* spp.) y áreas con aptitud potencial para su desarrollo en San Felipe, Guanajuato. Tesis de licenciatura. División de Agronomía. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Coahuila, México. 115 p. Recuperado de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/6492/62907%20LEDESMA%20HORTA%2c%20JULIO%20CESAR%20%20TESIS%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (07/02/2019).
- Malczewski J. (2004). GIS-based land-use suitability analysis: A critical overview. *Progress in Planning* 62: 3-65.
- Mariles-Flores, V., Ortiz-Solorio, C. A., Gutiérrez-Castorena, M. D. C., Sánchez-Guzmán, P., & Cano-García, M. Á. (2016). Las clases de tierras productoras de maguey mezcalero en la Soledad Salinas, Oaxaca. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(5), 1199-1210. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v7n5/2007-0934-remexca-7-05-1199.pdf> (07/02/2019).
- Martínez-Palacios A., J. M. Gómez-Sierra, C. Sáenz-Romero, N. Pérez-Nasser, y N. Sánchez-Vargas. (2011). Genetic diversity of *Agave cupreata* Trel. & Berger. Considerations for its conservation. *Revista fitotecnia mexicana* 34(3): 159-165. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v34n3/v34n3a6.pdf> (07/02/2019).
- Medina-García G., J. A. Ruiz Corral, R. A. Martínez-Parra y M. Ortiz-Valdez. (1997). Metodología para la determinación del potencial productivo de especies vegetales. *Agricultura técnica en México* 23: 69-90.
- Olivas-Gallegos, U. E., J. R. Valdez Lazalde, A. Aldrete, M de J. González-Guillén y G. Vera-Castillo. (2007). Áreas con aptitud

para establecer plantaciones de maguey cenizo: Definición mediante análisis multicriterio y SIG. *Revista Fitotecnia Mexicana* 30: 411-419. Recuperado de <https://www.redalyc.org/html/610/61030408/> (07/02/2019).

- Reynoso-Santos, R., López-Báez W.; López-Luna A., Ruíz-Corral J.A., Castro-Mendoza I., Cadena-Iñiguez P., Valenzuela-Núñez L.M. y Camas-Gómez R. (2016). Áreas potenciales para el cultivo del agave (*Agave americana* L.) en la Meseta Comiteca, Chiapas. *Agroproductividad* 9(2): 56-61. Recuperado de <http://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/721/590> (07/02/2019).
- Ruiz-Corral, J. A. (2007). Requerimientos agroecológicos y potencial productivo del Agave tequilana Weber en México. *In*: Pérez-Domínguez, J. F. y Del Real-Laborde, J. I. (eds.). *Conocimiento y prácticas agronómicas para la producción de Agave tequilana Weber en la zona de denominación de origen del tequila*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro, Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México. pp. 11-36. Recuperado de http://www.inifapcirne.gob.mx/Revistas/Archivos/agave_final_baja%20resolucion.pdf (07/02/2019).
- S. I. A. P. (2016). Atlas Agroalimentario del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. México, DF Recuperado de https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2016/Atlas-Agroalimentario-2016. (07/02/2019).



Description of the support structure for the crop of chayote (*Sechium edule* (Jacq). Swartz), and proposal of a new model

Descripción de la estructura de soporte para el cultivo de chayote (*Sechium edule* (Jacq). Swartz), y propuesta de un nuevo modelo

Rosas-Calleja, D.¹; Debernardi de la Vequia, H.¹; Ortiz-Laurel, H.^{1*}

¹Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba, km 348 Carr. Fed. Córdoba-Veracruz, Congregación Manuel León, Amatlán de los Reyes, Veracruz. 94946. México.

*Autor para correspondencia: hlaurel@colpos.mx

ABSTRACT

Objective: Verify the tapanco's structural strength when producing chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Sw.), which gives footsteps to innovate for an original installation that should accomplish functionality and ease handling for crop management. It should include a design for a unique pole for substituting the wood's poles.

Design/methodology/approach: Review construction stages, the required items and processes for raising the tapanco. Look into early designs, which are a copy without major changes from close by installations. Identify those challenging areas according to design and structural strength. Formulate innovations on the construction and upright support units.

Results: Stability of traditional construction is granted to the entire outer limits line. A modular construction is grouped by a succession of small modules; their minimum size should be able to cover a single chayote's plant, capable of resisting a volume of foliage generated from a sole plant and its potential production of fruits.

Limitations on study/implications: The alternative support pole has been designed and when manufactured it should profile just one piece. A production factory that handles polymers is making a feasible assessment to manufacture the poles and its final cost.

Findings/conclusions: A modular structure is ease to assemble; load is distributed into segments, stability is not affected and the production plot can be enlarged by bringing together one or several modules, just bordering an origin module and size from an irregular land is optimized. Benefits of modular tapanco are associated to using the novel support pole.

Keywords: innovation, assemblage, mini-tapanco, posts, chayote production.

RESUMEN

Objetivo: Validar la resistencia de estructural del "tapanco" para producir chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Sw.), que oriente en innovar en una instalación modelo, que ofrezca mayor funcionalidad y operatividad del cultivo, incluya el diseño alternativo de un poste que sustituya a los postes de madera.

Diseño/metodología/aproximación: Revisar las etapas, insumos requeridos y los procesos para erigir el "tapanco". Escudriñar sobre su diseño base; que es una copia sin modificaciones significativas de instalaciones vecinas. Delimitar áreas de impacto en función de su diseño y su resistencia estructural. Formular innovaciones en la construcción y unidades de apuntalamiento.

Resultados: La estabilidad de la construcción tradicional está comprometida sobre todo en la sección perimetral. La construcción modular está configurada por una serie de módulos pequeños, con un tamaño mínimo para abarcar una planta de chayote, que soporte el volumen del follaje que logra generar cada planta y de la producción de frutos.

Limitaciones del estudio/implicaciones: El poste de soporte alternativo ha sido diseñado para ser fabricado en una sola pieza a base de polímero.

Hallazgos/conclusiones: La estructura modular es sencilla de emplazar, distribuye la carga por secciones, sin afectar su estabilidad. La superficie de producción puede ampliarse al ensamblar uno o varios módulos junto al adyacente inmediato y se optimiza la configuración irregular del terreno. Los beneficios del tapanco modular están asociados con la utilización del poste de soporte alternativo.

Palabras clave: innovación, ensamble seccionado, mini-tapancos, postes.

Esa estructura de soporte es un tejido de alambres galvanizados de los calibres 12, 18 y de púa. Usualmente, se utilizan postes de madera sin labrar (rústicos) de varias especies, resaltando las de encino (*Quercus* sp.) con diámetros de entre 20 a 30 cm, los cuales se ubican en el arreglo periférico de la estructura denominándose corona, y se engarzan con alambre de púa. Estos postes de corona se entierran 0.80 m y tienen una altura libre de 2.2. m (3.0 m en total) y llevan una inclinación de 15-20 grados hacia afuera para aumentar la resistencia de la estructura, además cada uno de ellos lleva un tirón de alambre de púa, el cual va anclado con una piedra enterrada. Lo anterior es importante para resistir los embates del aire y tormentas. La distancia de los postes de corona obedece a la distancia de plantación, la cual se sugiere sea en múltiplos, es decir, 5×5 m para una densidad de 100 plantas ha⁻¹, y así sucesivamente. Para ayudarse en la resistencia, se usan postes de menor diámetro ubicados de forma interna llamados puntales que forman los puentes distribuidos longitudinalmente con alambre de púas y alternándolo con alambre galvanizado calibre 12 y ocasionalmente calibre 10. Estos puntales para puentes se

entierran 0.40 m y tienen una altura libre de 2.2. m (2.6 m en total) y preferentemente se hacen coincidir con el punto de siembra de cada planta de chayote. Finalmente se ubica un tercer tipo de poste de mucho menor calidad denominado puntal, el cual generalmente no se entierra, es decir se ubica a la altura libre a partir del suelo, y el peso de las plantas con

INTRODUCCIÓN

México es el mayor productor de chayote (*Sechium edule* (Jacq). Swartz) (Cucurbitaceae) en el mundo, con una superficie sembrada de 2800 ha, para una producción de 178228 t, registrando un rendimiento promedio de 63.68 t ha⁻¹ (Cadena-Iñiguez *et al.*, 2013). La mayor producción se concentra en los estados de Veracruz, Michoacán, Jalisco, San Luis Potosí y Estado de México, sobresaliendo Veracruz al registrar hasta 2500 ha (80%) de cultivo (INIFAP, 2017). Debido a sus cualidades gastronómicas, nutricionales, medicinales e industriales (Riviello-Flores *et al.*, 2018), la planta de chayote y en especial su fruto han adquirido especial relevancia para promover su conservación fitogenética, producción y consumo (Cadena-Iñiguez, 2010; Frías-Tamayo *et al.*, 2016; Landa-Reyes *et al.*, 2017; Ramos, 2015).

El chayote es una planta trepadora y muestra un hábito de crecimiento ortotrópico en su primera fase con altura de 2.00 a 2.2. m a partir del sitio de siembra, para pasar posteriormente a un crecimiento plagiotrópico de forma radial cuando su condición es de cultivo (Cadena-Iñiguez *et al.*, 2007), para lo cual requiere una estructura de soporte conocida como tapanco, tarima, emparrillado o tapextle. Normalmente la altura de ésta es de 2.0 a 2.2. m desde el suelo, con lo que se evita que los frutos tengan contacto con el suelo (Figura 1).



Figura 1. Huerta comercial de chayote con su estructura de soporte.

su crecimiento radial le dan sostén vertical. generalmente son de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth, y *Bambusa oldhamii* Munrosp.).

La construcción de la estructura puede corresponder a una disposición de forma cuadrada o rectangular, con dimensiones referidas a alguna de las configuraciones de 4×4, 6×6 u 8×8 m, para la siembra de las plantas (Figura 2) (IICA, 2016). Por lo anterior, su tamaño y ubicación dependen en gran medida del espacio disponible en el terreno y de la capacidad financiera del productor. Gamboa (2005) sugiere que la extensión del “tapanco” no sea superior a 5000 m² por cuestiones de manejo.

Siguiendo ese modelo de distribución de plantas, también debe ordenarse la ubicación de los postes bajo ese patrón. Así, por ejemplo, siguiendo una configuración de 8×8 para las plantas, podría considerarse un arreglo de 4×4 para los postes. Por lo tanto, en este modelo se requieren alrededor de 650 postes por hectárea. Desafortunadamente, en muchos de los casos los postes utilizados son realmente troncos de árboles, los cuales provienen de los bosques adyacentes a las zonas de producción de chayote, mismos que deben cambiarse entre 2 y 3 años como máximo para asegurar la viabilidad estructural del “tapanco”, debido a su deterioro por su continua exposición a los factores ambientales.

De ahí que, en la actualidad la producción de esta hortaliza es cuestionada en gran medida por el grave impacto ambiental que genera sobre la vegetación arbórea de los bosques, debido a la mayor y frecuente demanda que representa el abastecimiento de los postes y puntales, además de que, en periodos de escasez los proveedores

A partir de lo anterior, se aprecian dos áreas de oportunidad: uno, discernir sobre un sustituto fiable al poste de madera, duradero y de costo accesible, mientras que el segundo, se refiere al diseño y construcción del “tapanco”, ya que su conformación actual restringe o limita el utilizar la mayor superficie de un terreno de forma irregular, que, al igual, restringe maximizar el espacio para la plantación del chayote.

Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue analizar la arquitectura estructural de la construcción tradicional de los tapancos con el propósito de establecer alternativas que ofrezcan mayor funcionalidad y operatividad en el manejo del cultivo, que incluye además el diseño alternativo de un poste que sustituya a los postes de madera.

MATERIALES Y MÉTODOS

Una vez suministrados los troncos de madera, se les clasifica en función de su grosor, longitud y potencial resistencia (Figura 4). Esto con el fin de ubicar los mejores en las esquinas y alrededor del perímetro exterior de la estructura. Inclusive, ya se propone un método de instalación tanto de los postes esquineros

como de los orilleros (Corona), los cuales son enterrados de tal manera que adquieran una pendiente hacia el exterior de la estructura, ya que se ha considerado a esta sección, como la de mayor prioridad en la instalación del tejido de alambres aéreo (Figura 5).



Figura 2. Panorámica del arreglo topológico de un huerto comercial de chayote (*Sechium edule*).



Figura 3. Estructura del tapanco sustentada sobre postes de concreto.

necesariamente extienden la zona de suministro, incrementándose los costos.

Una alternativa asumida con celeridad fue la de sustituir los postes de madera con postes de concreto (Figura 3).



Figura 4. A: Selección de postes de reemplazo de la corona. B: Inclínación de los postes de un huerto comercial de chayote (*Sechium edule*).

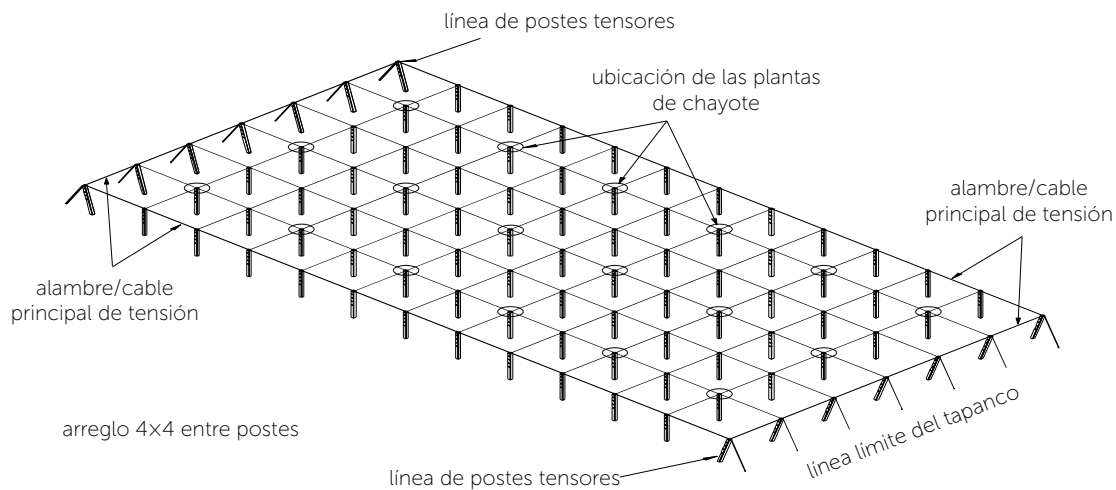


Figura 5. Configuración del tendido principal de alambres de una instalación ("tapanco") para la producción de chayote.

Mientras que los troncos restantes son ubicados en el interior de la estructura, como postes de apoyo. Estos se colocan siguiendo también la configuración de múltiplos de acuerdo a la densidad de plantación formando con los alambres un cuadrículado uniforme, muy similar a un andamio de gran extensión (Figura 5). Se hace notar que, ninguno de los alambres que atraviesan el interior de la instalación se afianzan rígidamente con cada uno de los postes interiores que coinciden con su trayectoria. Por lo que, la posición de éstos es de una exigencia limitada, así que frecuentemente, los postes interiores son sustituidos dependiendo de su deterioro por postes de bambú; las cuales se adquieren a un menor costo, pero con una vida útil más breve (Figura 6).

El análisis de la estructura del "tapanco", se ejemplifica al tomar de referencia a los postes de concreto. Estos simulan a las columnas de una edificación, por lo que,

cuando una viga sólida y rígida se apoya sobre sus extremos, éstos son sometidos a una carga vertical que se transmite en la dirección de su eje longitudinal, es decir, ocurre bajo una carga vertical uniformemente distribuida que actúa desde su extremo superior a lo largo de su eje central (Figura 7). La falla típica de este elemento estructural es la fractura en alguna parte de su área transversal a lo largo de su longitud. Esta situación de carga no corresponde con el propósito de "tapanco" para la producción de chayote, por el hecho de que se tendrá una instalación duradera pero costosa.

Mientras que, cuando el poste actúa como soporte del "tapanco" y es sujetado por elementos flexibles; como alambres o cables, su función principal es resistir las cargas laterales que se generan sobre su extremo superior, debido a la variabilidad de las fuerzas ejercidas por el peso de la biomasa (follaje y frutos), originadas



Figura 6. A: Huerto de chayote (*Sechium edule*) donde se utilizan postes de bambú como puntales. B: Líneas de alambre para conformar el diseño reticulado del tapanco.

por efecto de la tensión a que son sometidos los alambres sobre el tejido. Por lo que este elemento estará sujeto a una deflexión, siendo máxima en su extremo superior. Se observa también que, entre mayor sea la separación de los postes de carga extremos, se dificulta mantener una apropiada tensión entre los alambres que unen esos extremos de los postes coincidentes. De ahí que, se tienen limitaciones en la longitud máxima de la instalación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No se persigue como objetivo en este trabajo alterar la función que da origen a la instalación de la estructura aérea para la producción de chayote. No obstante, hoy en día esta actividad agrícola está expuesta a críticas por su exigua sustentabilidad, debido principalmente al impacto ambiental generado por su construcción tradicional que contribuye a la deforestación de los bosques adyacentes a las áreas de producción. Por otro lado, esta construcción, así como es concebida está limitada en su seguridad contra el colapso; ya que su estabilidad esta comprometida sobre toda la sección perimetral. El riesgo es inminente, en especial durante los periodos de producción de chayote, ya que al estar interconectada toda la superficie del lote, la falla de un poste de carga principal arrastrara consigo a una gran sección de la instalación, con sus respectivas afectaciones económicas. Para garantizar una instalación solidamente confiable, se recurre a sobredimensionar los componentes de resistencia sobre la sección perimetral.

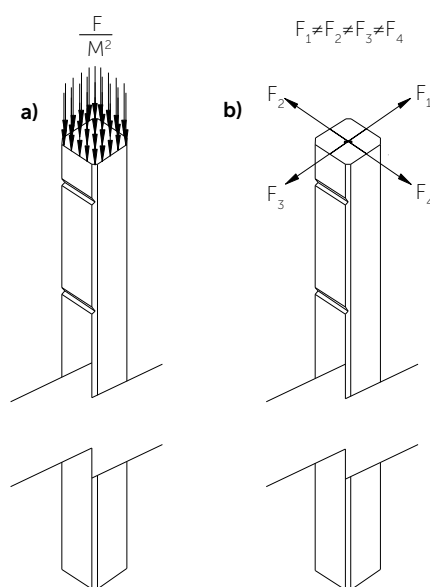


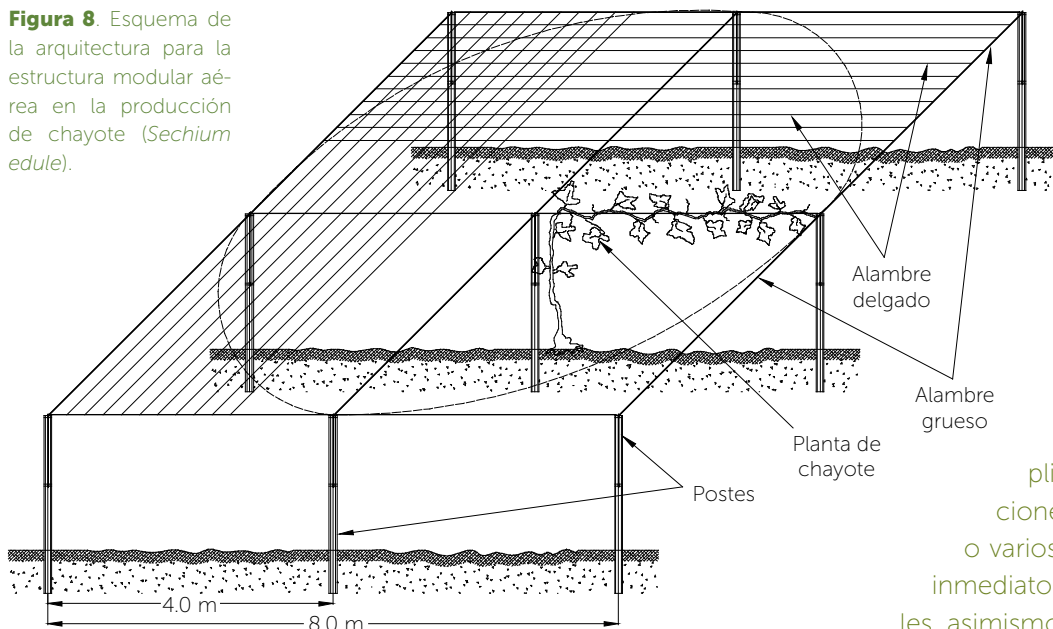
Figura 7. Diferente aplicación de las cargas en postes tipo columna.

La estructura debe mantener su concepción actual, pero debe de exhibir un diseño modular. Este modelo difiere de la construcción tradicional en que, en lugar de disponer de una sola superficie de producción con un único tendido principal de alambres entre los postes extremos de cada lado de la estructura del tapanco, se realice una construcción configurada por una serie de módulos pequeños e iguales. Cada uno de éstos, con un tamaño mínimo para cubrir una planta de chayote, es decir, instalar un “mini tapanco” para soportar la superficie del follaje que logra generar cada planta y de su producción potencial de frutos, todo ello en función de la configuración

de los postes instalados sobre el terreno (Figura 8). Dado el potencial que representa esta diferencia estructural, se encuentra en proceso el trámite de registro de patente de la estructura ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (Ortiz et al., 2018a).

El logro de este objetivo depende del desarrollo de un modelo de poste que aparte de simplemente sustituir a los troncos de árboles como elementos de soporte de carga, optimice además las cualidades de la estructura completa; empleando materiales sintéticos en su manufactura, con un diseño innovador en su sección transversal que ofrezca simultáneamente, resistencia y durabilidad, que sea económico, no contamine y pueda ser reciclado, con posiblemente mayor longevidad (Ortiz et al., 2018b).

Figura 8. Esquema de la arquitectura para la estructura modular aérea en la producción de chayote (*Sechium edule*).



En términos generales, se puede decir que una superficie de producción, de cualquier tamaño que se pretenda instalar, puede irse conformando al ir ensamblando un módulo junto a un adyacente inmediato; lateral o longitudinal y así sucesivamente, en función de los recursos disponibles para invertir del productor (Figura 9). El acoplamiento de uno o varios módulos sobre un módulo inicial puede realizarse utilizando los postes de éste último, puesto que el poste está provisto de acoplamientos para sujetar los alambres primarios de los módulos que se anexan, o éstos se instalan empleando todos sus postes junto a los costados de cualquiera de los ya colocados.

El sistema modular permitirá aprovechar en mayor proporción la configuración irregular de un terreno, además de que se consigue una distribución de la carga relativamente seccionada para toda la superficie del tejido aéreo, contribuyendo a incrementar la estabilidad estructural y a estandarizar los elementos y materiales empleados en la construcción del tapanco.

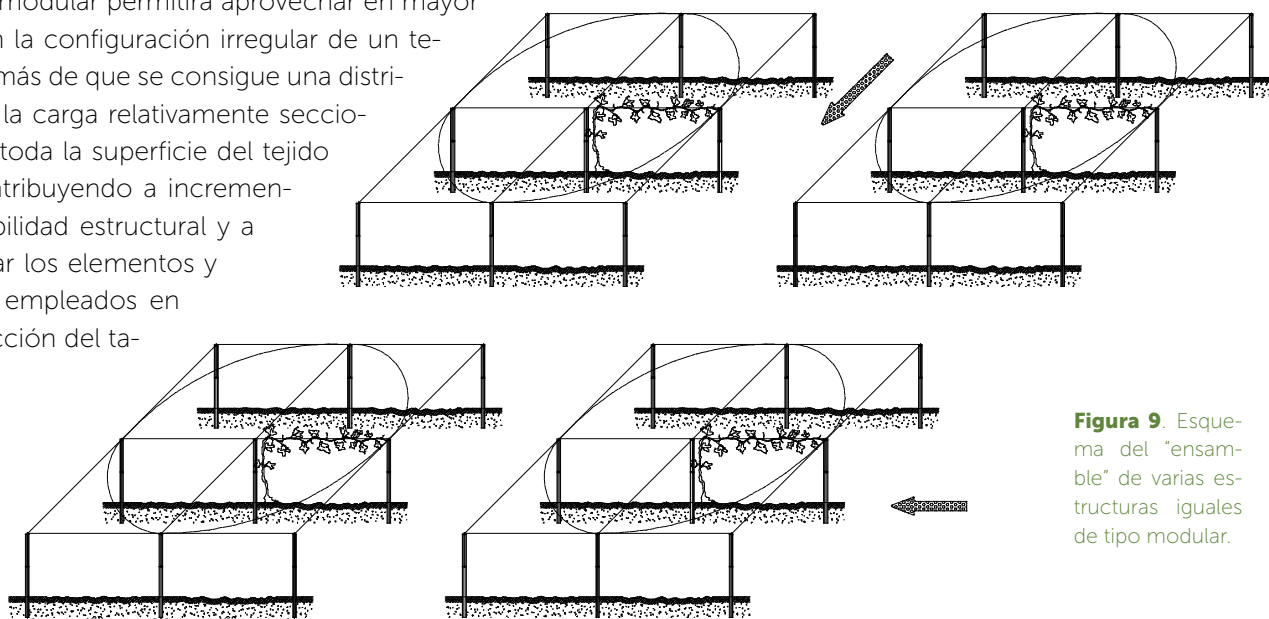


Figura 9. Esquema del "ensamblaje" de varias estructuras iguales de tipo modular.

CONCLUSIONES

El diseño de la estructura modular permite distribuir la carga total ejercida sobre el tejido aéreo por efecto de la biomasa del chayote, lluvia y viento, por secciones, sin comprometer su estabilidad. La instalación es sencilla de emplazar y la superficie de producción puede ampliarse sin grandes complicaciones al instalar o ensamblar uno o varios módulos junto al adyacente inmediato, por cualquiera de sus laterales, asimismo, permite aprovechar en mayor proporción la configuración irregular del terreno. Los beneficios que se consiguen con la implementación del tapanco modular están asociados directamente con la utilización del poste de soporte alternativo, el cual provee de sustentabilidad al sistema de producción y no sólo sustituye al tronco de los árboles, sino que, además, expanda la función básica del soporte.

LITERATURA CITADA

Cadena-Iñiguez, J., Arévalo-Galarza, L., Avedaño-Arrazate, C.H., Soto-Hernández, M., Ruiz-Posadas, L.M., Santiago-Osorio, E., Acosta-Ramos, M., Cisneros-Solano, V.M., Aguirre-Medina, J.F., Ochoa-Martínez, D. (2007). Production, Generics, Postharvest Management and Pharmacological Characteristics of *Sechium edule* (Jacq.) Sw. Fresh Produce, Global Science Books. 1: 41-52.

- Cadena I. J. (2010). GISem: Rescatando y Aprovechando los Recursos Fitogenéticos de Mesoamérica. Volumen 1. Chayote. GISem / Colegio de Postgraduados. 17 p.
- Cadena I. J., Avedaño A. C.H., Cisneros S. V.M., Arévalo G. Ma.L.C., Aguirre M. J.F. (2013). Modelo de mejoramiento genético participativo en chayote (*Sechium* spp). Colegio de Postgraduados. México. 69 p.
- Frias-Tamayo J, Ramirez-Peña G, de-la-Paz-Lorente C, Herrero-Pacheco C, Acosta-Campusano Y. (2016). *Sechium edule* (jacq) sw: potencia fitoterapéutica como agente antibacteriano. Medisur 14(6): 664-670.
- IICA. (2016). Guía Técnica del Cultivo de Tayota (*Sechium edule*). Proyecto PRESAAC/Programa de Apoyo al Mejoramiento de la Productividad y Competitividad de la Tayota y Frambuesa. CONIAF. Ministerio de Agricultura de la Republica Dominicana. Santo Domingo, Rep. Dominicana. 22 p.
- INIFAP. (2017). Agenda Técnica Agrícola de Veracruz. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, SAGARPA. México. 25-28.
- Landa-Reyes P., Sánchez-Méndez D.L., Olguín-Medina J.M., Pérez-Cruz A., Torres-Becerra R.Z. (2017). Perspectivas de la industrialización y comercialización Caso: El Chayote en Veracruz. Revista Ciencia, Ingeniería y Desarrollo. Tec Lerdo 3(3): 199-206.
- Ortiz L. H., Rosas C. D., Rössel K., E.D. (2018a). Arquitectura de la estructura aérea para la producción de chayote. Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial. Dirección Divisional de Patentes. Exp. MX/a/2018/013267. Patente en trámite. Solicitud: 30 de octubre de 2018. Folio: MX/E/2018/080817.
- Ortiz L. H., Rosas C. D., Rössel K. E.D. (2018b). Elemento estructural de soporte de la instalación aérea en la producción de chayote. Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial. Dirección Divisional de Patentes. Exp. MX/a/2018/013266. Patente en trámite. Solicitud: 30 de octubre de 2018. Folio: MX/E/2018/080816.
- Ramos L. (2015). La papa del aire (*Sechium edule*) un aporte saludable en la alimentación. Grupo Sistema de Producción y Economía. Proyecto PROHUERTA. Estación Experimental Agropecuaria Paraná. INTA. Argentina. 24 p.
- Riviello-Flores, M.L., Arévalo-Galarza, M.L., Cadena-Iñiguez, J., Soto-Hernández, R.M., Ruiz Posadas, L.M., Gómez-Merino, F.C. (2018). Nutraceutic characteristics of the extracts and juice of chayote (*Sechium edule* (Jacq) Sw.) fruits. Beverages, 4(37): 2-11.



Evaluation of financial profitability in the production of *Bursera glabrifolia* (Kunth) Engl in conditions of nursery

Evaluación de rentabilidad financiera en la producción de *Bursera glabrifolia* (Kunth) Engl en condiciones de vivero

Vásquez-García, Adela¹; Caamal-Cauich, Ignacio¹; Cetina-Alcalá, Victor M.^{2*}

¹Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México. ²Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México, C. P. 56230.

*Autor para correspondencia: vicmac@colpos.mx

ABSTRACT

Objective: Determine the financial profitability of the production of *Bursera glabrifolia* (Kunth) Engl in nursery conditions, to carry out forest plantations that allow the regeneration of this type of vegetation, the recovery of soils and to generate the raw material of the alebrijes.

Design/methodology/approach: Financial information was collected for the production of *B. glabrifolia* plant, prices and quantities of inputs were obtained, as well as infrastructure to calculate financial indicators and to determine the profitability of the project, the project evaluation methodology was used to calculate the profitability of the project, investment in terms of net present value (NPV), internal rate of return (IRR) and minimum acceptable return rate (MARR); the financial analysis was carried out for 10 years.

Results: The results obtained are an initial investment in Mexican pesos: \$1,671,690.54, the annual income from plant sales amounts to \$850,000.00 and the financial indicators obtained were: NPV=\$22,440.5 IRR=9% and cost benefit ratio=1.

Limitations on study/implications: This project is the beginning of the productive chain of the alebrijes and promotes a sustainable forest management through the commercial plantations of *B. glabrifolia*.

Findings/conclusions: The project is viable considering that it has a low IRR because it is a social and ecological program to help the Valles Centrales region of Oaxaca, Mexico, recover its endemic vegetation and at the same time promote the generation of plantations of *Bursera glabrifolia* in the villages whose main activity is the production of alebrijes.

Keywords: alebrijes, financial return, internal rate of return, net present value.

RESUMEN

Objetivo: Determinar la rentabilidad financiera de la producción de *Bursera glabrifolia* (Kunth) Eng en condiciones de vivero, para realizar plantaciones forestales que permitan la regeneración de este tipo de vegetación, la recuperación de suelos y generar materia prima para elaboración de artesanías, como los alebrijes.

Diseño/metodología/aproximación: Se recabó información financiera para la producción de planta de *B. glabrifolia*, se obtuvieron precios y cantidades de insumos, así como de infraestructura para calcular indicadores financieros y para determinar la rentabilidad del proyecto se utilizó la metodología de evaluación de proyectos que calcula la rentabilidad de la inversión en términos del valor actual neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR) y la tasa de rendimiento mínima aceptable (TREMA); el análisis financiero se realizó a 10 años.

Resultados: la inversión inicial en pesos mexicanos es de \$1,671,690.54, el ingreso anual por ventas de planta asciende a \$850,000.00 y los indicadores financieros obtenidos fueron: VAN=\$22,440.5 TIR=9% y relación beneficio costo=1.

Limitaciones del estudio/implicaciones: este proyecto es el inicio de la cadena productiva de la producción de artesanías llamada alebrijes y promueve un manejo forestal sustentable mediante las plantaciones comerciales de *B. glabrifolia*.

Hallazgos/conclusiones: El proyecto es viable, aunque tiene una TIR baja porque se trata de un programa social y ecológico para ayudar a la región de Valles Centrales de Oaxaca, México, recuperar la vegetación endémica y promover la generación de plantaciones de *B. glabrifolia* en los pueblos cuya actividad principal es la producción de alebrijes.

Palabras clave: alebrijes, rentabilidad financiera, Tasa interna de retorno, Valor actual neto.

INTRODUCCIÓN

El bosque tropical caducifolio ocupa importantes extensiones en el estado de Oaxaca, México. Es característico de la región Cañada, que cubre las porciones más secas y calientes de la cuenca alta del río Papaloapan. En otros tiempos este tipo de vegetación prosperaba en la región conocida como Valles Centrales, que es la más densamente poblada del estado y en la mayor parte de la cual ya sólo quedan vestigios de la cubierta vegetal original. También existe en los sectores inferiores de la porción oaxaqueña de la cuenca del Balsas y en la del Río Verde y es de los más característicos de la cuenca del río Tehuantepec. Se extiende en amplias superficies de la región Istmeña y de ahí a lo largo de la costa del pacífico, pero se ha disminuido a la mitad occidental de la misma y ha sufrido una gran merma. Rzedowski y Calderón (2002) afirman que, aunque los árboles del género *Bursera* constituyen un componente sustancial de los bosques tropicales caducifolios de todas partes de Oaxaca, el conocimiento de su identidad aún es escaso y en la actualidad existen para el estado registros de hasta 30 taxa.

Esta especie, de manera general se caracterizan por tener árboles de porte bajo a medio, muy ramificados con una altura aproximada de 5 a 15 m y su corteza varía de gris, amarilla a roja dependiendo de las especies, debido a esto en algunos lugares se les conoce como cuajotes rojos o amarillos, algunos tienen la corteza exfoliante, son caducifolios en la temporada seca y florecen cuando comienzan las lluvias (Bonfil *et al.*, 2007). Su importancia radica en que de sus tallos, se extrae una resina que se utiliza en la medicina tradicional y la producción de bioinsecticidas, además sus troncos son utilizados como cercos vivos en potreros y campos agrícolas de las zonas rurales (Aldama *et al.*, 2010), uno de los usos tradicionales más importantes de estas plantas, es la fabricación de artesanías típicas de la región de la Cañada, en las comunidades de San Martín Toxpalam, San Antonio Arrazola y San Martín Tilcajete donde se elaboran los alebrijes, tallas típicas y representativas del estado de Oaxaca (García, 2002).

El tallado en madera es una reserva interminable de creatividad en las manos de los artesanos oaxaqueños; por ello es una de las artesanías que tienen mayor demanda en el extranjero especialmente en los Estados Unidos de América (González, 1997). Hay aproximadamente doscientas familias dedicadas a

dicha actividad y se ubican principalmente en los poblados San Antonio Arrazola, La Unión Tejalapam y San Martín Tilcajete (González, 1997). La especie preferida para el tallado es *B. glabrifolia* la cual ha sido explotada de forma intensiva en San Martín Tilcajete y Arrazola, causando su extinción en comunidades donde ha habido sobreexplotación desde fines de los años ochenta; y cuando la *B. glabrifolia* empezó a disminuir se empezó a usar *B. bipinnata* y al paso del tiempo ésta ha experimentado el mismo destino y actualmente usan *B. copallifera*. Por lo anterior el objetivo de esta investigación fue determinar la rentabilidad financiera de la producción de *B. glabrifolia* en condiciones de vivero para realizar plantaciones forestales que permitan la reintroducción de la especie en la vegetación, la recuperación de suelos y asegurar la materia prima para la artesanía de alebrijes.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio está ubicada en Oaxaca, México, y el proyecto fue desarrollado en la localidad de San Antonio Arrazola, municipio de Santa Cruz Xoxocotlán (Figura 1). Cuenta con 1113 habitantes, está situado a 1600 m de altitud. En la localidad hay 531 hombres y 582 mujeres. El 85% se dedica a la fabricación de alebrijes considerando hombres, mujeres y jóvenes (Velasco *et al.*, 2000).

Metodología. Se recabó información financiera para la producción de planta de *B. glabrifolia*, se obtuvieron precios y cantidades de insumos, así como de infraestructura para calcular los indicadores financieros; y para determinar la rentabilidad del proyecto se utilizó la metodología de evaluación de proyectos que calcula la rentabilidad de la in-

Cuadro 2. Costos anuales para el proyecto de producción de planta de *B. glabrifolia*.

Concepto	Importe en pesos mexicanos (\$)
I. Costo de producción	242,425.81
II. Costo de administración	139,200.00
III. Costos generales de venta	154,594.00
IV. Gastos financieros	500.00
Costos totales	536,719.81

Fuente: Elaboración propia.

El resultado obtenido al realizar el análisis financiero por el método del VAN con cada uno de los indicadores financieros registró un valor para el VAN > 0 (20,440.57), y por lo tanto el proyecto se acepta dado que es rentable, la TIR > TREMA (9%), y esto quiere decir que se recupera la inversión y la Relación B/C es > 1 (1.0) lo cual es aceptable.

CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos se encontró que, durante la vida útil del proyecto a una tasa de actualización del 9%, se obtiene una utilidad neta de \$20,440.5 pesos (US\$1020.00) más los costos de producción y el presupuesto inicial de inversión. Durante la vida útil del proyecto y de acuerdo con los resultados de la TIR, se recupera la inversión y se obtiene una rentabilidad en promedio de 9%. Los resultados reflejan que este proyecto es viable considerando que tiene una TIR baja porque se trata de un programa social y ecológico para ayudar a la región de Valles Centrales a recuperar su vegetación endémica y a su vez promover la generación de plantaciones de *Bursera glabrifolia* en los pueblos cuya actividad principal es la producción de alebrijes, considerando este proyecto como el inicio de la cadena productiva de alebrijes y promoviendo un manejo forestal sustentable mediante las plantaciones comerciales de *Bursera*.

LITERATURA CITADA

- Aldama, L.I.L., Salinas, S.D.O., Valdés, E.M.E., Gutiérrez, O.M. & Valladares, C.M.G. (2010). Evaluación bioinsecticida de extractos de *Bursera copalifera* (D. C.) Bullock y *Bursera grandifolia* (SCHLTDL.) Engl. En gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae), Polibotánica 29: 149-158.
- Baca, G. (2010). Evaluación de proyectos. Sexta edición. Mc Graw Hill. México. 333 p.
- Bonfil, S.C., Mendoza, H.P.E., & Ulloa, N.J.A. (2007). Enraizamiento y formación de callos en estacas de siete especies del género *Bursera*. Agrociencia. 41: 103-109.

Cuadro 3. Ingresos anuales para el proyecto de producción de planta de *B. glabrifolia* en el primer año.

Concepto	Ingresos año uno en pesos mexicanos (\$)
Plantas vendidas a CONAFOR*	30,000
Precio de compra	5.0
Plantas vendidas a los pueblos para plantación (San Antonio Arrazola, San Martín Tilcajete)	70,000
Precio ponderado	8.0
Subtotal	850,000

Fuente: Elaboración propia. *=Comisión Nacional Forestal.

- García O.X. (2002). Efectos del ácido indolbutírico y de la estratificación en la formación de callos y de raíces en estacas de *Bursera simaruba* (L.) Sarg., *Glicirida sepium* (Jacq.) Kunth ex. Walp. Y *Omphalea oleifera* Hemsl., tres especies potencialmente útiles para la restauración ecológica. Tesis de Licenciatura. Facultad de ciencias, UNAM. 66 p.
- González, L.M. (1997). Crónicas diversas de artesanos Oaxaqueños, tradiciones, memorias y relatos, Instituto Oaxaqueño de las Culturas, Fondo Estatal para la Cultura y las Artes, Dirección General de Culturas Populares. 200 p.
- Velasco G.J. & Aguilar H. (2000). Monografía del municipio de santa Cruz Xoxocotlán centro Oaxaca, Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, 181 p.
- INEGI. (2005). Marco Geoestadístico Municipal. Versión 3.1. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca.
- Ocampo, J.E. (2002). Costos y Evaluación de proyectos. México. Editorial Patria. Primera Edición, México 266 p.
- Peters, C.M., Purata, S.E., Chibnik M., Brosi B.J., Lopez A.M. & Ambrosio M. (2003). The life and times of *Bursera glabrifolia* (H.B.K.) Engl. in Mexico: A parable for ethnobotany, Economic Botanic 57(4): 431-441 pp.
- Rzedowski, J., Medina, L.R. & Calderón, G. (2002). Las especies de *Bursera* (Burseraceae) en la Cuenca superior del Río Papaloapan, México. Acta Botánica Mexicana 66: 23-151.



USES AND POTENTIALITIES OF *Moringa oleifera* Lam: PROMOTER OF SOCIAL WELFARE

USOS Y POTENCIALIDADES DE *Moringa oleifera* Lam: PROMOTOR DE BIENESTAR SOCIAL

Rosales-Martínez, Veronica^{1*}; Casanova-Pérez, Lorena²; De la Cruz-Blanco, Geydi Mariela³, Bautista -Ortega, Jaime⁴

¹Cátedras-CONACYT, Colegio de Postgraduados, Campus Campeche, Carretera Haltunchén-Edzná Km. 17.5, Sihochac, Champotón, Campeche. C.P. 24450 México. ²Universidad de la Huasteca Hidalguense. Carretera Huejutla-Chalahuiyapa Km 3.5, C.P. 43000. ³Instituto Tecnológico Superior de Escárcega. Calle 85. Col. Unidad, Esfuerzo y Trabajo No.1 C.P. 24350. ⁴Colegio de Postgraduados, Campus Campeche, Carretera Haltunchén-Edzná Km. 17.5, Sihochac, Champotón, Campeche. C.P. 24450. México.

*Autor para correspondencia: vrosales@colpos.mx

ABSTRACT

Objective: Analyze scientific information about *Moringa oleifera* Lam, its current uses and potentials that support its food uses both human and animal, medicinal, as water clarifier, biofuel production and biofertilizers.

Design/methodology/approach: A analysis of literature on the uses of *Moringa oleifera* in general was made, among the keywords for the search of the information were: *Moringa oleifera*, food with *Moringa oleifera*, potential uses of *Moringa oleifera*. We chose 32 scientific articles from 2010 to date to have more up-to-date information on the subject, more than 80% corresponded to high-impact databases journals such as Springer, Elsevier, Jstor, etc.

Results: Several uses of *M. oleifera* were determined, in human nutrition, animal feed, for the treatment of diseases, for the treatment of water, as a biofertilizer and bioinsecticides.

Limitations on study/implications: Although there is research on the nutritional amount of *M. oleifera* Lam., and the benefits it brings to human food, more research is needed to determine the dose of consumption because excessive doses can cause adverse effects to the human system.

Findings/conclusions: The potential of *Moringa oleifera* Lam. has been demonstrated in various areas, considered a potential resource as a promoter of sustainable development and improvement of social welfare in rural and urban areas.

Keywords: Moringa, Nutritious food, Sustainability.

RESUMEN

Objetivo: Analizar información científica sobre *Moringa oleifera* Lam, sus usos actuales y potencialidades que permita sustentar sus usos alimenticios tanto del ser humano como animal, medicinal, como clarificador de agua, elaboración de biocombustibles y biofertilizantes.

Diseño/metodología/aproximación: Se realizó un análisis sobre los usos de *M. oleifera* en general, entre las palabras clave para la búsqueda de la información fueron: *Moringa oleifera*, alimentos con *Moringa oleifera*, usos potenciales de *Moringa oleifera*. Se eligieron 32 artículos científicos de 2010 a la fecha para tener información más actualizada sobre el tema, más del 80% correspondió a revistas de alto impacto de bases de datos como Springer, Elsevier, Jstor, etc.

Resultados: Se determinaron diversos usos de *M. oleifera*, en la alimentación humana, alimentación animal, para el tratamiento de enfermedades, para el tratamiento de agua, como biofertilizante y bioinsecticidas.

Limitaciones del estudio/implicaciones: Si bien existen investigaciones sobre la cantidad nutrimental de *M. oleifera* Lam., y los beneficios que aporta a la alimentación humana, se necesitan más investigaciones para determinar las dosis de consumo debido a que en dosis excesivas puede causar efectos adversos al sistema humano.

Hallazgos/conclusiones: Se demostró el potencial que posee *M. oleifera*, en diversos ámbitos, y puede ser considerada como recurso potencial y promotor del desarrollo local y mejorador del bienestar social en zonas rurales y urbanas.

Palabras clave: Moringa, Alimento nutritivo, Sustentabilidad.

INTRODUCCIÓN

Moringa oleifera Lam., es un árbol nativo de la India e introducido a América. Crece en condiciones tropicales (menor a 2000 msnm). Este árbol puede utilizarse para que las comunidades en México y otras partes de Latinoamérica, no sólo mejoren su alimentación ya que es un alimento nutritivo y benéfico que ofrece características muy atractivas para establecer su cultivo, sino que gestionen su sostenibilidad de una manera más eficiente (Quintanilla-Medina *et al.*, 2018). La capacidad de *M. oleifera* de ofrecer alimentos nutritivos para personas y animales, así como de aceite comestible de alta calidad y una gama de otras aplicaciones, la vuelve un elemento sumamente importante para el establecimiento de comunidades sostenibles en el trópico seco, tanto en áreas rurales como urbanas (Olson y Fahey, 2011). Además de poseer un amplio uso medicinal, exige poco cuidado agrícola, crece rápidamente (hasta alcanzar entre 3 y 5 m en un año) y es resistente a la sequía. Su rápido crecimiento, aunado al bajo costo de producción, la hace ideal para cultivarla en extensas zonas desérticas o semidesérticas del trópico africano, donde existen graves problemas de hambre, desnutrición y subalimentación (Borges *et al.*, 2014).

Su importancia económico-social radica en su contenido de proteínas, fibra, carbohidratos, aminoácidos, vitaminas, minerales y metabolitos secundarios; lo que explica sus usos como alimento para combatir la desnutrición, como tratamiento de enfermedades, mejorador de la fertilidad de suelo, materia prima para la industria alimentaria, elaboración de cosméticos y para el tratamiento de agua contaminada (Velázquez-Zavala *et al.*, 2016; Nogueira *et al.*, 2017). También se ha usado como fertilizante, agente de limpieza, combustible biológico (biogás, biodiesel), clarificador de miel y del jugo de la caña de azúcar, así como pesticida. El objetivo de este análisis fue identificar la información científica sobre *Moringa oleifera* Lam, su uso actual y potencial que permita sustentar sus usos para alimentación humana y animal, como insumo medicinal, clarificador de agua, elaboración de biocombustibles y biofertilizantes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un análisis sobre los usos de *Moringa oleifera* mediante la búsqueda con palabras clave: *Moringa oleifera*, alimentos con *Moringa oleifera*, usos potenciales de *Moringa oleifera*. Se eligieron 32 artículos científicos de 2010 a la fecha para tener información más actualizada sobre el tema, más del 80% correspondió a revistas de alto impacto de bases de datos como Springer, Elsevier y Jstor.

Uso de *Moringa oleifera* en la alimentación humana

Sus diferentes componentes como las vainas verdes, hojas, flores y semillas de, son fuente de proteínas, vitaminas y minerales que presentan potencial farmacológico y biotecnológico por lo que puede actuar como una alternativa nutricional y terapéutica para poblaciones desatendidas (Nogueira *et al.*, 2017). Se han preparado suplementos nutricionales con Moringa y espirulina, los dos nutrientes que tienen ingredientes alimentarios naturales complementarios (Yi *et al.*, 2017), también se ha adicionado harina de *M. oleifera* para la realización de pan y fortalecer nutritivamente la dieta alimenticia de personas en desnutrición (Folashade *et al.*, 2017).

La harina de hoja entera contiene 28.7% de proteína cruda, 7.1% de grasa, 10.9% de cenizas, 44.4% de carbohidratos y 3.0 mg 100 g de calcio y 103.1 mg 100 g de hierro. Las hojas también pueden utilizarse como suplemento dietético para la protección contra la acumulación de cadmio y el estrés oxidativo (Kerdsomboon *et al.*, 2016). Por tanto, cada vez, son necesarios más estudios para evaluar mejor el uso de esta hoja como una fuente de proteínas en la alimentación humana (Borges

et al., 2014). Considerando que la composición química de las diferentes partes del árbol puede variar dependiendo del cultivar y de la fuente (Adewumi et al., 2018).

Uso de *Moringa oleifera* en la nutrición animal

En la nutrición animal se ha incluido en la dieta de vacas en lactación, dando buenos resultados. Así como para mejorar la calidad de carneros (Cohen-Zinder et al., 2017). Se ha utilizado a la *Moringa* como bioabsorbente de plomo en muestras de alimentación de pollo (de Assis et al., 2017). Y desde el punto de vista medio ambiental, se ha sustituido la harina de soya (*Glycine max* L.) con *M. oleifera* como una estrategia sostenible para reducir la producción de CH₄ en cabras (*Capra* sp.) y novillos (*Bos* sp.) y así mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero (Elghandour et al., 2017). La moringa se considera un recurso importante para el establecimiento de comunidades sostenibles en el trópico seco, tanto en las áreas rurales como en las ciudades. Tiene el potencial de mejorar indicadores productivos, tales como las ganancias de peso, conversión alimenticia, producción y calidad de la leche, no obstante, se requieren investigaciones precisas para determinar dosis óptimas y procesamientos más adecuados que aseguren una mejor producción ganadera (Quintanilla-Medina et al., 2018). Su valor nutricional y elevados rendimientos de biomasa, la hacen un recurso fitogenético de importancia en los sistemas de producción, el cual puede ser consumido por diversas categorías de animales (Pérez et al., 2010).

Moringa oleifera para el tratamiento de enfermedades

Se ha reportado *M. oleifera* en el uso de enfermedades, a través de varios ensayos clínicos realizados en los últimos cinco años, los cuales demostraron las propiedades nutraceuticas y terapéuticas de la moringa, tales como antioxidante, enfermedades respiratorias, cardiovasculares, gastrointestinales, endocrinas, alteraciones en el sistema nervioso central, sistema inmunológico y como antibacteriano (Bonal et al., 2012). Se ha demostrado, además, su eficiencia para el tratamiento del dolor (Martínez-González et al., 2017). También se ha encontrado que los extractos de hojas de *M. oleifera* poseen quimio prevención del cáncer y puede reivindicarse como un objetivo terapéutico para prevenir esta enfermedad (Sreelatha et al., 2011). Además de que todas sus partes tienen potencial terapéutico como combatir el daño oxidativo para tratar la diabetes mellitus, debido a que se han encontrado proteínas similares a la insulina en esta planta (Jaiswal et al., 2013; Irfan et al., 2016; Paula et al., 2017). No obstante, aunque la mayoría de los estudios

muestran los beneficios de esta planta en cuanto a su aplicación medicinal y otros, no está exenta de toxicidad. Posmontier (2011) señala que una dosis de 7 mg kg día⁻¹ puede causar anomalías hepáticas, alterar la función renal y ocasionar parálisis neural. Por lo que se debe utilizar de manera racional para evitar daños al organismo.

Tratamiento de aguas con *M. oleifera*

Con respecto a la utilización en el tratamiento de aguas, existen diversos estudios que se enfocan en las funcionalidades de las proteínas coagulantes, considerando que existen compuestos activos en las semillas que son utilizados para la purificación de aguas turbias por medio de la coagulación, floculación y sedimentación, reduciendo la materia y carga microbiana, con especial énfasis en la producción animal intensiva, como la acuicultura, e incluso el efecto coagulante de la semilla también se ha empleado en la preparación de quesos (Sánchez-Peña et al., 2013; Nogueira et al., 2017). Por tanto, los coagulantes han sido recomendados para el tratamiento de aguas domésticas en áreas rurales de África y Asia, para utilizarse como agua potable (Barrado-Moreno et al., 2016), donde la gente no puede costear el uso de coagulantes convencionales (Silva de Oliveira et al., 2016; Rocha et al., 2017).

En cuanto a la remoción de bacterias por la coagulación del agua, no hay datos suficientes para afirmar si las semillas de varias especies del género *Moringa* tienen diferentes acciones. Sin embargo, existe evidencia de una correlación general entre la turbidez residual obtenida y la eliminación de bacterias indicadoras, independientemente del coagulante elegido. También se ha utilizado el extracto de semilla de *M. oleifera* para ayudar en el tratamiento de aguas residuales del café, observándose una reducción de nitratos y nitritos en ellas (Garde et al., 2017). Se ha utilizado como biosorbente para la extracción selectiva de arsénico inorgánico en agua a través de espectrometría de absorción atómica de grafito de horno (Alves et al., 2017).

El extracto de semilla de *M. oleifera* se ha utilizado también para la extracción, recolección y eliminación de microalgas y algas de agua dulce suspendidas (*Chlorella*, *Microcystis*, *Oocystis* y *Scenedesmus*), y mediante la técnica de Jar-test (Barrado-Moreno et al., 2016) se demostró que los derivados primarios y terciarios de *M. oleifera* producen una excelente eficiencia de floculación de más del 95% a 20 min de sedimentación (Abdul et al., 2014). Para la purificación de agua se ha sugerido

como dosis óptima para valores de turbidez entre 40 y 200 NTU, oscilando entre 30 y 55 mg L⁻¹ con una turbidez ajustada a 130 NTU y una dosis de *M. oleifera* dentro del intervalo óptimo a 50 mg L⁻¹ (pH de entre 4.0 y 9.0) registrando que la coagulación más eficiente determinada por la mayor reducción de la turbidez se produce a un pH de 6.5. Aunado a ello, se encontró que en aguas más frías (menores a 15 °C) se dificultan la efectividad del proceso de coagulación (Pritchard et al., 2010).

Elaboración de biocombustibles y bioinsecticidas

Se han efectuado pruebas con disolventes para la extracción de aceite de *M. oleifera*. Este aceite posee saponinas, flavonoides, esteroides, terpenoides, fenoles y triterpenoides (Bhutada et al., 2016). Se puede utilizar como combustible en motores, ya que sus hojas son fuentes potenciales para la producción de biodiesel y sus aditivos antioxidantes (Da Silva et al., 2010; Fernandes et al., 2016; Fotouo-M. et al., 2016) con baja toxicidad que puede asegurar un consumo más seguro que con los antioxidantes sintéticos (Rocha et al., 2017). Otros estudios demostraron efecto larvicida del extracto acuoso de la semilla sobre el mosquito *Aedes aegypti*, registrando que la aplicación de una lectina purificada de *M. oleifera* afecta las larvas, huevos y oviposición (Silva de Oliveira et al., 2016). También se han realizado experimentos para elaborar bioinsecticidas con *Moringa oleifera* sobre la harina de polilla (*Anagasta kuehniella*), registrando efectos positivos ya que aumentan las tasas de mortalidad (Ramalho de Oliveira et al., 2011).

CONCLUSIONES

Los resultados de investigación publicados, demuestran que la planta de *Moringa oleifera* Lam., posee un amplio potencial para producir satisfactores, tales como la industria farmacéutica, para la alimentación animal, no solo de rumiantes u ovinos, por lo que también deben realizarse más investigaciones en la alimentación de aves, de peces, etc. Como clarificador y para el tratamiento de agua es sumamente eficaz, ya que podría subsanar carencias de agua en comunidades rurales y urbanas. En la elaboración de aceites, biofertilizantes y bioinsecticidas está demostrada su eficiencia. Estos resultados proveen de información importante sobre el potencial que posee esta planta en condiciones tropicales.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el proyecto de cátedras 2181 "Estrategias agroecológicas para la seguridad

alimentaria en las zonas rurales del estado de Campeche" y al Colegio de Postgraduados Campus Campeche por todas las facilidades otorgadas para la publicación de este documento.

LITERATURA CITADA

- Alves N.V., Neri S.T., Borges S.O.S., Carvalho C.D., Coelho M.M.N. (2017). Determination of inorganic arsenic in natural waters after selective extraction using *Moringa oleifera* seeds. *Ecological Engineering* 106 (2017) 431–435.
- Abdul H.S.H., Lananan F., Sakinah D.W.N., Shiung L.S., Khatoon H., Endut A., Jusoh A. (2014). Harvesting microalgae, *Chlorella* sp. by bio-flocculation of *Moringa oleifera* seed derivatives from aquaculture wastewater phytoremediation. *International Biodeterioration & Biodegradation* 95: 270-275.
- Adewumi T. O., Samson A. O. (2018). *Moringa oleifera* as a food fortificant: Recent trends and prospects. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences* 17: 127-136
- Barrado-Moreno M.M., Beltrán-Heredia J., Martín-Gallardo J. (2016). Microalgae removal with *Moringa oleifera*. *Toxicon* 110: 68-73.
- Bhutada R.P., Jadhav J.A., Pinjarib V.D., Nemadab R.P., Jain D.R. (2016). Solvent assisted extraction of oil from *Moringa oleifera* Lam. *Sedes. Industrial Crops and Products* 82: 74-80.
- Bonal R.R., Rivera O.R.M., Bolívar C.M.E. (2012). *Moringa oleifera*: una opción saludable para el bienestar. *MEDISAN* 16(10): 1596.
- Borges T. E.M., Barbieri C.M.R., Augusto N.V., Apareci S.M., Arantes-Pereira L. (2014). Chemical characteristics and fractionation of proteins from *Moringa oleifera* Lam. *Leaves. Food Chemistry* 147 (2014) 51–54.
- Cohen-Zinder M., Orlov A., Trofimiyuka O., Agmon R., Kabiya R., Shor-Shimoni E., Wagner K.E., Hussey K., Leibovich H., Miron J., Shabtay A. (2017). Dietary supplementation of *Moringa oleifera* silage increases meat tenderness of Assaf lambs. *Small Ruminant Research* 151 (2017) 110–116.
- Da Silva P.V.J., Serra M.T., Gossman M., Wolf R.C., Meneghetti R.M., Simoni M.P. Meneghetti P.S.M. (2010). *Moringa oleifera* oil: Studies of characterization and biodiesel production. *Biomass and bioenergy* 34 (2010) 1527:1530.
- Elghandour M.M.Y., Vallejo H.L., Salem M.A.Z., Mellado M., Camacho M.L., Cipriano M., Olafadehan A.O., Olivares J., S. Rojas S. (2017). *Moringa oleifera* leaf meal as an environmental friendly protein source for ruminants: Biomethane and carbon dioxide production, and fermentation characteristics. *Journal of Cleaner Production* 165 (2017) 1229e1238.
- Fernandes M.D., Sousa F.R.M., De Oliveira A., Morais L.S.A., Richter M.E., Muñoz A.R.A. (2016). *Moringa oleifera*: A potential source for production of biodiesel and antioxidant additives. *Fuel* 146: 75-80.
- Folashade B.I., Eniola A.T., Olayemi R.A. (2017). Nutritive value and acceptability of bread fortified with moringa seed. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences* <http://dx.doi.org/10.1016/j.jssas.2017.05.002>
- Fotouo M.H., Du Toit S.E., Robbertse J.P. (2016). Effect of storage conditions on *Moringa oleifera* Lam. seed oil: Biodiesel feedstock quality. *Industrial Crops and Products* 84 (2016) 80–86.
- Garde K.W., Buchberguer G.S., Wendell D., Kupferle J.M. (2017). Application of *Moringa Oleifera* seed extract to treat

- coffefermentation wastewater. *Journal of Hazardous Materials* 329 (2017) 102–109.
- Irfan M.H., Zaini A.M., Karim K.N.A. (2016). A review on promising phytochemical, nutritional and glycemic control studies on *Moringa oleifera* Lam. in tropical and sub-tropical regions. *Asian Pac J Trop Biomed* 2016; 6(10): 896–902.
- Jaiswal D., Kumar R. P., Mehta S., Chatterji S., Shukla S., Kumar R.D., Sharma G., Sharma B., Khair S., Watal G. (2013). Role of *Moringa oleifera* in regulation of diabetes-induced oxidative stress. *Asian Pacific Journal Tropical Medicine* 426-432.
- Kerdsomboon K., Tatip S., Kosasih S., and Auesukaree C. (2016). Soluble *Moringa oleifera* leaf extract reduces intracellular cadmium accumulation and oxidative stress in *Saccharomyces cerevisiae*. *Journal of Bioscience and Bioengineering* 121(5): 543-549.
- Martínez-González C.L., Martínez L., Martínez-Ortiz E.J., González-Trujano M.E., Déciga-Campos M., Ventura-Martínez R., Díaz-Reval I. (2017). *Moringa oleifera*, a species with potential analgesic and anti-inflammatory activities. *Biomedicine & Pharmacotherapy* 87 (2017) 482–488.
- Olson E. M., y Fahey W.J. (2011). *Moringa oleifera*: un árbol multiusos para las zonas tropicales secas. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82: 1071-1082.
- Paula C.P., Oliveira A.J.T., Sousa B.D.O., Alves, T.B.G., Carvalho, U.A.F., O.L. Franco, L.O., Vasconcelos, M.I. (2017). Insulin-like plant proteins as potential innovative drugs to treat diabetes—The *Moringa oleifera* case study. *New Biotechnology* 39 (2017): 99–109.
- Pérez A., Sánchez T., Armengol N., Reyes F. (2010). Características y potencialidades de *Moringa oleifera*, Lamark. Una alternativa para la alimentación animal. *Pastos y Forrajes* 33(4): 1-16.
- Posmontier B. (2011). The medicinal qualities of *Moringa oleifera*. *Holist Nurs Pract.* 25(2):80-7.
- Quintanilla-Medina, J., Joaquín-Cancino, S., Martínez-González, J., Limas-Martínez, A., López-Aguirre, D., Estrada-Drouaillet, B., Hernández-Meléndez, J. (2018). Usos de *Moringa oleifera* Lam. (MORINGACEAE) en la alimentación de rumiantes. *Agroproductividad* 11(2): 89-93.
- Ramalho de O. C.F., Andrade L.L., Guedes P.P.M., Breitenbach B.L.C., Marangonia S., Rodrigues M.M.L. (2011). Evaluation of seed coagulant *Moringa oleifera* lectin (cMoL) as a bioinsecticidal tool with potential for the control of insects. *Process Biochemistry* 46 (2011) 498–504.
- Pritchard M., Craven T., Mkandawire T., Edmondson S., J.G. O'Neill G.J. (2010). A study of the parameters affecting the effectiveness of *Moringa oleifera* in drinking water purification. *Physics and Chemistry of the Earth* 35 (2010) 791–797.
- Rocha M.F.F., Dos Santos F.L., Dantas R.A.L., Francisco S.G., Teixeira B.S. (2017). Storage and oxidation stability of commercial biodiesel using *Moringa oleifera* Lam as an antioxidant additive. *Fuel* 203: 627-632.
- Nogueira B.R.S, Alencar S.J., Santos P.V., Castelo-Branco D.S.C.M., De Aguiar C.R., De Souza S.C.M., Neto P.M.A., Feitosa D.S.J.B., Costa S.J.J., Gadelha R.M.F. (2017). Research advances on the multiple uses of *Moringa oleifera*: A sustainable alternative for socially neglected population. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine* 10(7): 621-630.
- Velázquez-Zavala M., Peón-Escalante I. E., Zepeda-Bautista R., & Jiménez-Arellanes M. A. (2016). *Moringa (Moringa oleifera* Lam.): potential uses in agriculture, industry and medicine. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 22(2), 95-116. doi: 10.5154/r.rchsh.2015.07.018
- Sánchez-Peña Y.A., Martínez-Avila G.C.G, Sinagawa-García S.R, Vázquez-Rodríguez J.A. (2013). *Moringa oleifera*; Importancia, Funcionalidad y Estudios Involucrados. *Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila* 5(9): 25-30.
- Silva de Oliveira A.P., De Santana S.L.L., De Albuquerque L.T., Viana P.E., De Lima S.N.D., Barroso C.L.C.B., Do Amaral Ferraz N.D.M., Benedeta Z.R., Henrique N.T., Guedes P.P.M. (2016). Biotechnological value of *Moringa oleifera* seed cake as source of insecticidal lectin against *Aedes aegypti*. *Process Biochemistry* 51 (2016) 1683–1690.
- Sreelatha S., Jeyachitra A., Padma R.P. (2011). Antiproliferation and induction of apoptosis by *Moringa oleifera* leaf extract on human cancer cells. *Food and Chemical Toxicology* 49: 1270-1275.
- Yi Z., Fan, Z., Dan L., Jun W., Yichao Z., Bohn M. (2017). Optimization of formulation and processing of *Moringa oleifera* and spirulina complex tablets. *Saudi Journal of Biological Sciences* 24: 122-126.

Nutritional composition in leaves of 20 genotypes of *Moringa oleifera* Lam

Composición nutricional en hojas de 20 genotipos de *Moringa oleifera* Lam

Díaz-Fuentes, Víctor. H.^{1*}; Ruíz-Cruz, Pablo A.¹; Gálvez-Marroquín, Luis A.¹; Martínez-Valencia, Biaani B.¹; Nájera-Domínguez, Wendy¹

¹Campo Experimental Rosario Izapa. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Kilómetro 18. Carretera Tapachula-Cacahoatán. Tuxtla Chico, Chiapas. C. P. 30870. ²Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca-INIFAP. Melchor Ocampo No. 7, Santo Domingo Barrio Bajo, ETLA, Oaxaca. C. P. 68200.

*Autor para correspondencia: diaz.victor@inifap.gob.mx

ABSTRACT

Objective: Determine the nutritional composition of fresh and dehydrated leaves of 20 *Moringa oleifera* Lam genotypes.

Design/morphology/approach: The vegetative material was obtained from three-year-old trees of 20 genotypes of *Moringa oleifera*, established in the Experimental station Rosario Izapa of INIFAP. For the proximal analysis, the standardized methods recommended by national and international standards were used.

Results: The highest nutrient content was found in the dehydrated leaves, in which high average contents of crude protein were found (26.9 g/100g); calcium (2560.8 mg/100g); iron (12.5 mg/100g) and potassium (1976 mg/100g), as well as acceptable average crude fiber contents (9.5 g/100g); fat (5.7 g/100g); carbohydrates (42.9 g/100g); energy value (330.4 kcal/100g); zinc (4.9 mg/100g); sodium (95.1 mg/100g); magnesium (408.3 mg/100g) and phosphorus (271.6 mg/100g). The highest contents of crude protein, zinc, potassium and phosphorus, iron and calcium were registered in the genotypes RIMOR10 and RIMOR 6.

Limitations on the study/implications: It is necessary to validate the nutritional content of moringa leaves in other environmental conditions different from the study area.

Findings/conclusions: Dehydrated moringa leaves have a high content of crude protein, iron, calcium and potassium, as well as acceptable contents of crude fiber, fat, carbohydrates, energy value, zinc, sodium, magnesium and phosphorus, higher than other foods, so that its consumption is considered a viable alternative to complement the traditional diet to reduce the problem of malnutrition in Mexico.

Keywords: Nutritional facts, leaves.

RESUMEN

Objetivo: Determinar la composición nutricional de hojas frescas y deshidratadas de 20 genotipos de Moringa (*Moringa oleifera* Lam).



Diseño/metodología: El material vegetal se obtuvo de árboles de tres años de edad de 20 genotipos de *M. oleifera*, establecidos en el Campo Experimental Rosario Izapa del INIFAP. Para el análisis proximal se utilizaron los métodos estandarizados y recomendados por las normas nacionales e internacionales.

Resultados: El mayor contenido de nutrientes se encontró en las hojas deshidratadas, con contenidos promedio altos de proteína cruda (26.9 g/100g); calcio (2560.8 mg/100g); hierro (12.5 mg/100g) y potasio (1976 mg/100g), así como contenidos promedio aceptables de fibra cruda (9.5 g/100g); grasa (5.7 g/100g); carbohidratos (42.9 g/100g); valor energético (330.4 Kcal/100g); zinc (4.9 mg/100g); sodio (95.1 mg/100g); magnesio (408.3 mg/100g) y fósforo (271.6 mg/100g). Los mayores contenidos de proteína cruda, zinc, potasio y fósforo, hierro y calcio se registraron en los genotipos RIMOR 10 y RIMOR 6.

Limitaciones del estudio/implicaciones: Se considera necesario validar el contenido nutricional de hojas de moringa, en condiciones ambientales distintas a las del área de estudio.

Hallazgos/conclusiones: Las hojas deshidratadas de moringa poseen un alto contenido de proteína cruda, hierro, calcio y potasio, así como contenidos aceptables de fibra cruda, grasa, carbohidratos, valor energético, zinc, sodio, magnesio y fósforo, superior al de otros alimentos, por lo que su consumo se considera una alternativa viable como complemento de la dieta tradicional para reducir el problema de desnutrición en México.

Palabras clave: Valores nutricionales, hojas

humedad, cenizas, proteínas, fibra cruda, grasa, carbohidratos, hierro, zinc, sodio, potasio, magnesio, calcio, fósforo y calorías en las hojas frescas y deshidratadas. Los análisis se realizaron por triplicado.

Determinación del contenido de Humedad

Se basó en la norma NOM-116-SSA1-1994. Se pesaron 3 g de muestra en un crisol de porcelana con peso constante, y se colocaron en una estufa a $100 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 4 h. Posteriormente se enfriaron durante 1 h en el desecador y se pesaron en una balanza analítica. El valor obtenido se expresó en porcentaje.

Deshidratación de hojas

Las hojas correspondientes a cada muestra se deshidrataron en una estufa a $55 \text{ }^\circ\text{C}$, durante 72 h. Posteriormente fueron molidas en un molino de cuchillas tipo Wiley a un tamaño de partícula de 1 mm.

Determinación de cenizas

Se pesaron 3 g de muestra seca en un crisol de porcelana con peso constante. Posteriormente las muestras se carbonizaron en Parrilla e introdujeron en una mufla a $550 \pm 25 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 6 h para eliminar el contenido de materia orgánica. Después se enfriaron durante 2 h en un desecador y pesaron en balanza analítica (Norma NMX-F-607-NORMEX-2013). El valor obtenido se reporta en $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$.

Determinación de proteína cruda

Se realizó la digestión de la muestra utilizando 250 mg de ácido sulfúrico concentrado y mezcla de catalizadores a $400 \text{ }^\circ\text{C}$. Se realizó una destilación con hidróxido de sodio al 10 N y ácido bórico al 1%. Se tituló con solución de ácido sulfúrico 0.05 N. El contenido de proteínas

INTRODUCCIÓN

La moringa (*Moringa oleifera* Lam), es un árbol nativo de las estribaciones del sur de la cordillera de los Himalayas, en una franja que abarca el noreste de Pakistán, parte de Nepal, norte de la India y noroeste de Bangladesh (Olson y Fahey, 2011). En los últimos años su cultivo se ha incrementado en las áreas tropicales y subtropicales del mundo, debido a sus aplicaciones en la nutrición humana, la medicina e industria (Díaz *et al.*, 2015). En la actualidad, uno de los principales usos de la moringa es el consumo de su follaje con fines nutricionales, debido a que sus hojas frescas o deshidratadas constituyen una fuente excepcional de proteínas, minerales, vitaminas, así como de compuestos antioxidantes (Fuglie, 2001; Anwar *et al.*, 2005; Windépagnde *et al.*, 2011; Olson y Fahey, 2011). Con base en lo anterior, se evaluaron, mediante análisis proximal, hojas frescas y deshidratadas de 20 genotipos de moringa, para determinar su composición nutrimental.

MATERIALES Y MÉTODOS

El material vegetal se obtuvo de árboles de tres años de edad de 20 genotipos de *Moringa oleifera* Lam., del Campo Experimental Rosario Izapa, en Tuxtla Chico, Chiapas, México (Figura 1). Se recolectaron 2.0 kg de hojas frescas de cada árbol. Las muestras se envasaron en bolsas de papel y enviaron al Laboratorio para su análisis proximal. Se determinó el contenido de



Figura 1. Plantas adultas y hojas para proceso de *Moringa oleifera* Lam.

fue calculado con el factor de conversión 6.25 (Norma NMX-F-608-NORMEX-2011). El valor obtenido se reporta en $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$.

Determinación de fibra cruda

La digestión ácida-alcalina se realizó con digestor ANKOM, solución de ácido sulfúrico 0.255 N y solución de hidróxido de sodio 0.313 N, para eliminar proteínas, azúcares, almidón, lípidos y porciones de lignina. Se obtuvo 5% de residuo que constituye la fibra cruda. Posteriormente el residuo fue lavado con agua caliente y filtrado en crisol Gooch (Norma NMX-F-613-NORMEX-2003). El valor obtenido se reporta en $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$.

Determinación de contenido de aceite

Se pesaron 2 g de muestra seca colocadas en un cartucho y se introdujeron en un sistema de extracción tipo Soxhlet. Se agregó hexano como solvente. La extracción se realizó durante 7 h. Posteriormente, las muestras se secaron durante 4 h en una estufa a $55 \text{ }^\circ\text{C}$. Se enfriaron por 1 h en el desecador y se pesaron en una balanza calibrada, basados en la metodología descrita por la norma NMX-F-615-NORMEX-2004.

Determinación de carbohidratos

Los carbohidratos totales se determinaron por diferencia de $100 - (\% \text{ humedad} + \% \text{ cenizas} + \% \text{ proteína} + \% \text{ fibra} + \% \text{ aceite})$, datos que fueron tomados de los análisis que se realizaron anteriormente.

Determinación de calcio, magnesio, hierro, zinc, potasio, sodio, fósforo.

Se pesaron 500 mg de la muestra en un crisol de porcelana. Se colocaron en una mufla aumentando la temperatura hasta $500 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 2 h. Las muestras se sacaron, enfriaron a temperatura ambiente y se colocaron en un matraz volumétrico de 50 mL junto con 10 mL de solución de HCl. Para la determinación de calcio, magnesio, hierro, zinc, potasio y sodio se utilizó la metodología descrita por McKean (1993), que consistió en analizar el calcio, magnesio, hierro y zinc en espectrofotómetro de absorción atómica a 422.7 nm, 285.2 nm, 213.9 nm y 248.3 nm de longitud de

onda respectivamente. Para sodio y potasio se realizaron las mediciones por emisión en un espectrofotómetro de absorción atómica a 589.0 nm y 766.5 nm respectivamente. Para la determinación de fósforo se realizó una digestión colocando 250 mg de muestra en tubos de 50 ml y se agregaron 5 mL de muestra ácida (nitrato-perclórico 2:1). Se colocaron los tubos en un digestor a temperatura de $220 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 2 h. Se sacaron, enfriaron y mantuvieron en reposo hasta que la solución fue clara. Se tomaron 2 mL de muestra, 2 mL de patrón de fosfato y 18 mL de solución de trabajo para el desarrollo del color y colocaron en un tubo. Se mantuvieron en reposo durante 20 min. Las muestras se leyeron en espectrofotómetro a 660 nm de longitud de onda.

Determinación de calorías

Las muestras se colocaron en bomba calorimétrica y calentaron a temperatura constante en la cámara de reacción. Se midió el cambio en la temperatura del agua, para determinar la energía liberada por la muestra al ser quemada. Con dicho valor se determinaron las calorías de la muestra. El valor energético se expresó en kilocalorías. Los datos obtenidos del análisis proximal se analizaron

mediante estadística descriptiva por medio del SAS proc means (2003). Se calculó el valor promedio correspondiente a los 20 genotipos de moringa en evaluación y la desviación standard.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En todos los casos los contenidos de cenizas, proteína cruda, fibra cruda, grasa, carbohidratos, calorías y minerales (con excepción del sodio), fueron mayores en hojas deshidratadas que en hojas frescas (Cuadros 1 y 2) (Anward et al., 2005; Oduro et al., 2008; Windépagnde et al., 2011; Moyo et al., 2011; Garavito, 2008; Olson y Fahey, 2011; Offor et al., 2014; Díaz et al., 2015; Ogbey y John, 2011).

Los resultados obtenidos demuestran que las hojas deshidratadas de moringa poseen un alto contenido de proteína cruda, hierro, calcio y potasio, así como contenidos aceptables de fibra cruda, grasa, carbohidratos, valor energético, zinc, sodio, magnesio y fósforo. Como referente del alto valor nutricional de las hojas deshidratadas de moringa, se utilizan los contenidos nutrimentales de algunos de los alimentos comunes reportados por el Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP, 2012). En lo que respecta a proteínas, el contenido es superior al del frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.) (22.7 g 100 g⁻¹) y huevo de gallina (12.58 g 100 g⁻¹) y, relativamente

menor al de la leche descremada en polvo (36.16 g 100 g⁻¹). En lo concerniente a hierro, el contenido es mayor al del frijol negro (7.10 g 100 g⁻¹) y lenteja (*Lens culinaris* Mediki) (7.54 g 100 g⁻¹) y formulas infantiles comerciales enriquecidas con dicho mineral (7.80 a 9.50 mg 100 g⁻¹). En calcio el contenido es superior al de la leche de vaca descremada en polvo (1,257 g 100 g⁻¹) y formulas infantiles comerciales (320 a 920 mg 100 g⁻¹). En potasio, el contenido es mayor al de la leche de vaca descremada en polvo (1794 mg 100 g⁻¹), frijol soya (*Glycine max* L.) (1797 mg 100 g⁻¹), lenteja (955 mg 100 g⁻¹) y plátano maduro (*Musa paradisiaca* L.) (499 mg 100 g⁻¹).

Cuadro 1. Contenido de humedad, cenizas, proteína cruda, fibra cruda, grasa, carbohidratos y valor energético en hojas frescas (HF) y hojas deshidratadas (HD) de 20 genotipos de moringa *Moringa oleifera* Lam.

Genotipo	Humedad (g 100g ⁻¹)		Cenizas (g 100g ⁻¹)		Proteína cruda (g 100g ⁻¹)		Fibra cruda (g 100g ⁻¹)		Grasa (g 100g ⁻¹)		Carbohidratos (g 100g ⁻¹)		Valor energético (kcal)	
	HF	HD	HF	HD	HF	HD	HF	HD	HF	HD	HF	HD	HF	HD
RIMOR 1	77.6	4.9	2.2	7.9	6.1	24.5	1.2	6.4	0.9	4.3	11.8	52.0	79.9	344.8
RIMOR 2	74.9	6.6	3.1	8.0	6.5	26.2	1.6	7.2	1.1	4.1	12.7	48.0	86.7	333.1
RIMOR 3	73.4	6.4	2.0	7.5	9.2	24.9	1.6	7.5	1.1	4.4	12.6	49.4	97.5	336.3
RIMOR 4	74.2	5.6	2.9	10.4	6.7	24.3	1.6	10.8	1.4	7.5	13.2	41.4	92.2	329.9
RIMOR 5	74.1	6.3	2.3	8.2	6.5	27.6	1.9	7.6	1.2	4.2	14.0	46.0	92.7	332.6
RIMOR 6	75.9	5	2.9	11.1	7.1	25.9	0.8	9.8	0.9	5.3	12.4	42.9	85.4	322.6
RIMOR 7	74.9	3.9	2.6	9.9	6.3	30.1	0.7	11.5	1.5	7.0	13.9	37.6	93.9	333.4
RIMOR 8	73.8	4.7	2.0	7.9	7.0	26.5	1.2	6.7	1.0	4.0	14.9	50.0	96.8	342.5
RIMOR 9	75.3	3.1	2.5	9.1	7.6	29.8	0.7	11.3	1.6	8.2	12.2	38.4	94.0	346.4
RIMOR 10	75	4.8	2.5	8.0	5.5	30.1	0.8	11.0	1.1	4.7	14.9	41.3	91.9	328.2
RIMOR 11	73.5	6.4	2.5	10.0	6.7	24.0	0.8	11.7	1.7	6.3	14.7	41.6	100.8	319.0
RIMOR 12	73	5.8	3.0	8.2	6.2	27.7	0.9	9.1	0.8	4.8	16.1	44.3	96.4	331.0
RIMOR 13	71.8	6	2.8	7.6	5.4	29.4	1.5	8.9	1.1	5.3	17.4	42.9	100.9	336.2
RIMOR 14	72.5	6.5	2.9	7.4	6.5	29.0	1.3	8.6	1.2	5.7	15.6	42.8	99.1	338.3
RIMOR 15	68.9	5.7	3.0	10.9	7.8	25.7	1.0	8.8	1.1	6.2	18.2	42.7	113.8	329.1
RIMOR 16	70.1	5.4	3.1	10.3	7.5	27.3	0.8	11.6	1.3	8.7	17.1	36.6	110.0	334.1
RIMOR 17	71.6	5.6	3.3	11.2	7.2	23.5	1.2	13.8	1.3	6.4	15.3	39.6	101.8	309.6
RIMOR 18	71.9	6.6	3.3	11.5	6.2	26.2	1.0	9.3	1.1	5.5	16.4	40.9	100.5	317.7
RIMOR 19	76.6	7.1	2.4	10.6	6.6	28.3	1.1	10.0	1.3	5.1	12.0	38.9	86.0	314.8
RIMOR 20	75.6	7.2	2.6	10.4	7.2	27.2	1.1	7.9	1.4	6.2	12.0	41.1	89.2	329.2
Promedio	73.7	5.7	2.7	9.3	6.8	26.9	1.1	9.5	1.2	5.7	14.4	42.9	95.5	330.4
Desv. Standard	2.1	1	0.4	1.4	0.9	2.1	0.3	2.0	0.2	1.4	2.0	4.2	8.2	9.8

Cuadro 2. Contenido de minerales en 20 genotipos de moringa *Moringa oleifera* Lam.

Genotipo	Hierro (mg 100g ⁻¹)		Zinc (mg 100g ⁻¹)		Sodio (mg 100g ⁻¹)		Potasio (mg 100g ⁻¹)		Magnesio (mg 100g ⁻¹)		Calcio (mg 100g ⁻¹)		Fósforo (mg 100g ⁻¹)	
	HF	HD	HF	HD	HF	HD	HF	HD	HF	HD	HF	HD	HF	HD
RIMOR 1	10.3	13.9	1.9	4.6	153.4	70.0	492.3	2046.1	216.8	413.0	1312.5	2192.3	35.8	239.9
RIMOR 2	6.4	8.8	1.5	5.8	80.4	93.0	542.3	2081.3	214.5	382.8	1586.1	2133.6	35.3	250.3
RIMOR 3	3.7	12.2	2.2	5.3	101.2	94.4	547.9	2066.1	177.5	419.9	1572.4	2119.7	49.7	245.1
RIMOR 4	5.1	11.5	1.8	5.2	101.8	146.0	533.5	1945.9	201.9	380.4	1889.0	3249.4	37.5	234.7
RIMOR 5	4	10.1	2.1	4.8	84.4	112.3	537.6	2132.1	169.8	463.1	1148.1	2509.2	51.3	294.3
RIMOR 6	3.8	18.7	2.1	5.3	76.4	85.0	550.6	1902.0	199.2	351.9	1813.9	3436.9	50.7	260.6
RIMOR 7	4.6	13.6	1.8	4.3	90.0	68.0	478.1	1871.0	179.9	344.4	2120.7	2768.8	30.9	265.8
RIMOR 8	2.9	16.6	1.9	4.0	93.3	102.2	575.5	1627.4	206.1	420.0	1940.1	2542.9	46.4	198.4
RIMOR 9	3.8	13.2	2.0	5.4	138.5	78.6	468.5	1691.1	204.9	441.8	1406.4	2921.8	38.5	260.6
RIMOR 10	4.9	11.9	2.0	5.6	95.7	81.6	503.6	2313.3	217.5	278.0	1540.4	1991.3	56.4	369.4
RIMOR 11	5.4	12.4	2.2	4.5	133.3	126.9	623.0	2148.8	192.4	401.9	1090.3	2847.7	58.5	245.1
RIMOR 12	5.9	10.9	2.4	4.7	87.1	87.8	601.5	2213.5	262.1	289.8	1645.1	2120.3	53.7	193.3
RIMOR 13	5.3	8.8	1.8	5.4	94.5	80.2	600.6	2257.6	220.6	297.7	1246.8	1871.8	60.0	359.1
RIMOR 14	5.8	9.8	2.2	5.0	98.6	93.9	599.5	2018.0	240.6	249.4	1554.2	1755.5	30.8	322.8
RIMOR 15	5.9	16.6	2.1	5.0	72.4	107.7	528.0	1813.2	277.1	413.0	1415.8	3012.8	74.3	278.8
RIMOR 16	9.9	13.7	2.9	4.1	87.0	99.6	530.6	1908.9	272.9	432.3	1436.3	2783.4	78.6	276.2
RIMOR 17	6.3	12	3.2	4.6	100.5	113.0	482.0	1849.8	303.8	554.6	2019.7	3305.2	65.4	255.4
RIMOR 18	5.3	10.6	2.1	5.3	76.7	110.2	522.0	1686.8	288.7	733.1	1652.4	3307.5	74.6	276.2
RIMOR 19	3.8	9.9	2.4	4.8	98.1	73.2	481.4	2106.4	224.3	451.6	1322.9	1708.4	64.4	307.3
RIMOR 20	4.2	18.3	3.0	5.1	81.2	78.9	434.4	1840.5	254.7	447.2	1429.7	2637.9	55.1	299.5
Promedio	5.5	12.5	2.2	4.9	97.2	95.1	531.6	1976.0	226.3	408.3	1557.1	2560.8	52.4	271.6
Desv. Standard	2.4	2.9	0.4	0.5	20.8	19.5	49.5	189.2	37.7	103.1	277.7	536.3	14.2	44.0

En lo que respecta al contenido de proteína cruda, se destaca el hecho de que aún y cuando otras plantas poseen altos contenidos de proteínas, estas se encuentran principalmente en sus frutos (como es el caso de las leguminosas), mientras que, en moringa, la mayor concentración se encuentra en el follaje, mismo que se encuentra disponible prácticamente en cualquier época (Olson y Fahey, 2011). Por otra parte, el contenido de calcio es tan alto que el consumo de las hojas secas constituye una importante aportación del mismo a la dieta humana, casi equiparable a la aportación que se obtiene con el consumo de leche en polvo, cuyo contenido es de 13 mg g⁻¹ de calcio.

De acuerdo con lo anterior, y como es destacado por Olson y Fahey (2011), la harina del follaje de moringa puede equipararse en el contenido de proteína y calcio con el de la leche en polvo, a un costo de producción notablemente más bajo que la leche.

Genotipos sobresalientes por contenido de nutrientes y minerales

Para fines de nutrición humana, por su alto contenido de nutrientes y minerales en hojas deshidratadas, destacan los genotipos RIMOR 10 (proteína cruda, zinc, potasio y fósforo) y el genotipo RIMOR 6 (hierro y calcio) (Cuadro 3).

CONCLUSIONES

Las hojas deshidratadas de moringa poseen un alto contenido de proteína cruda, hierro, calcio y potasio, así como contenidos aceptables de fibra cruda, grasa, carbohidratos, valor energético, zinc, sodio, magnesio y fósforo. Dicho contenido nutricional es en algunos casos, superior al de otros alimentos, por lo que su consumo se considera una alternativa viable como complemento de la dieta tradicional.

Cuadro 3. Genotipos de moringa con mayor contenido de nutrientes y minerales en hojas deshidratadas.

Variable	Genotipo	Contenido de nutriente
Proteína cruda	RIMOR 10	30.1 g 100 g ⁻¹
Fibra cruda	RIMOR 17	13.8 g 100 g ⁻¹
Grasa	RIMOR 16	8.7 g 100 g ⁻¹
Carbohidratos	RIMOR 1	52.0 g 100 g ⁻¹
Calorías	RIMOR 9	346.4 kcal 100g ⁻¹
Hierro	RIMOR 6	18.7 mg 100 g ⁻¹
Zinc	RIMOR 10	5.6 mg 100 g ⁻¹
Sodio	RIMOR 4	146.0 mg 100 g ⁻¹
Potasio	RIMOR 10	2313.3 mg 100 g ⁻¹
Magnesio	RIMOR 18	733.1 mg 100 g ⁻¹
Calcio	RIMOR 6	3436.9 mg 100 g ⁻¹
Fósforo	RIMOR 10	369.4 mg 100 g ⁻¹

LITERATURA CITADA

- Anwar, F., Ashraf, M. & Bhanger, M.I. (2005). Interprovenance variation in the composition of *Moringa oleifera* oilseeds from Pakistan. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 82: 45.
- Díaz-Fuentes, V. H., Avendaño-Arrazate C. H., Reyes-Reyes A. L. (2015). *Moringa (Moringa oleifera Lam.)* Diversidad en México. INIFAP. Campo Experimental Rosario Izapa. Folleto Técnico Número 35. Tapachula, Chiapas, México. 67 p.
- Fuglie, L. J. (2001). Combating malnutrition with Moringa. In: The miracle tree: the multiple attributes of Moringa. (Ed. L.J. Fuglie). CTA Publication. Wageningen, The Netherlands. 117 pp.
- Garavito, U. (2008). *Moringa oleifera*, alimento ecológico para ganado vacuno, porcino, equino, aves y peces, para alimentación humana, también para producción de etanol y biodiesel. Febrero de 2018. http://www.engormix.com/moringa_oleifera_alimento_ecologico_s_articulos_1891_AGR.htm
- Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (2012). Tabla de composición de alimentos de Centroamérica. Recuperado de <http://www.incap.int/mesocaribefoods/dmdocuments/>
- McKean, S. J. (1993). Manual de Análisis de suelo y Tejido vegetal. 1er. Ed. Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 103 p.
- Moyo, B., Masika, P. J., Hugo, A., Muchenje, V. (2011). Nutritional characterization of Moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaves. *African Journal of Biotechnology*, 10(60), 12925-12933.
- Norma Oficial Mexicana. NOM-116-SSA1-1994. Determinación de humedad en alimentos por tratamiento térmico, mediante método por arena o gasa.
- Norma Oficial Mexicana. NMX-F-613-NORMEX-2003. Determinación de fibra cruda en alimentos.
- Norma Oficial Mexicana. NMX-F-615-NORMEX-2004. Determinación de extracto etéreo (método Soxhlet) en alimentos.
- Norma Oficial Mexicana. NMX-F-608-NORMEX-2011. Determinación de proteínas en alimentos.
- Norma Oficial Mexicana. NMX-f-607-NORMEX-2013. Determinación de cenizas en alimentos.
- Oduro, I., Ellis, W.O., Owusu, D. (2008). Nutritional potential of two leafy vegetables: *Moringa oleifera* and *Ipomoea batata* leaves. *Scientific Research and Essay* 3(2): 57-60. Recuperado de <http://www.academicjournals.org/SRE>
- Offor, I. F., Ehiri, R. C., Njoku, C. N. (2014). Proximate Nutritional Analysis and Heavy Metal Composition of Dried *Moringa oleifera* Leaves from Oshiri Onicha L.G.A, Ebonyi State, Nigeria. *Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*, 8(1), 57-62.
- Ogbe, A. O., John, P. A. (2011). Proximate study, mineral and anti-nutrient composition of *Moringa oleifera* leaves and potential benefits in poultry nutrition and health. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Science*, 1(3), 296-308.
- Olson, M. E., Fahey, J. W. (2011). *Moringa oleifera*: un árbol multiusos para las zonas tropicales secas. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82(4), 1071-1082.
- Windépagnde, Y. C., Daba, B. M., Savadogo, A., Augustin, N. P., Alfred, T. S. (2011). Determination of chemical composition and nutritional values of *Moringa oleifera* leaves. *Pakistan Journal of Nutrition*, 10(3), 264-268.



Who gets the biggest profits in the commercialization of vanilla (*Vanilla planifolia* J.) in Papantla, Veracruz?: Producers or intermediaries

¿Quién obtiene las mayores ganancias en la comercialización de vainilla (*Vanilla planifolia* J.) en Papantla, Veracruz?: productores o intermediarios

Méndez-Cortés, Vianeth¹; García-Salazar, José A.^{1*}, Ramírez-Jaspeado, Rocío¹; Mora-Flores, José S.¹

¹Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Programa de Socioeconomía, Estadística e Informática-Economía. Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. CP 56230.

*Autor de correspondencia: jsalazar@colpos.mx

ABSTRACT

Objective: In order to determine the contribution of each agent in the benefits obtained in marketing of the vanilla (*Vanilla planifolia* J.) at Papantla, Veracruz, Mexico, it was calculated the commercialization margin in the following channels: green vanilla producer to curing vanilla consumer (channel 1) and green vanilla producer to extract vanilla consumer (channel 2).

Methodology: Processing coefficients of green vanilla to curing vanilla and extract of vanilla and sales prices in the cycle 2014 were used to calculate absolute and relative commercialization margins.

Results: The results indicate that in channel 1 the relative margins were 40% for the green vanilla producer, 10% for the broker, 42.0% for the collector and 8% for the retailer. In channel 2 the relative margins were 15.4% for the green vanilla producer, 3.8% for the intermediary, 16.2% for the collector and vanilla curer, 3.1% for the retailer, 53.8% for the extract collector of vanilla and 7.7% % for the extract retailer.

Implications: Previous margins indicate that the greatest value is generated in the curing and transformation of vanilla, therefore it is recommended to promote policies to add value to green vanilla.

Conclusions: All agents that participated in the vanilla marketing channel obtained profits, although this is significantly higher for agents that transform vanilla (producers of curing vanilla and extract of vanilla).

Palabras clave: vanillina, marketing chanel, marketing margin.

RESUMEN

Objetivo: Para determinar la participación de cada agente en los beneficios obtenidos en la comercialización de vainilla (*Vanilla planifolia* J.) en Papantla, Veracruz, México, se calcularon los márgenes en los siguientes canales: productor de vainilla verde a consumidor de vainilla beneficiada (canal 1), y productor de vainilla verde a consumidor de extracto de vainilla (canal 2).

Metodología: Se usaron coeficientes de transformación de vainilla verde a beneficiada y extracto y precios de venta en el ciclo 2014 para calcular los márgenes absolutos y relativos.

Resultados: En el canal 1 el margen fue de 40% para el productor de vainilla verde, 10% para el intermediario, 42.0% para el acopiador (beneficiador) y 8% para el detallista. En el canal 2 los márgenes relativos fueron 15.4% para el productor de vainilla verde, 3.8% para el intermediario, 16.2% para el acopiador y beneficiador de vainilla, 3.1% para el detallista, 53.8% para el acopiador de extracto de vainilla y de 7.7% para el detallista de extracto.

Implicaciones: Los márgenes anteriores indican que el mayor valor se genera en el beneficio y transformación de vainilla, de ahí la recomendación promover las medidas necesarias para agregar valor a la vainilla verde.

Agroproductividad: Vol. 12, Núm. 9, septiembre. 2019. pp: 35-40.

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



Conclusiones: Todos los agentes que participan en el canal de comercialización de vainilla obtuvieron un margen de ganancia, aunque ésta fue sensiblemente mayor para los agentes que transforman la vainilla (productores de vainilla beneficiada y extracto de vainilla).

Palabras clave: vainilla, canal de comercialización, márgenes de comercialización.

INTRODUCCIÓN

Por su aroma, la vainilla (*Vanilla planifolia* J.) es la especie más cara solo después del azafrán (*Crocus sativus* L.) (Cid-Pérez y López-Malo, 2011). La vainilla es el ingrediente más utilizado como saborizante (González-Chávez *et al.*, 2018) y su consumo se ha incrementado. Datos de la FAO (2018) indican que en 2016 la producción mundial de vainilla ascendió a 8.8 miles de t, de la cual 82% se destinó al intercambio comercial. Los principales países importadores fueron los EE.UU. (22 %) y Francia (12 %) (10 %), y los principales exportadores fueron Madagascar (30%) e Indonesia (11%). México ocupa el lugar 19 como exportador (Ibarra-Cantún *et al.*, 2018) y las exportaciones de vainilla presentan una tendencia negativa desde 2013. La producción nacional de vainilla alcanza las 515 t (SIAP, 2018), de las cuales el mercado nacional demanda el 94% (SAGARPA, 2017). La producción de vainilla se concentra en la región del Totonacapan (Puebla y Veracruz), que es el centro de comercialización más grande de este producto en México, (Barrera-Rodríguez *et al.*, 2011), siendo este último el que aportó mayor volumen de producción en 2017, representado por Papantla quién desde 2013 aportó, en promedio, 154 t, lo que representa cerca del 40% de la producción nacional. A este municipio le siguen los municipios de Gutiérrez Zamora, Tecolutla, Cazones de Herrera y Tihuatlán, los cuales suman 70% de la producción nacional (SIAP, 2018). A pesar de ser uno de los principales productores, Papantla presenta importantes problemas de rentabilidad para el productor, mismo que se observa en una reducción de la superficie cultivada (SIAP, 2018); de 2014 a 2017 el SIAP reporta una superficie cultivada de alrededor de 349 ha.

Un problema en la producción de vainilla es la variabilidad de las condiciones climáticas que no han permitido tener la producción esperada (Barrera-Rodríguez *et al.*, 2009). Hernández-Miranda *et al.* (2018), indican que la temperatura y estrés hídrico está relacionada con la caída del fruto. Otro factor que limita la productividad en vainilla es la poca tecnología (Soto-Arenas, 2006) que permitan la adecuación a los cambios climáticos. El sistema de producción es 90% tradicional (SAGARPA, 2012) y es un arreglo forestal con tutores vivos (Ibarra-Cantún *et al.*, 2018; Barrera-Rodríguez *et al.*, 2011). El Consejo Estatal de Productores de Vainilla, indica que alrededor de 1500 campesinos no tienen asesoría técnica ni las herramientas para combatir el cambio climático (Tierra Fértil Multimedia Agropecuaria, 2017). Los sistemas de producción de vainilla están en transición a una forma intensiva (Hernández y Lubinsky, 2011) y sombra artificial, y su establecimiento requiere de acceso a insumos externos y capital (Barrera-Rodríguez *et al.*, 2009). La implementación de nuevas tecnologías se refleja en el incremento de los rendimientos que el municipio ha alcanzado (600 kg por ha). La edad de los productores puede influir fuertemente en la transición de un sistema a otro, según la Encuesta

Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE) los trabajadores agrícolas en el estado de Veracruz representan el 12.8%, y del total, 60% tiene entre 40-60 años (INEGI, 2018).

Los costos de producción son otro factor que merma la rentabilidad de vainilla. Rocha-Flores *et al.* (2018) mencionan que los costos son elevados por la polinización manual; desmotivando a los productores (Hipólito, 2011). Aunado a esto, la vainilla sintética competidor del extracto de vainilla natural, representa una competencia desleal con precios más bajos (SAGARPA, 2012). Bermúdez-Avendaño y Treviño-Treviño (2015) indican que el precio de la vainilla sintética es una tercera parte del precio de la natural; por ello, los productores se ven obligados a realizar otras actividades (Jaramillo *et al.*, 2012).

La mayor parte de la vainilla que se comercializa en México es en verde (FND, 2017); y según Barrera-Rodríguez *et al.* (2011), la producción se realiza en pequeñas parcelas, alejadas de las comunidades con volúmenes menores a los requeridos por los beneficiadores; lo que hace necesario la presencia de acopiadores, que tienen la función de concentrar los volúmenes y transportarlos (ASERCA, 2002). Los acopiadores obtienen importantes ganancias en la concentración y movilización del producto y los beneficiadores igual (Xochipa-Morante *et al.*, 2016). Considerando la importancia del problema, este trabajo tuvo por objetivo calcular los márgenes de comercialización de los agentes que intervienen en la comercialización de vainilla y determinar la tasa de ganancia obtenida por cada uno. Por el poder de cada agente en la comercialización, se espera que el

agente con mayor participación en el precio final del producto sea aquel que lleva a cabo la transformación del producto.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el municipio de Papantla, Veracruz, México, el cual tiene una superficie de 1,459 km², 376 comunidades y 166 mil habitantes (INEGI, 2017). Papantla se ubica a una altitud entre 10 y 300 m. La encuesta levantada consideró un muestreo por conveniencia y basados en Aguilar-Barojas (2005), el tamaño de la muestra se determinó a través de la siguiente fórmula:

$$n = \frac{(p)(q)(N)(z^2)}{E^2(N-1) + z^2(p)(q)}$$

$$= \frac{(0.50)(0.50)(280)(1.645^2)}{0.10^2(280-1) + 1.645^2(0.50)(0.50)} = 52 \text{ entrevistas}$$

1)

dónde: N es la población total del área de estudio de 280 productores de vainilla; n es el tamaño de la muestra; p es el porcentaje estimado de variabilidad positiva (50 %); q (igual a $100-p$) es la variabilidad negativa; E es el error o precisión de estimación permitido (0.10) y; Z es el nivel de confianza (Z de tablas igual a 1.645).

El universo del estudio correspondió a 280 productores, y se aplicaron 44 encuestas a productores, seis a tiendas artesanales y dos acopiadores, agentes ubicados en el municipio de Papantla. Para alcanzar el objetivo de la investigación se calculó del margen de comercialización absoluto y relativo. Considerando i agentes en el canal 1 y j agentes en el canal 2, los márgenes absolutos se calcularon con las siguientes fórmulas:

$$MCA_i = PV_i - PC_i \times CT_1 \quad 2)$$

$$MCA_j = PV_j - PC_j \times CT_1 \quad 3)$$

Dónde: MCA_i es el margen de comercialización absoluto de i ; PV_i es el precio de venta de i ; PC_i es el precio de compra de i ; CT_1 es el coeficiente de transformación de vainilla verde a vainilla beneficiada; MCA_j es el margen de comercialización absoluto de j ; PV_j es el precio de venta de j ; PC_j es el precio de compra de j ; CT_2 es el coeficiente de transformación de vainilla verde a extracto de vainilla.

Los márgenes relativos y la ganancia unitaria se obtuvieron de la siguiente manera:

$$MCR_i = \frac{MCA_i}{PFI} \quad 4)$$

$$MCR_j = \frac{MCA_j}{PF_j} \quad 5)$$

$$GU_i = PV_i - CME_i \quad 6)$$

$$GU_j = PV_j - CME_j \quad 7)$$

Dónde: MCR_i es el margen de comercialización relativo de i ; PFI es el precio final al consumidor en el canal 1; MCR_j es el margen de comercialización relativo de j ; PF_j es el precio final al consumidor en el canal 2; GU_i y GU_j es la ganancia unitaria de i y j ; CME_i y CME_j es el costo medio de producción de los agentes i y j .

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En 2015 23% de los productores de vainilla se ubicó en San Lorenzo, comunidad ubicada cerca de la zona arqueológica de Tajín, donde acuden turistas para conocer las costumbres indígenas de la región, dentro de las cuales destaca la venta y promoción de la vainilla. Le siguen Cuyuxquihui (con 18%), Primero de Mayo (16%), Pueblillo y Riva Palacio con 14% cada uno. Los 43 productores entrevistados reportaron un rango de edad de 39 a 68 años, y 53 años en promedio, lo que refleja que la mayoría de los productores son cercanos a la tercera edad. La producción de vainilla sigue en la mayoría de los entrevistados por mantener la tradición pues refleja su cultura. En promedio, los productores más jóvenes llevan dedicándose al cultivo 24 años, en tanto que los de edad más avanzada llevan hasta 55 años. La superficie dedicada a la producción de vainilla es de 0.25 a 3.5 ha, con un valor más frecuente de 0.5 ha. En el año de la encuesta los productores recibieron esquejes de vainilla para plantar; sin embargo, por el bajo precio, estos optaron por sembrar otros cultivos (Cuadro 1).

El 44% de los productores señalan estar en la Organización de Productores Vainilleros de la zona norte del estado y manifestaron que el trabajo en equipo los motiva seguir plantando vainilla, ya que reciben capacitación para mantenimiento de la planta y polinización. El líder de la organización junto con los productores, enfrentan a grandes acaparadores de vainilla. El objetivo de pertenecer a la organización es dar un valor agregado al

producto. La vainilla en verde se lleva al centro de acopio, perteneciente a la organización, meses después la benefician y el pago lo reciben gradualmente conforme sale el producto al mercado. Esta acción impide vender el producto a bajo precio, ya que los productores son libres de elegir al mayorista. La organización cuenta con su propia marca colectiva y los ha llevado, incluso, a vender vainilla a otros países. La organización cuenta con un comité de trabajo y las comunidades tienen un representante que asiste a las reuniones cada mes o cuando hay alguna capacitación o información para ellos.

Antes de la fecha de corte se reúnen para acordar el precio y no vender a valores inferiores del precio acordado, sino al contrario, vender a un precio más elevado. El 56% de los productores señalan no están adscritos a ninguna organización y la mayoría vende la vainilla verde a los intermediarios, desde antes de la cosecha y a precios bajos. El 10% de los productores vende su vainilla beneficiada en ferias y mercado de la zona, el 5% hace artesanías, y consideran que es mejor trabajar solos que en grupo, por las malas experiencias que han tenido.

En la comercialización de la vainilla en Papantla el principal centro de acopio es la empresa Gaya, la cual tiene la mayor parte del mercado nacional e internacional, y se localiza en el municipio de Gutiérrez Zamora, es líder en productos naturales de vainilla, cuenta con infraestructura para el beneficiado y acopio, con ranchos productores de vainilla orgánica, maneja una estructura organizacional para cada actividad a realizar, y acaparan la vainilla de comunidades cercanas siem-

Cuadro 1. Número de productores, edad y años dedicados a la actividad por comunidad.

Comunidad	Productores %		Edad promedio	Años promedio dedicados a la actividad
Primero de Mayo	7	16	60	40
San Lorenzo	10	23	48	26
Cuyuxquihui	8	19	59	32
San Antonio Ojital	2	5	39	25
Riva Palacio	6	14	49	25
Pueblillo	6	14	50	24
Nuevo Ojital	2	5	68	55
Isla de San Juan Rosas	2	5	51	42
Total	43	100	53	34

pre y cuando cumplan con los requisitos de calidad. Además de esta empresa, existen acopiadores que en muchas ocasiones compran la vainilla antes de la cosecha.

En la comercialización se pueden distinguir dos canales. En el canal 1, que va de productor de vainilla verde al consumidor de vainilla beneficiada (vainilla seca), los agentes son: productor de vainilla, intermediario, acopiador (es quién realiza el beneficio o secado de la vainilla verde), detallista y consumidor final. Además de estos agentes, en el canal 2 (que va del productor de vainilla en verde al consumidor de extracto de vainilla) los agentes son: acopiador de vainilla seca (quién obtiene el extracto de vainilla), detallista de extracto y consumidor final de vainilla.

La vainilla de Papantla se destina en su totalidad a los intermediarios que la distribuyen al mercado; a la fecha son pocos los productores que le dan ese valor agregado. El incremento en el margen de comercialización depende de las utilidades que se añaden al producto en cada fase del proceso y al número de intermediarios. La información usada para calcular los márgenes de comercialización fueron coeficientes de transformación y diferentes niveles de precios (Cuadro 2).

En el canal 1, los precios de venta del productor, intermediario, acopiador (beneficiador) y detallista fue de \$200, \$250, \$2,300 y \$2,500 pesos por kg; conviene mencionar que los dos primeros agentes venden vainilla verde y los dos últimos vainilla seca. Dichos precios determinaron un margen de comercialización absoluto de \$50.00 pesos por kg para el intermediario, de \$1,050.00 pesos por kg para el acopiador (beneficiador) y de \$200.00 pesos por kg para el detallista. El margen de comercialización relativo fue de 10% para el intermediario, de 42% para el beneficiador y 8% para el detallista; el precio que recibió el productor representó 40% del producto final pagado por el consumidor. Los resultados anteriores indican que el valor agregado se genera en la etapa de industrialización del producto, este resultado es similar al encontrado por Hernández *et al.* (2011).

En el canal de comercialización 2, los precios de venta para el productor, intermediario, acopiador (beneficiador) y detallista fueron los mismos que

en el canal 1, de \$200, \$250, \$2,300 y \$2,500 pesos por kg, respectivamente. Los precios de venta del acopiador (agente que produce extracto de vainilla) y del detallista de extracto fueron \$1,200.00 y \$1,300.00 pesos por litro respectivamente. Dichos precios determinaron un margen de comercialización de \$700.00 pesos por litro para el acopiador de extracto y \$100.00 pesos por litro para el detallista de extracto. El margen de comercialización relativo fue de sólo 3.8% para el intermediario de vainilla verde, 16.2% para el beneficiador, 3.1% para el detallista de vainilla beneficiada, 53.8% para el acopiador de extracto (industria) y 7.7% para el detallista de extracto.

Los resultados anteriores indican nuevamente que el mayor valor agregado se genera en la etapa de industrialización del producto, y es similar a lo reportado por Oliveros y Pérez, (2013).

En el canal 2, el precio que recibe el productor representó 15.4% del precio final pagado por el consumidor de extracto de vainilla. Se obtiene una menor participación en el precio final en relación al observado en el canal 1 por las siguientes razones: el número de agentes participantes en el canal aumentó de 5 a 7; el precio pagado por el consumidor de extracto es más alto en relación al precio de la vainilla beneficiada. Este resultado es similar al encontrado por Bermúdez-Avendaño y Treviño-Treviño (2015).

El Cuadro 2 presenta el precio, el costo medio y margen de ganancia que recibe cada uno de los agentes que participan en la comercialización. El precio que recibe cada agente es mayor al costo medio, y la mayor ganancia la obtienen los beneficiadores de vainilla seca (\$758.00 pesos por kg en el canal 1) y los acopiadores o productores de extracto (\$595.00 pesos por litro en el canal 2). El margen de ganancia relativo (ganancia sobre el precio de venta) fue de 47.2% para el productor de vainilla verde; de 18.1% para el intermediario de vainilla verde; de 33.0% para el acopiador-beneficiador; de 6.1% para el detallista de vainilla beneficiada; de 49.6% para el acopiador de extracto y 7.1% para el detallista de extracto. Estos resultados indican que las actividades son competitivas a lo largo de canal de comercialización de la vainilla. Este resultado es similar al encontrado por Jaramillo et al. (2012).

CONCLUSIONES

Los mayores márgenes de comercialización correspondieron al beneficiador y productor de extracto de vainilla, lo cual indica que el mayor valor de los productos agrícolas se obtiene en la transformación del producto. El precio que recibe el productor de vainilla verde representó dos quintas partes del precio final pagado por el consumidor de vainilla beneficiada y disminuyó a poco más del 15% en el canal que va del productor de vainilla verde al consumidor de extracto de vainilla; esto indica

Cuadro 2. Márgenes de comercialización de 1 kg de vainilla beneficiada.

Agente	Vainilla (kg)	Unidad	Precio		Margen		Porcentaje %	Costo	Ganancia	%
			compra	venta	Absoluto	Relativo		precio final		
			Pesos (\$) por kg		%			Pesos (\$) por kg		
Margen de comercialización 1 (Vainilla verde-vainilla beneficiada)										
Productor	Verde	5		1,000			40.0	529	472	47.2
Intermediario	Verde	5	1,000	1,250	250	10.0	10.0	1,024	226	18.1
Beneficio	Beneficiada	1	1,250	2,300	1,050	42.0	42.0	1,542	758	33.0
Detallista	Beneficiada	1	2,300	2,500	200	8.0	8.0	2,347	153	6.1
Consumidor	Beneficiada	1	2,500							
					1,500	60.0	100.0			
Margen de comercialización 2 (Vainilla verde-extracto de vainilla)										
Productor	Verde	1		200			15.4	106	94	47.2
Intermediario	Verde	1	200	250	50	3.8	3.8	205	45	18.1
Beneficio-Acopiador	Beneficiada	0.2	250	460	210	16.2	16.2	1,542	758	33.0
Detallista	Beneficiada	0.2	460	500	40	3.1	3.1	2,347	153	6.1
Industria	Extracto (L)	1	500	1,200	700	53.8	53.8	595	605	50.4
Detallista	Extracto (L)	1	1,200	1,300	100	7.7	7.7	1,208	92	7.1
Consumidor	Extracto (L)	1	1,300							
Margen total				4,000	84.6	100.0				

que a medida que aparecen nuevos agentes de comercialización el productor se queda con menor porcentaje del precio pagado por el consumidor. La ganancia unitaria fue positiva para todos los agentes que participan en el canal de comercialización de vainilla y es mayor para los agentes que transforman la vainilla, tales como los productores de vainilla beneficiada y extracto.

LITERATURA CITADA

- Aguilar-Barojas, S. 2005. Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud en Tabasco. *Salud en Tabasco* 11:333-338.
- ASERCA (Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria). 2002. La vainilla en México, una tradición con un alto potencial. *Claridades Agropecuarias* 101:3-16.
- Barrera-Rodríguez, A. I., Herrera-Cabrera, B., Jaramillo-Villanueva, J., Escobedo-Garrido, J., Bustamante-González, Á. 2009. Caracterización de los sistemas de producción de vainilla bajo naranjo y en malla sombra en el totonacapan. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 10:199-212. <https://www.redalyc.org/html/939/93912989008/>
- Barrera-Rodríguez, A. I., Jaramillo-Villanueva J. L., Escobedo-Garrido J. S. y Herrera-Cabrera B. E. 2011. Rentabilidad y competitividad de los sistemas de producción de vainilla (*Vanilla planifolia* J.) en la región del Totonacapan, México. *Agrociencia* 45: 625-638. <https://www.colpos.mx/agrocien/Bimestral/2011/jul-ago/art-8.pdf>
- Bermúdez-Avenidaño, J. L., y F. E. Treviño-Treviño. 2015. Estudio de la cadena de suministro de la producción de vainilla en México. *VinculaTégica EFAN* 1:178-197.
- Cid-Pérez T.A. y López-Malo A. 2011. Extractos de vainilla: una mezcla de componentes químicos de aroma y sabor TSIA/Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos) tsia.udlap.mx/extractos-de-vainilla-una-mezcla-de-componentes-quimicos-de-aroma-y-sabor/
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2018. Production. www.fao.org/faostat/en/#data
- FND (Financiera Nacional de Desarrollo Agropecuario, Rural, Forestal y Pesquero). 2017. Panorama de la vainilla. www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Panoramas/FichaVainilla.pdf
- González-Chávez, M.C.; Carrillo-González, R., Villegas-Monter A., Delgado-Alvarado A., Perea-Vélez, S.Y. y Herrera-Cabrera, B. E. 2018. Uso de Vermicompost para la propagación de estacas de vainilla. *Agroproductividad* 11: 22-28. https://www.colpos.mx/wb_pdf/Agroproductividad/2018/AP-11-3-2018_ISSN-e.pdf
- Hernández, H. J. y Lubinsky, P. 2011. Cultivatón Systems. In: *Vanilla*. Odoux E., M Grisoni. Ed. CRC Press. Boca Raton 2:75-95.
- Hernández, M. M., Gutiérrez, I. J., y Guerra, C.V. 2011. Márgenes de comercialización del piñón (*Pinus cembroides* subesp. *orizabensis*) en Tlaxcala, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 2:265-279. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342011000200007
- Hernández-Miranda, O.A.; Cruz-Ruiz, Y., Campos, J.E., Herrera-Cabrera, B.E., Salazar-Rojas, V. M. 2018. Expresión diferencial del gen *arf8* involucrado en el metabolismo de auxinas durante la transición de flor a fruto en *Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews. *Agroproductividad* 11:15-21. https://www.colpos.mx/wb_pdf/Agroproductividad/2018/AP-11-3-2018_ISSN-e.pdf
- Hipólito, R. E. 2011. Modelo de intervención con enfoque eco sistémico para el desarrollo empresarial rural de pequeños productores: estudio de caso en la región totonaca del estado de Veracruz, México. Universidad Veracruzana, Centro de Investigaciones Tropicales (CITRO). www.uv.mx/det/files/2013/11/HipolitoRomeroEnrique-Septiembre2011b.pdf.
- Ibarra-Cantún, D., Delgado-Alvarado, A., Herrera-Cabrera B. H., Salazar-Rojas, V.M.
2018. Variación de fitoquímicos de dos genotipos de *Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews bajo cultivo en acahual. *Agroproductividad* 11:45-50.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) 2017. México en Cifras, Veracruz de Ignacio de la Llave. www.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?ag=30#.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2018. Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE), población de 15 años y más de edad. Población ocupada según edad y grupos de ocupación. www.beta.inegi.org.mx/proyectos/enchogares/regulares/enoe/
- Jaramillo, V. J. L., Escobedo G. J. S., y Barrera R. A. 2012. Competitividad de Sistemas de Beneficiado de Vainilla (*Vanilla planifolia* J.) en la Región del Totonacapan, México. *Panorama Socioeconómico* 30: 80-93. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342013000300011
- Rocha-Flores, R.G., Herrera-Cabrera, B.E., Velasco-Velasco, J., Salazar-Rojas, V.M, Delgado-Alvarado, A. y Mendoza-Castillo, M. 2018. Determinación preliminar de componentes de rendimiento para el cultivo de vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews) en la región Totonacapan, México. *Agroproductividad* 11:9-13. https://www.colpos.mx/wb_pdf/Agroproductividad/2018/AP-11-3-2018_ISSN-e.pdf
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2012. Plan rector sistema producto vainilla (2012). Comité sistema producto vainilla actualización 2012. dev.pue.itesm.mx/sagarpa/estatales/EPT%20COMITE%20SISTEMA%20PRODUCTO%20VAINILLA%20PUEBLA/PLAN%20RECTOR%20QUE%20CONTIENE%20PROGRAMA%20DE%20TRABAJO%202012/PR_VAINILLA_PUEBLA_%202012.pdf
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2017. Planeación Agrícola Nacional 2017-2030. 14 de septiembre de 2017. www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257086/Potencial-Vainilla.pdf.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2018. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Cierre de la producción agrícola (2018). nube.siap.gob.mx/cierreagricola/
- Soto-Arenas M. Á. 2006. La vainilla: retos y perspectivas de su cultivo. *CONABIO. Boletín bimestral de la comisión nacional para el conocimiento y uso. Biodiversitas* 66:1-9.
- Tierra Fértil Multimedia Editorial - Noticias México. 2017. Vainilleros de Veracruz demandan más apoyos www.tierrafertil.com.mx/vainilleros-veracruz-demandan-mas-apoyos/
- Xochipa-Morante, R. C.; A. Delgado-Alvarado; B. E. Herrera-Cabrera; J. S. Escobedo-Garrido; L. Arévalo-Galarza (2016). Influencia del proceso de beneficiado tradicional mexicano en los compuestos del aroma de *Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews. *Agroproductividad* 9:55-62. <http://www.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/708/577>

The utility of *Ardisia compressa* kunth in coffee plots

La utilidad de *Ardisia compressa* kunth en parcelas cafetaleras

Martínez-Blanco, Azarel¹; Almeraya-Quintero, Silvia X.¹; Guajardo-Hernández, Lenin G.²; Pérez-Hernández, Luz M.²; Regalado-López, J.³

¹Estudiante del Postgrado en Socioeconomía, Estadística e Informática-Desarrollo Rural. Colegio de Postgraduados, e mail: azmart14@gmail.com. ²Profesor Investigador. Postgrado en Socioeconomía, Estadística e Informática-Desarrollo Rural. Colegio de Postgraduados. Km 36.5 Carr. Federal México-Texcoco, Montecillos, México C.P. 56230. ³Profesor Investigador Campus Puebla-Colegio de Postgraduados. Km. 125.5, Carr Federal México-Puebla, Santiago Momoxpan, 72760 Puebla, Pue.

*Autor de correspondencia: xalmeraya@colpos.mx

ABSTRACT

Objective: To determine the cost-benefit relation of the capulín of mayo (*Ardisia compressa* kunth), to determine its potential as an economic complement to the coffee growers of the municipality of Sochiapa, Veracruz, Mexico.

Design, methodology and approximation: For the development of the research a mixed methodology was used, with a concurrent execution, collecting the field information combining semi-structured surveys under sampling and direct observation.

Limitations and implications: The lack of analyzes that provide official information on the chemical properties of the capulín of mayo are limiting in the creation of proposals on its use.

Findings and conclusions: The capulín of mayo, is a neglected, wild species with agrifood and economic potential that has not been exploited due to lack of training and information for the establishment as a crop.

Keywords: Producer, territorial development, wild plant, benefits, costs.

RESUMEN

Objetivo: Determinar la relación costo beneficio del capulín de mayo (*Ardisia compressa* kunth), para determinar su potencial como complemento económico de los cafecultores del municipio de Sochiapa, Veracruz, México.

Diseño, metodología y aproximación: Para el desarrollo de la investigación se utilizó una metodología mixta, con una ejecución concurrente, recolectando información de campo combinando encuestas semi-estructuradas bajo muestreo y observación directa.

Limitaciones e implicaciones: La inexistencia de bases de datos que proporcionen información sobre las propiedades químicas y productivas del capulín de mayo son limitantes en la creación de propuestas sobre su aprovechamiento.

Hallazgos y conclusiones: El capulín de mayo es una especie sub utilizada silvestre con potencial agroalimentario y económico que no ha sido explotado por falta de capacitación e información para el establecimiento como un cultivo.

Palabras claves: Productor, parcela, planta silvestre, beneficios, costos.

INTRODUCCIÓN

El café (*Coffea arabica* L.) como un cultivo ligado a comunidades rurales, juega un papel importante dentro del desarrollo territorial en México. Forma parte de los cultivos estratégicos empleando a más de quinientos mil productores de 14 estados y 480 municipios (SAGARPA, 2017). Buena parte de los agricultores dedicados a esta actividad poseen una extensión menor a cinco hectáreas, lo que los convierte en productores minifundistas que enfrentan limitantes para la producción y comercialización. En el tema comercial destaca la caída de precios de los últimos años que se originó en el año 1989 cuando Estados Unidos sale de los acuerdos comerciales internacionales entre países productores y consumidores en el marco de la organización internacional del café, desestabilizando el equilibrio comercial e iniciando una "crisis de precio" que más tarde modificaría la cafecultura mundial (Mendoza, 2009).

El contexto socioeconómico sobre el que se desarrolla la cafecultura en México afecta a tal grado la sustentabilidad de las huertas de las familias ubicadas en el minifundio, que es necesario plantear nuevas estrategias de aprovechamiento del espacio productivo de las fincas, utilizando de manera eficiente la riqueza biológica con la que interactúa el café. Por lo anterior, el objetivo de este artículo fue identificar los beneficios económicos que *Ardisia compressa* kunth conocido popularmente como capulín de mayo genera al cafecultor al convivir con el café dentro de la misma parcela. Existen distintas versiones del concepto de costo debido a que su definición interesa a múltiples disciplinas (Molina, 2009). Dentro de la agronomía, los costos de producción agrícola son la suma total de unidades monetarias desembolsadas por el agricultor, necesarias para cubrir todas aquellas actividades involucradas en el proceso de producción de frutos. Estos costos según Molina (2009), se forman de materia prima directa, mano de obra directa y costo indirectos de producción; la materia prima directa comprende las semillas y los insumos (abonos, fertilizantes, plaguicidas, herbicidas, entre otros). La mano de obra directa incluye el salario de todos los trabajadores que realizan tareas relacionadas con el proceso de producción y los costos indirectos de producción no intervienen directamente en la producción, pero son necesarios para su seguimiento como, traslados, cuotas de riego o asociaciones entre otros.

El fruto de *Ardisia compressa* kunth tiene presencia en el continente americano desde Canadá hasta Costa Rica (Vásquez, 2013). Su fruto es redondo de color rojo morado a negro, con una cubierta (cascara) delgada, lisa y frágil que cubre la pulpa jugosa de color rojizo y una semilla esférica de sabor amargo, glabra surcada y parada con muy buen porcentaje de germinación (Vásquez, 2013). En México se encuentra disperso a lo largo de las zonas templadas de nueve estados, donde destaca Veracruz con los municipios de Totutla, Comapa, Huatusco y Sochiapa (Lascurain *et al.*, 2010). Hasta la fecha la cantidad de información disponible sobre su cultivo y aprovechamiento es sumamente limitada, no existen bases de datos de fuentes oficiales que cuantifiquen la producción o cantidad plantada dentro del país, por tal motivo es importante generar estudios que aporten datos importantes sobre su potencial económico para despertar el interés sobre su cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio de investigación se desarrolló en el municipio de Sochiapa, Veracruz, uno de los integrantes de la región montañosa del centro del estado (19° 08' y 19° 12' N y 96° 53' y 96° 58' O) y a una altitud entre 900-1320 m (SEFIPLAN, 2018). Sochiapa tiene una superficie de 16.2 Km² de los cuales 15 están destinados a la agricultura. Tiene una población según INEGI (2015) de 3,770 habitantes a una densidad de 225.3 habitantes por km², distribuidos a lo largo de 10 localidades rurales y una urbana. Es un municipio esencialmente agrícola, cuya producción se compone de café cereza que representa el 71.7% de la superficie sembrada; caña de azúcar (*Saccharum* spp.) con 26.4% y nuez de macadamia (*Macadamia* sp.) con apenas un 1.05% del total sembrado (SEFIPLAN, 2018).

Para el desarrollo de la investigación se utilizó una metodología mixta, con una ejecución concurrente aplicando como específica Sampieri (2010), ambos métodos cuantitativos y cualitativos de manera simultánea y recolectando y analizando sus datos en el mismo tiempo. Para la fase de campo se recolectó la información combinando encuestas semi-estructuradas bajo muestreo y observación directa. La muestra se determinó usando como referencia un listado de agricultores dedicados al cultivo de café en el municipio de Sochiapa elaborado en 2015, proporcionado por el Centro de Apoyo al Desarrollo Rural (CADER) delegación Huatusco y aplicando muestreo simple aleatorio de acuerdo a Rendón 2018.

$$n = \frac{NZ_{\alpha/2}^2 P_n' q_n'}{Nd^2 + Z_{\alpha/2}^2 P_n' q_n'}$$

Donde; El tamaño de la población N fue de 372 productores, considerando una varianza máxima $p=q$ de 0.5, una confiabilidad de 90% con $Z=1.64$ y una precisión del 10%; que generó una muestra (n) de 57 encuestas aplicadas a los productores seleccionados de manera aleatoria, para finalmente procesar los datos resultantes en el programa IBM SPSS Statistics versión 24.

Para los costos de producción del capulín de mayo, calcularon tomando en consideración el costo del fertilizante, el precio y número de jornales para fertilizar, podar y controlar malezas relacionándolos mediante fórmulas que delimitan la cantidad monetaria necesaria, como se muestra a continuación. Para conocer el número de plantas de capulín por hectárea se realizó mediante el conteo de plantas asociadas directamente en áreas del cultivo de café por productor mediante la relación matemática siguiente:

$$PCHa = \frac{Npc}{Htc}$$

Donde; $PCHa$ representa el número de plantas de capulín por hectárea, Npc el número de plantas promedio por productor y Htc la cantidad total de tierra por productor de café.

El costo de labores culturales por fertilización se obtuvo calculando el valor del fertilizante y el número de jornales utilizados para el control de malezas, podas de formación y cosecha, considerando que se obtuvo el costo estimado de la fertilización por planta y que las podas y la fertilización la recibió de manera simultánea con el café. Con los datos anteriores el cálculo de la fertilización se expresó con la siguiente fórmula:

$$CFTa = NFA(PHa)(CFP)$$

Donde; $CFTa$ es el Costo de fertilización total anual por hectárea, NFA el número de Fertilizaciones por año, PHa el número de plantas por hectárea y CFP el costo del fertilizante por planta obtenido en campo.

Para el caso de la poda de cada planta de capulín, se relacionó el precio de jornal en la región, el número de jornales necesarios para podar una hectárea y el número total de planta a podar dentro de la hectárea (suman-

do las plantas de café y capulín) mediante la siguiente fórmula:

$$CPp = \left[\frac{(PJM_u)(JNH_a)}{TCH_a + PH_a} \right]$$

Donde; CPp representa el Costo de poda por planta; PJM_u el precio de jornal en el municipio; JNH_a los Jornales necesarios por hectárea; TCH_a es el número de planta de café por hectárea y PH_a son las plantas de capulín de mayo por hectárea.

Si al costo de poda por planta (CPp) lo multiplicamos por el número plantas de capulín de mayo por hectárea (PHa) y el número de podas al año (NPa), se genera el costo total de poda por año ($CTPa$), específicamente para *Ardisia compressa*;

$$CTPa = (CPp)(NPa)(PHa)$$

El costo por el control de malezas, expresado anualmente (CMA), se conformó por el producto del precio del jornal en el municipio (PJM_u) por los jornales necesario por hectárea (JNH_a), por la frecuencia de controles al año (NCA), por el número de plantas de capulín en una hectárea (PHa), dividido entre el número total de plantas $NTPha$ (sumando café y capulín que es de 2099.8 en promedio).

$$CMA = \frac{(PJM_u)(JNH_a)(NCA)(PHa)}{NTPha}$$

El costo de la cosecha anual por planta de capulín se puede calcular evidenciando el precio del jornal para recolección en el municipio (PJM_u) dividido entre el número de plantas que una persona puede cosechar por día (PCD), multiplicando el resultado por el número de plantas por hectárea (PHa) y el número de recolecciones que se ejecutan a lo largo del año productivo (NRA), que en una expresión se ilustra como sigue:

$$CAP = (PJM_u)(PHa)(NRA)/PCD$$

Con el cálculo del costo de realizar las labores culturales que se efectúan dentro del margen de la finca de café, se calculó el costo de producción anual con la siguiente expresión:

$$CPa = CFTa + CTPa + CMA + CAP$$



Para denotar las diferencias entre el capulín de mayo y otros cultivos que figuran como opciones productivas en la zona de estudio, fue necesario conocer la relación entre los costos de producción y los beneficios económicos que aportan al productor. Para dimensionar los beneficios económicos se vincularon los ingresos obtenidos de su cosecha con los sus costos como sigue:

$$Be = (Rpl)(PFR)(PHa)$$

Donde; *Be* como beneficios económicos por planta, *Rpl* como el rendimiento promedio por planta, *PFR* el precio promedio por kg de fruto fresco y *PHa* el número promedio de plantas de capulín por hectárea. Conociendo el beneficio económico y los costos de producción por hectárea se calculó la relación costo/beneficio mediante la siguiente ecuación:

$$\frac{B}{C} = \frac{Be}{CPa}$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo al análisis realizado a los datos de SAGARPA (2016), Sochiapa está atravesando por una serie de problema económicos relacionados directamente con la producción de café; De las 1,424 hectáreas destinadas a la agricultura, el 72% que equivale a 1,021 hectáreas se encuentran ocupadas por este cultivo, generando un valor de producción para ese mismo año de apenas \$8,930,700 pesos mexicano, que se distribuyen entre el total de productores de café de la localidad, es decir, para el 2016 el café género en este municipio un valor de \$6,284 pesos por hectárea, sumado a esto, hallazgos de la investigación revelan que en promedio cada familia de productores posee apenas 1.6 hectáreas de café, colocando a su cosecha como la principal fuente de ingresos solo para el 56% de sus productores, dejando al resto con la necesidad de coadyuvar a la economía familiar con una actividad diferente, pues la cosecha no proporciona recursos suficientes a cada familia.

A diferencia de otros cultivos donde se llevan a cabo prácticas como el aporcado, podas de formación o saneamiento, deshojado, riego, control de plaga y enfermedades, entre otras, en capulín de mayo la presencia de labores encaminadas al desarrollo productivo del fruto es escasa, si se compara entre el café y el capulín, quien recibe mayor atención por generar mayores ingresos es el café. En el capulín al convivir en el mismo

espacio solo suelen realizarse el control de malezas, la fertilización y poda indirecta. Se le denomina indirecta dado que las dos fertilizaciones anuales, las dos limpieas o deshierbes y las podas de formación que recibe el capulín no están dirigidas a producir un incremento en la calidad o cantidad del capulín, sino que las recibe como producto de su cercanía con el cultivo principal (café).

En la fertilización el cálculo de costos anual refleja un precio apenas significativo de \$49.5 pesos por hectárea, considerando para ello el precio de los jornales en la región, el número de jornales y el costo promedio de fertilización por planta es de \$1.25.

Se efectúan dos podas durante el año dirigidas a reducir la amplitud de follaje para controlar la distancia entre el capulín y el café y la cantidad de sombra si se encuentra disperso dentro de la parcela, o bien, darle forma a la cerca viva si se utiliza como delimitación territorial de la parcela. Las podas se realizan en las épocas secas (marzo a mayo), una inmediatamente después de la cosecha y otra al final de la época de sequía (INIFAP, 2017). Su costo anual asciende a \$11.20 pesos que no figura como un desembolso adicional al efectuado para la poda de café, pues dentro de los cuatro días que una persona dedica a podar una hectárea de café se incluyen las 20 plantas de capulín. En el control de malezas, la extensión de 1.6 hectáreas en promedio por familia juega un papel importante, y el costo para el productor solo lo conforma el número de jornales por hectárea, que para la región de acuerdo a la velocidad de trabajo es de dos jornales por hectárea pagado a \$150 pesos cada uno. De esta forma, el control de malezas al igual que la fertilización se ejecutan cuando son necesarias para el café, que como especifica INIFAP (2017) se llevan a cabo la primera entre los meses de junio a julio cuando la cantidad de humedad en el suelo aumenta al igual que la reproducción y su crecimiento; y la segunda entre los meses de octubre y noviembre como un control durante la cosecha para facilitar la recolección de frutos. Este control se realiza cortando la maleza de manera manual a 10 cm del suelo, generando un costo anual por hectárea de \$49.5 pesos.

El costo de producción anual es el resultado de sumar los costos anuales de las labores culturales, considerando la fertilización (\$49.50), la poda (\$11.20) y el control de malezas (\$5.60), cuyo valor de \$366.3 pesos representó el costo de producción anual de 20 plantas de capulín de mayo (promedio) conviviendo dentro de una

hectárea de café, o bien, \$18.3 pesos anuales por planta de capulín conservadas en la parcela.

La distribución del capulín de mayo dentro de la parcela proporciona múltiples beneficios que pueden diferenciarse en dos tipos; aquellos que tienen impacto sobre el café, tales como el suministro de sombra, hojarasca de rápida desintegración y dispersión de nutrientes en el suelo (Hernández et al., 2017) y aquellos que benefician al agricultor; como los beneficios económicos de su cosecha, su aprovechamiento como complemento de la dieta familiar, su utilidad como cerca viva para la delimitación de su parcela y como fuente de combustible o leña.

Su relevancia económica radica en la presencia que tiene dentro de las fincas de café del municipio, que asciende a 83% de los terrenos destinados al café, y aporta al agricultor \$560 pesos en promedio por hectárea por año, que equivale a tener distribuidas 20 plantas produciendo 7 kg de capulín en promedio anualmente, cuyo valor de producción es de 28 pesos por cada unidad conservada. La simplicidad de su producción genera frutos que son aprovechados por el 90% de la población, tanto para fines alimenticios en fresco (85%) como para transformarse de manera artesanal en productos terminados como el agua fresca, helados atole y licor.

A diferencia del fruto de *Prunus serótina* con quien *Ardisia compressa* suele ser confundido por nombre común (capulín), su aprovechamiento comercial no se encuentra en las mismas condiciones de avance, una de las grandes diferencias entre ellos es la parte del fruto que se aprovecha y aquella que se desecha. En la región ixta-popo donde la comercialización de un almud (5 L o 4 kg) de semilla de capulín oscila entre \$110.00 y \$300.00, según la temporada y tamaño (Reyes et al., 2013) se aprovecha únicamente la semilla del fruto y se desecha la pulpa, mientras que en Sochiapa donde la comercialización alcanza 18% de los frutos frescos, se aprovecha la pulpa y desecha la semilla.

La caracterización de la semilla de *P. serótina* como un elemento aprovechado económicamente aun y cuando en su estado natural resulta peligroso para la salud animal (contienen un glucósido cianogénico que se transforma en ácido hidrocianico durante la digestión pero se neutraliza al exponer las semillas al fuego) (McVaugh, 1949), ofrece la oportunidad de incursionar en las propiedades químicas de *A. compressa* para evaluar su potencial como un elemento comercial semejante al primero.

La diferencia entre los costos de producción del capulín de mayo y la derrama económica que deja su cosecha, se puede traducir mediante la relación beneficio costo, en una cifra que refleje la importancia de incentivar a los productores a incrementar el número de plantas dentro de su parcela, modificando el arreglo de plantación para aumentar la densidad del capulín de mayo como cerca viva, sin afectar la producción de café. A lo anterior, se suma el interés de los agricultores manifiestan (84%) por aprovechar esta fruta como parte de una organización que marque la posibilidad de iniciar una pequeña agroindustria (Cuadro 1).

Cuadro 1. Relación costo/beneficio de *Ardisia compressa* en parcela cafetalera minifundista.

Variable	Costo (\$)
Costo de fertilización anual por hectárea (CFTa).	49.5
Costo de poda por año (CTPa)	11.2
Control de malezas anualmente (CMa)	5.65
Costos de producción anual (CPa) (1+2+3+4)	366.3
Cosecha anual (CAP)	300
No. Plantas por hectárea (Pha)	19.8
Rendimiento promedio por planta en kg (Rpl)	6.99
Precio promedio del fruto fresco en Kg (PFR)	4
Beneficios económicos por hectárea (Be) (6×7×8)	553.6
Relación Beneficio - Costo (9/5)	1.51

La relación anterior indica para el capulín de mayo de 1.51, lo que significa que por cada peso que el cafeticultor invierte en producir capulín obtiene su peso de inversión más 0.51 pesos de ganancia.

CONCLUSIONES

Sochiapa es un municipio que ofrece oportunidades para diversificar el aprovechamiento del limitado espacio productivo (minifundio cafetalero) sin que la fuente esencial de trabajo y economía se vea afectada.

El interés de los productores por conservar al capulín de mayo dentro de sus parcelas aunado a la disposición de recibir capacitación brinda una coyuntura favorable para el desarrollo de nuevas oportunidades ligadas a la producción agrícola de la región. El capulín como un generador de recursos económicos puede favorecer la creación de otras alternativas de trabajo mediante la diversificación de usos. Una propuesta de reconfiguración de la parcela utilizando a *Ardisia compressa* como una herramienta de delimitación territorial es una oportunidad de mejora económica productiva.

LITERATURA CITADA

- Arias, M. L., Margarita, P. d. A. L. & Alberto, A. L. C., 2008. Propuesta metodológica para la elaboración de planes de negocios. *Scientia Et Technica*, XIV(40), pp. 132-135.
- Delgadillo, M. J., 2006. Dimensiones territoriales del desarrollo rural en América Latina. *Revista Latinoamericana de Economía*, 37(144), pp. 97-120.
- Hernández S. S., Briseño, M. A. M. & Hernández., R. V. G., 2017. Diversificación de la sombra tradicional de cafetales en Veracruz mediante especies maderables.. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, Marzo - Abril, 8(40), pp. 7-18.
- Herrera, T. F., 2013. Enfoques y políticas de desarrollo rural en México. *Gestión y Política Pública*, 1(22), pp. 131-159.
- INIFAP, 2017. Agenda Técnica Agrícola de Veracruz. Ciudad de México: INIFAP .
- Lascurain, M., Avendaño, S., del Amo, S. & Niembro, A., 2010. Guía de frutos sivistres comestibles en Veracruz. En: Ciudad de México: Fondo Sectorial para la Investigación, el Desarrollo y la Innovación Tecnológica Forestal. Conafor-Conacyt., p. 145.
- Manríquez, G. I., Morales, M. M. & Tenorio., G. C., 2015. Frutos y semillas del bosque tropical perennifolio; Región de los Tuxtlas, Veracruz. Ciudad de México: Conabio.
- McVaugh, R., 1949. *Prunus serotina*. *Brittonia*, 7(299).
- Mendoza, M. T. E., 2009. Café y cutura productiva en una región de Veracruz. *Nueva Antropología*, enero-junio, XXII(70), pp. 33-56.
- Molina, O. R., 2009. La papa: Diversos elementos que intervienen en la cuantificación de su costo de producción.. Merida: Actualidad Contable Faces.
- Reyes, L. M. P. y otros, 2013. PROPUESTA DE ESTRATEGIA PARA EL MEJORAMIENTO DEL CULTIVO DE CAPULÍN EN LOS MUNICIPIOS DE DOMINGO ARENAS, CALPAN Y SAN NICOLÁS DE LOS RANCHOS.. El Fuerte (Sinaloa): Universidad Autónoma Indígena de México.
- SAGARPA, 2017. Planeación agrícola Nacional 2017-2030. *Café Mexicano*, Ciudad de México: Subsecretaría de Agricultura.
- SAGARPA, 2018. Metodología de costos de producción para cultivos cíclicos y perennes.. Ciudad de México: SIAP.
- SEFIPLAN, 2018. Cuadernillo Municipales, Sochiapa. Xalapa(Veracruz): Sistema de Información Municipal.
- Valcárcel, M., 2006. GÉNESIS Y EVOLUCIÓN DEL CONCEPTO Y ENFOQUES SOBRE EL DESARROLLO. En: Lima (Peru): Pontificia Universidad Católica del Perú, pp. 4-24.
- Vásquez, J. H., 2013. Propiedades fisicoquímicas y antioxidantes de polvos nanoestructurados de *Ardisia compressa* Kunth. Xalapa de Enríquez, Ver. Universidad Veracruzana.



Financial and Economic profitability of the tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) production units under greenhouse in Puebla, Mexico

Rentabilidad financiera y económica de las unidades de producción de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo invernadero en Puebla, México

Mundo-Coxca, M.¹; Jaramillo-Villanueva, J.L.^{2*}; Morales-Jiménez, J.²

^{1,2}Colegio de Postgraduados Campus Puebla. Boulevard Forjadores de Puebla No. 205, Santiago Momoxpan, Municipio de San Pedro Cholula. C.P. 72760. Puebla, México.

*Autor para correspondencia: jaramillo@colpos.mx

ABSTRACT

Objective. The objective of this research was to analyze the financial and economic profitability of tomato production units (PJU) under greenhouse technology in the main producing municipalities in Puebla, Mexico.

Methodology. The indicator benefit-cost ratio (B/C) was used to obtain both financial and economic profitability. The data was gathered through structured questionnaire to a statistical sample of tomato growers. Profitability was estimated for three levels of technology use. For economic profitability, the shadow prices of labor, water and electricity were estimated.

Results. The results of the B/C ratio in financial profitability were 1.14 for UPJ with low technological level, 1.30 for medium level and 2.31 for high level, while economic profitability was 1.04 for low-level PJU, 1.18 for those with medium levels and 2.16 for those with a high level. Technology level is highly correlated with profitability.

Limitations. The main one was that a couple of municipalities were discarded due to problems of insecurity.

Conclusions. Greenhouse production units are profitable, both for investors and for society. Since profitability is correlated with technological level, it is important that government agencies provide support in the transfer of knowledge to improve the technological level.

Keywords: protected agriculture, horticulture, technological index, profitability

RESUMEN

Objetivo: analizar la rentabilidad financiera y la económica de unidades productoras de jitomate (UPJ) bajo invernadero en los principales municipios productores de esta hortaliza en Puebla, México.

Metodología. Se utilizó el indicador relación beneficio costo (B/C) para obtener la rentabilidad financiera y económica. Los datos se obtuvieron a través de cuestionario estructurado a una muestra estadística de productores de jitomate. La rentabilidad se estimó para tres estratos o niveles de uso de tecnología. Para la rentabilidad económica, se estimaron los costos de oportunidad de la mano de obra, pago de agua y energía eléctrica.

Resultados. la relación B/C en la rentabilidad financiera fue de 1.14 en UPJ con nivel tecnológico bajo, 1.30 para nivel medio y 2.31 para nivel alto, mientras que en la rentabilidad económica se obtuvo 1.04 para las UPJ con nivel tecnológico bajo, 1.18 para los de niveles medios y 2.16 en las de nivel alto.

Limitaciones. La principal fue que se eliminaron dos municipios debido a la inseguridad.

Conclusiones. Las UPJ son rentables, tanto para los inversionistas como para la sociedad, y el valor de la relación B/C se encuentra relacionado con el nivel tecnológico. Por lo que es importante que las unidades de producción reciban mayor transferencia de conocimientos para mejorar el nivel tecnológico.

Palabras clave: agricultura protegida, horticultura, índice tecnológico, rentabilidad

INTRODUCCIÓN

El jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es una especie hortícola de mayor importancia para la dieta humana, registrando un consumo promedio *per capita* anual en México de 15 kilogramos por año, volumen inferior al consumo promedio mundial de 18 kg (FIRA, 2016). Este cultivo genera cuantiosos ingresos y empleos (Velasco *et al.*, 2011), es la segunda hortaliza más cultivada, y en 2009 el valor de la producción superó 860 millones de dólares, lo que representó 28% del valor de la producción de las hortalizas para ese año (FIRA, 2011).

La producción del jitomate es un rubro relevante en la economía de México; sin embargo, existen factores ambientales que aminoran su rendimiento, por lo que la agricultura protegida, mediante una serie de tecnologías, tales como los invernaderos que controlan los principales factores ambientales, permiten aumentar los rendimientos (Velasco *et al.*, 2011). La superficie de producción bajo invernadero en el país, ocupó 4,392.11 has con un rendimiento promedio de 171.82 t ha⁻¹ en el 2014; para ese mismo año, los estados de Coahuila, San Luis Potosí, Jalisco, Oaxaca, Puebla, Guanajuato y México concentraron el 75% de la superficie sembrada bajo invernadero a nivel nacional (SIAP, 2014). En Puebla, la tendencia en la instalación de invernaderos para la producción de jitomate ha ido en aumento. En 2006 el estado contaba con 2 ha, mientras que para el año 2014 se registraron 360 ha, con un rendimiento promedio de 169.50 t ha⁻¹, Lo que generó una derrama económica de 443 millones de pesos. Los municipios de Aquixtla, Tetela de Ocampo, Tochtepec y Tecamachalco concentran al 44% de la producción. (SIAP, 2014). Aquixtla y Tetela reportaron 108.8 ha, sembradas con un rendimiento promedio de 195.44 t ha⁻¹ con un valor de la producción de 143 millones de pesos, mientras que Tetela de Ocampo y Tochtepec contaban con 72 ha sembradas y un rendimiento de 191.3 t ha⁻¹, generando 56 millones de pesos.

La tecnología es conocimiento práctico aplicado de manera sistemática y organizada en tareas específicas del proceso de producción, transformación y mercadeo (Sánchez, 1996; Galbraith, 1969). La innovación tecnológica (IT), utilizada en la empresa, surge como un medio para introducir un cambio

cualitativo, relacionado directamente con aumento del valor en el mercado y en los consumidores, que se traduce en beneficios privados y sociales (FUNDACIÓN COTEC, 2001). La IT resulta de la primera aplicación de conocimientos científicos y técnicos en la solución de los problemas que se plantean a los diversos sectores productivos, y que origina un cambio introduciendo nuevos productos, basados en nueva tecnología (Molina y Conca, 2000), que al ser comercializada como producto o proceso constituye un soporte de la competitividad empresarial (Sánchez, 1996). Sobre el particular, Hernández y Romero (2009) consideran que el aumento de los niveles de ciencia y tecnología puede conducir a mejores niveles de productividad. La tecnología, en la teoría económica, es resumida en una función de producción, que refleja el conocimiento técnico de la empresa con respecto al uso de los insumos para producir. En este contexto Mankiw (2012) menciona que en la función de la producción, la tecnología determina la cantidad de producción que se obtiene con una determinada cantidad de capital y trabajo, así como convertir el capital y el trabajo en producción. Por lo que al utilizar un método mejor para producir un bien, da como resultado un aumento en la producción con las mismas cantidades de capital y de trabajo. Por lo tanto, el cambio tecnológico altera la función de la producción.

En la agricultura protegida, la tecnología, es una variable que en la literatura se identifica como un factor de importancia para mejorar la productividad y la calidad. Padilla *et al.* (2010), mencionan que, en la producción de jitomate bajo invernadero, un nivel tecnológico alto es in-

dispensable para lograr competitividad sostenible; mientras García *et al.* (2011) hacen hincapié que fomentando una mejora tecnológica en los invernaderos permitirá a los productores no ser vulnerables ante el entorno competitivo que representa la producción de este cultivo.

En la medida que la escala de producción de jitomate en Puebla ha crecido, a partir de unas pocas hectáreas a principios de la primera década del presente siglo, a casi 400 ha en 2017 (SIAP, 2017), se vuelve relevante conocer con fines de toma de decisiones, la estructura de costos, de ingresos y la rentabilidad. Otro aspecto a considerar es que la participación del jitomate mexicano en el mercado global demanda información de costos, ingresos y ganancias veraz y oportuna, que permitan la planeación y toma de decisiones informada, tanto por productores como por parte de tomadores de decisiones (Naylor y Gotsch, 2007). En este contexto, el objetivo de este trabajo fue determinar la rentabilidad financiera y económica de la producción de jitomate bajo invernadero, según niveles tecnológicos, en los municipios de Aquixtla, Tetela de Ocampo, Tecamachalco y Tochtepec Puebla, México, con el fin de generar información confiable para mejorar la toma de decisiones.

MATERIALES Y MÉTODOS

La población objetivo del estudio fueron los productores de los municipios de Aquixtla, Tetela de Ocampo, Tecamachalco y Tochtepec que representan el 43.5% de la superficie de invernaderos dedicados al cultivo de jitomate en el estado de Puebla (SIAP, 2014). Se utilizó un muestreo simple aleatorio, la ecuación utilizada fue la siguiente:

$$n = \frac{NZ_{\alpha/2}^2 S_n^2}{Nd^2 + Z_{\alpha/2}^2 S_n^2}$$

Donde; N es el tamaño de la población; d es la precisión; z es el nivel de confianza y S la varianza. La población estuvo integrada por 338 productores distribuidos en cuatro municipios. El tamaño de muestra de 103 productores fue calculado usando muestreo aleatorio simple, con una precisión de 10% de la media de la superficie de invernaderos en el estado y una confiabilidad del cinco por ciento.

Localización de la zona de estudio

Aquixtla y Tetela de Ocampo se ubican entre los 1200 y 3200 m con temperaturas de 12 a 20 °C, la precipitación

de 600 a 1600 mm, con clima templado subhúmedo. Aquixtla tiene 7,386 habitantes. Tetela de Ocampo tiene 24,459 habitantes. (INEGI, 2009). Tecamachalco y Tochtepec cuentan con una temperatura que oscila entre 14 a 18 °C, su precipitación va de 500 a 700 mm, el clima es templado subhúmedo con lluvias en verano. Tecamachalco cuenta con 64,380 habitantes. Tochtepec con 18205 habitantes (INEGI, 2009). Se recabó información económica tomando en cuenta la inversión realizada en el invernadero, los costos de producción y los ingresos por venta de jitomate. Los datos de superficie, toneladas obtenidas, rendimiento, inversión inicial, precios por la calidad del producto (primera, segunda y tercera) e ingresos se generaron promedios conforme al nivel del Índice Tecnológico (IT) de las UPJ. El nivel tecnológico, representado por el índice tecnológico de las UPJ se calculó de la siguiente forma:

Índice tecnológico

El índice tecnológico (IT) es el promedio aritmético del valor del Índice de manejo tecnológico (IMT) y del índice de equipamiento tecnológico (IEQ).

Índice de manejo tecnológico

Este índice se concentra en las labores culturales realizadas por productores líderes tecnológicamente, dado que no existe en la zona de estudio la referencia de un paquete de manejo tecnológico validado por alguna institución de investigación. Se tomó como punto de partida el índice propuesto por Ortiz (2005) en función a las labores culturales realizadas a la planta y la tecnología implementada, con adecuaciones de Carrillo *et al.* (2003) en el componente de densidad de siembra, de Martínez *et al.* (2005) en la importancia del material genético utilizado y de Ucan *et al.* (2005) en los componentes de podas, raleo y riego, además de la opinión de productores líderes en la zona de estudio para el contexto del manejo del cultivo. Para cada componente se generaron tres niveles; mínimo (1), medio (2), y máximo (3). índice de equipamiento (IEQ).

El IEQ se construyó asignando un valor al número de equipos adicionales al sistema de riego en los invernaderos. Se estableció un rango de valores conforme la importancia y grado de complejidad de cada equipo, siendo el máximo 4 y el mínimo 1, en base a García (2011), adecuando el índice a la zona de estudio. Para su cálculo se aplicó la siguiente fórmula:

$$IEQ = X - Min / Max - Min$$

Dónde IEQ es el nivel de equipamiento, X es la \sum de los valores acumulados de los 13 equipos adicionales al sistema de riego en el invernadero, Min es el valor mínimo de los puntos acumulados para cada caso igual a 1 y Max es el valor máximo de los puntos acumulados igual a 33. El procedimiento detallado se puede consultar en Mundo Coxca (2018). La muestra de 103 UPJ quedó distribuida, según su nivel tecnológico, según lo muestra el Cuadro 1. Dos terceras partes pertenecen a nivel medio, 25% al nivel bajo, y casi 9% a nivel alto. Se encontró que existen diferencias significativas en el rendimiento de los diferentes estratos de índice tecnológico (Cuadro 1).

Para el análisis de la rentabilidad se consideraron los costos fijos y variables en cada UPJ (Cuadro 2). Los costos variables son una función del nivel de producción y los fijos una vez incurridos, son independientes del nivel de producción (Baca, 2010).

Estimación de la rentabilidad

La rentabilidad se estimó con el indicador relación beneficio-costo (B/C). Para la rentabilidad financiera se utilizaron los precios de mercado, es decir los precios que los productores observaron en el mercado en las fechas en que se llevó a cabo la producción. Para la rentabilidad económica se utilizaron los costos de oportunidad. La rentabilidad económica es aquella que se realiza en función del "bienestar" económico de la sociedad, determina los beneficios y costos producidos por los individuos pertenecientes a un sistema, sociedad o país, valorando sus recursos de inversión a los precios que realmente le cuestan, bajo una perspectiva de bienestar conjunto (FIRA, 2011).

El costo de oportunidad se calculó para agua, trabajo no calificado y familiar, y tierra. Para el precio sombra de la mano de obra no calificado y familiar se calculó el número

de días del año que este tipo de trabajadores espera encontrar ocupación y se multiplicó por su salario diario en la región de estudio. El resultado de esta operación se dividió entre el número estimado de días de trabajo posibles en el año sin el proyecto.

El resultado final fue el ingreso diario promedio. Este ingreso es el costo de oportunidad de un día de trabajo en el proyecto y se utilizó como el precio sombra de la mano de obra no calificada y familiar. Para tierra se usó el método de costo de arrendamiento en el mejor uso alternativo de la tierra. Para el agua se utilizó el método del valor del producto marginal (Garrido *et al.*, 2004).

Relación beneficio costo

Este indicador es el cociente que resulta de dividir el valor actualizado de la corriente de beneficios entre el valor actualizado de la corriente de los costos, a una tasa de actualización previamente determinada. La relación beneficio costo, expresa beneficios obtenidos por una unidad monetaria total invertida durante la vida útil del proyecto; si el valor es menor a uno, indica que la corriente de costos actualizados es mayor que la corriente de beneficios, por tanto, la diferencia $(B/C)-1$, y cuyo valor negativo indica

perdidas por unidad monetaria invertida y viceversa, cuando la B/C es mayor que uno, indicara la diferencia $(B/C)-1$; cuyo valor positivo indicara la utilidad por unidad monetaria invertida (Baca, 2010; Muñante, 2002). La fórmula para obtener esta relación es la siguiente:

$$B/C = \sum_{t=1}^T B_t (1+r)^{-1} / \sum_{t=1}^T C_t (1+r)^{-1}$$

Dónde B_t son los beneficios en cada periodo del proyecto, C_t son costos en cada periodo del proyecto, r es la

Cuadro 1. Nivel y diferencia de medias del rendimiento del Índice Tecnológico.

IT	Observaciones	Rendimiento promedio	Diff. de la media
Bajo	26	98.6 t ha ⁻¹	--
Medio	68	158.4 t ha ⁻¹	59.8**
Alto	9	255.0 t ha ⁻¹	96.6**
Total	103	151.7 t ha ⁻¹	--

**La diferencia de las medias es significativa ($p \leq 0.05$). Fuente: Mundo, 2018.

Cuadro 2. Inversión y costos fijos de las UPJ, Puebla, 2017.

Concepto	Indicadores
Costos fijos	Valor de la renta de la tierra, Mantenimiento de la construcción, mantenimiento al equipo utilizado en la unidad, Agua, energía eléctrica, Costo de equipos adicionales al sistema de riego, taras de plástico utilizadas para la cosecha.
Costos variables	Preparación del suelo y siembra, Costo de análisis de pH y CE en agua a utilizar, Charolas semilleras, planta, material de tutorado, control de plagas y enfermedades, equipo de protección, fertilizantes y mano de obra.
Inversión	Costo de la instalación del invernadero con o sin apoyo de recursos gubernamentales.

tasa de actualización, t es el tiempo en años, y $(1+r)^{-t}$ es el factor de actualización.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La inversión inicial por parte de los productores es diferente, debido a que 30% de los entrevistados se vieron beneficiados en la construcción de los invernaderos con apoyos gubernamentales tanto del gobierno federal y estatal, logrando una reducción de sus costos. El 27% obtuvieron un crédito de instituciones bancarias o gubernamentales, y un 43% han construido los invernaderos con sus propios recursos. De la producción de jitomate obtenida, dos terceras partes correspondieron a primera calidad, mientras que la segunda y tercera representaron un tercio del cultivo recolectado; no se observaron diferencias significativas de la calidad de jitomate conforme al nivel tecnológico en las UPJ (Cuadro 3).

Las ventas del cultivo mantienen una fluctuación de precios que van desde los \$19.94 kg hasta los \$4.81 kg (Cuadro 4), lo anterior depende de la calidad (primera, segunda y tercera) del producto, por lo que el precio promedio se ubicó en \$11.54 pesos mexicanos.

Relación beneficio costo (B/C)

Se dividieron el total de los ingresos entre el total de egresos para los promedios de cada unidad de producción y se promediaron según su nivel tecnológico (Cuadro 5).

Conforme al indicador de B/C mediante los datos reportados para 2017, por cada peso invertido se obtuvo una utilidad de \$0.14 pesos de beneficio para productores

con bajo nivel tecnológico, mientras los de nivel medio obtuvieron una utilidad de \$0.30 pesos de beneficio y los de nivel alto de tecnología presentaron el beneficio más alto con \$2.31. Por lo que se observa las unidades de producción aumentan la rentabilidad conforme a su nivel tecnológico (Cuadro 6). La producción también fue rentable económicamente para los tres niveles tecnológicos; sin embargo, los productores de los niveles medio y bajo, en un enfoque de costo de oportunidad, debieran canalizar los recursos productivos a otras actividades.

Este resultado en comparación al obtenido por Rucoba et al. (2006) en el análisis a un sistema de producción de tomate bajo invernadero en la región centro-sur de Chihuahua, donde obtuvo un B/C de 1.89, el cual es mayor, en comparación con el B/C de las UPJ en Puebla con niveles bajos y medios de tecnología, pero menor en comparación a las unidades con nivel tecnológico alto. Esta diferencia, según Rucoba et al. (2006), se debe a la alta incidencia solar en el estado de Chihuahua que permite al sistema de producción bajo invernadero lograr altos rendimientos por metro cuadrado, además de realizar el cultivo de tomate en hidroponía, donde esta

Cuadro 3. Cantidad y calidad de jitomate (*Solanum lycopersicum* Mill.) conforme al nivel de IT.

Nivel de IT	Rendimiento medio (t ha ⁻¹)	Calidad primera (%)	Calidad segunda (%)	Calidad tercera (%)
Bajo	26.7	69	20	11
Medio	46.8	73	17	10
Alto	67.4	70	18	11

Cuadro 5. Costos e ingresos de las UPJ por nivel de IT.

Nivel de IT	Inversión (\$) por 1000 m ²	Costos totales (\$)	Ingresos (\$)
Bajo	112,374.02	238,037	555,664
Medio	168,336.73	338,035	797,334
Alto	175,115.74	367,492	1,462,592

Fuente: Elaboración propia en base a encuestas aplicadas en julio de 2017.

Cuadro 6. Rentabilidad financiera y económica de las UPJ conforme a nivel de IT.

Nivel tecnológico	B/C Financiera	B/C Económica
Bajo	1.14	1.04
Medio	1.30	1.18
Alto	2.31	2.16

Fuente: Elaboración propia en base a encuestas aplicadas en julio de 2017.

Cuadro 4. Precios y calidad de jitomate (*Solanum lycopersicum* Mill.) conforme al nivel de IT en las UPJ.

Nivel de IT	Primera		Segunda		Tercera	
	Máximo (\$)	Mínimo (\$)	Máximo (\$)	Mínimo (\$)	Máximo (\$)	Mínimo (\$)
Bajo	16.88	7.62	13.78	6.58	11.90	4.81
Medio	17.17	7.74	15.63	7.16	12.68	4.71
Alto	19.94	10.83	16.67	10.61	15.22	8.67

Fuente: Elaboración propia en base a encuestas aplicadas en julio de 2017.

técnica de producción permite un manejo eficiente del agua y nutrición de la planta de una manera mucho más controlada; FIRA (2017) menciona que Chihuahua logra rendimientos más altos debido a la eficiente aplicación de programas de control de plagas, enfermedades y nutrición.

Terrones *et al.* (2011) en Acaxochitlán Hidalgo evaluaron la rentabilidad económica de cuatro proyectos de jitomate bajo invernadero con B/C de 2.30, 2.65, 3.09 y 1.57, observando que al menos tres de estos valores superaron en beneficio a las unidades de producción evaluadas en esta investigación. Estas diferencias pueden deberse a la implementación de prácticas tendientes a la Certificación de Inocuidad de sanidad vegetal (SAGARPA, 2015).

CONCLUSIONES

La producción de jitomate bajo invernadero en Puebla, es una actividad rentable; sin embargo, el indicador de rentabilidad económica señala que es relativamente ineficiente el uso de recursos en los estratos medio y bajo. Para aumentar la eficiencia, necesariamente debe aumentar el rendimiento unitario; que los productores inviertan en el equipamiento utilizado para las labores de manejo del cultivo, además de contar con asesoría especializada para capacitar a su mano de obra con la finalidad de incrementar el nivel tecnológico de las UPJ.

LITERATURA CITADA

- Baca, U. G. (2010). Evaluación de Proyectos. Sexta ed. México: McGraw Hill. 318 p.
- Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura, FIRA. (2011). Oportunidades de Inversión en la Producción de Tomate Rojo en México. FIRA Boletín Informativo. Nueva época, número 13, Año 2011, México. [Consultado 20 de noviembre de 2016]. Disponible en: <http://www.fira.gob.mx>
- Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura, FIRA. (2016). Panorama Agroalimentario. Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial. Tomate Rojo 2016. 36 p. [Consultado 4 de mayo de 2019]. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200635/Panorama_Agroalimentario_Tomate_Rojo_2016.pdf
- Fundación COTEC para la Innovación Tecnológica (2001): "Innovación Tecnológica. Ideas Básicas". Madrid. España, ISBN: 84-95336-17-0. 46 p. [Consultado 4 de mayo de 2019]. Disponible en: http://www.uca.es/recursos/doc/Unidades/consejo_social/1801800_1032010103532.pdf
- García Sánchez, E. I., Aguilar Ávila, J., Bernal Muñoz, R. (2011). La agricultura protegida en Tlaxcala, Méjico: La adopción de innovaciones y el nivel de equipamiento como factores para su categorización. Teuken Bidikay 02 (Argentina, Colombia, Méjico) 193 – 212.
- Galbraith, J. K. (1969): El nuevo estado industrial, Ariel, Barcelona. 504 p.
- Garrido C., A., E. Palacios V., J. Calatrava L., J. Chavez M., y A. Exebio G. 2004. La importancia del valor, costo y precio de los recursos hídricos en su gestión. Proyecto Regional de Cooperación Técnica para la Formación de Economía y Políticas Agrarias y de Desarrollo Rural en América Latina. 49 p.
- Hernández, R., Indira R. (2009). Módulo para Analizar el Crecimiento del Comercio Internacional (MAGIC Plus): Manual para el Usuario. CEPAL. México, D. F.: Ed. Naciones Unidas.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2009. Censo Agrícola, Ganadero y Forestal, Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Tecamachalco, Puebla. Clave geoestadística 21154. 9 pp.; Tetela de Ocampo, Puebla Clave geoestadística 21172. 9 pp.; Tochtepec, Puebla. Clave geoestadística 21189. 9 pp.; Aquixtla, Puebla. Clave geoestadística 21016. 9 pp.
- Mankiw G. (2012). Principios de economía, Sexta Edición. McGraw Hill Madrid. 891 p.
- Molina Manchón, H., y Conca Flor, F. J., (2000), Innovación Tecnológica Y Competitividad Empresarial, Colección Textos Docentes, Ed. Universidad de Alicante, España.
- Mundo C.M., Morales J.J. Jaramillo V.J.L., Macías L.A., Ocampo M.J., Gómez G.A. (2018). Innovación tecnológica y desempeño productivo y económico en el cultivo de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo invernadero en el estado de Puebla. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados, Campus Puebla, Programa en Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional, 28-46.
- Muñante, D. (2002). Manual de formulación y evaluación de proyectos. UACH. Texcoco, México.
- Padilla L E., Rumayor A., Pérez O. y Reyes E., 2010. Competitiveness of Zacatecas (Mexico) Protected Agriculture: The Fresh Tomato Industry. International Food and Agribusiness Management Review Volume 13. Pp: 45:64.
- Rucoba G.A., Anchondo N.Á., Luján Á.C., & Olivas G.J. (2006). Análisis de rentabilidad de un sistema de producción de tomate bajo invernadero en la región Centro-Sur de Chihuahua. Revista Mexicana de Agronegocios, 10(19).
- Sánchez, E. F., & Ordás, C. J. V. (1996). El proceso de innovación tecnológica en la empresa. Investigaciones europeas de dirección y economía de la empresa, 2(1), 29-46.
- Secretaría de Agricultura, ganadería, desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, SAGARPA, 2015. [Consultado 10 de junio de 2015]. Disponible en: <https://www.gob.mx/sader/hidalgo/articulos/produccion-de-jitomate-bajo-condiciones-de-invernadero?idiom=es>
- Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. SIAP. (2014). Cultivo de Tomate rojo (jitomate) bajo invernadero, en la producción agrícola para el año 2014 en la modalidad de riego y temporal. [Consultado 10 de Enero de 2017]. Disponible en: http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp
- Terrones C.A., Sánchez T.Y. (2011). Análisis de la rentabilidad económica de la producción de jitomate bajo invernadero en Acaxochitlán, Hidalgo. Revista Mexicana de Agronegocios, 15(29), 752-761.
- Velasco H.E., Nieto Á.R., Navarro L.E.R. (2011). Cultivo del tomate en hidroponía e invernadero. Universidad Autónoma de Chapingo, 126 pp.

Semiautomatisation of one small scale greenhouse

Semiautomatización de un invernadero de pequeña escala

Guadiana-Alvarado, Zoe A.¹; Durán-García, Héctor M.¹; Rossel-Kipping, Erich D.¹; Algara-Siller, Marcos¹; Cisneros-Almazán, Rodolfo¹

¹Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Álvaro Obregón #64, Col. Centro, C.P. 78000. San Luis Potosí, S.L.P. México. ²Colegio de Posgraduados, Campus Salinas, Iturbide No. 73, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí.

*Autor de correspondencia: arturo.guadiana@uaslp.mx

ABSTRACT

Objective: Implement a low-cost semi-automated system in a small-scale greenhouse

Design/methodology/approach: For the automation an arduino plate, an RHT03 sensor, a 78xx regulator, a Big John Giant pump of a 1 hp and a Sun Hold Ras 0510 relay were used. With the Arduino board, a semi-automated system was implemented that controls the ignition and shutdown of the irrigation and nebulization system, the temperature, relative humidity and humidity of the substrate are regulated.

Results: The parameters that were measured are humidity of the substrate, relative humidity and, temperature with a total of 5 sensors for relative humidity and temperature and three sensors for the humidity of the substrate. By measuring these variables the on and off of pumps for irrigation and fogging is controlled, as well as having terminals that in the future can control the opening and closing of the lateral vents.

Implications: We were able to confirm that the automation of the greenhouse helps to streamline agricultural processes while optimizing and controlling climatic axes that can be assumed as possible threats in the framework of the planting and ripening process. We also check the effectiveness of this type of methods when producing and taking care of the fruit.

Conclusions: The automation to be controlled by a computer, facilitates having several modules in operation, controlling the irrigation and nebulization pumps according to the needs of each module.

Keywords: automation, greenhouse, agriculture, agroindustry.

RESUMEN

Objetivo: Implementar un sistema semiautomatizado de bajo costo en un invernadero a pequeña escala

Metodología: Para la automatización se utilizó una placa arduino, un sensor RHT03, un regulador 78xx, una bomba Big John Giant de un 1 hp y un relevador Sun Hold Ras 0510. Con la placa arduino se implementó un sistema semiautomatizado que controla el encendido y el apagado del sistema de riego y nebulización, se regula la temperatura, la humedad relativa y la humedad del sustrato.

Resultados: Los parámetros evaluados fueron humedad del sustrato, humedad relativa y, temperatura con un total de cinco sensores para humedad relativa y temperatura y tres sensores para la humedad del sustrato. Al medir estas variables se controla el encendido y el apagado de bombas para riego y nebulización, además de contar con terminales que en un futuro puedan controlar la apertura y el cierre de las ventilas laterales.

Agroproductividad: Vol. 12, Núm. 9, septiembre. 2019. pp: 53-59.

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

Implicaciones: Se confirmó que la automatización del invernadero ayuda a agilizar los procesos agrícolas al tiempo que optimiza y controla ejes climáticos que pueden ser asumidos como posibles amenazas en el marco del proceso de siembra y maduración. Se comprobó la eficacia de este tipo de métodos a la hora de producir y cuidar el fruto.

Conclusiones: La automatización al ser controlada por un equipo de cómputo, facilita tener diversos módulos en operación, controlando las bombas de riego y nebulización de acuerdo a las necesidades de cada módulo

Palabras claves: automatización, invernadero, agricultura, agroindustria

INTRODUCCIÓN

La producción de cultivos agrícolas en condiciones protegidas incrementa el rendimiento y la calidad del fruto; siendo la norma UNE-EN-13031-1 (invernaderos: proyecto y construcción) la que define al invernadero como una estructura usada para el cultivo y protección de plantas y cosechas, la cual optimiza la transmisión de radiación solar bajo condiciones controladas para mejorar el entorno del cultivo, y cuyas dimensiones posibilitan el trabajo de personas en su interior. Mediante el uso de películas plásticas, sustratos y sistemas de automatización, en los invernaderos se establecen las condiciones óptimas de radiación, temperatura, humedad y dióxido de carbono. De acuerdo al nivel de equipamiento tecnológico, los invernaderos se clasifican como de nivel bajo, medio y alto (Ortega *et al.*, 2017). Los invernaderos de nivel tecnológico bajo se caracterizan porque en sus instalaciones la mayoría de las actividades, que implican el manejo se realizan en forma manual, en general, son instalaciones en las que sólo se cuenta con herramientas manuales, y en ocasiones, con algunos dispositivos mecánicos, tales como bombas de combustión interna o eléctrica para riego; carecen de calentadores o equipos para el control de temperatura; la apertura y cierre de ventilas se realiza manualmente. Dentro de los invernaderos de nivel tecnológico medio se agrupan aquellas unidades equipadas con dispositivos mecánicos y eléctricos, como bombas para los sistemas de riego, calentadores de gas de encendido manual o automático. La apertura y cierre de ventilas se realiza con malacates manuales y, en ocasiones, con motores; pueden contar con sistemas de fertirrigación rústicos (Quinto, 2017).

En los invernaderos de nivel tecnológico alto se incluyen instalaciones con dispositivos automatizados, con sensores y actuadores para controlar el riego, un ejemplo son los temporizadores, que pueden programarse para encender y apagar bombas, así como fotoceldas para apagar y encender luces, o sensores para operar calentadores y otros dispositivos similares, y también pueden contar con algunas actividades computarizadas (Palacios *et al.*, 2006). La funcionalidad del invernadero depende de las características tipológicas y de operación, material de cubierta, condiciones del clima, tipo y manejo del cultivo, sistemas de producción y ventilación. El control de la temperatura, humedad y concentración de CO₂ son variables climáticas que afectan el desarrollo de la planta y, se refleja en la cantidad y calidad de la producción (Ortega, 2014; Castilla, 2005; García *et al.*, 2010). En México la agricultura protegida está en constante crecimiento y desarrollo (Nieves *et al.*,

2011); el INEGI (2010) reportó para el año 2007, 12,540 ha instaladas; la SAGARPA (2010) (Secretaría de Agricultura Ganadería, Pesca y Alimentación) registró 11,760 ha para el año 2010 y, para ese mismo año la Asociación Mexicana de Agricultura Protegida Asociación Civil (AMHPAC) censó 15,300 ha.

En México el SIAP (2013) reporta la existencia de 19,985 unidades de cultivo protegido; de los cuales 66% corresponden a invernaderos, 11% a macro túneles, 10% a casa sombra, 5% a micro túneles, 5% techo sombra y 3% pabellón.

La introducción de sistemas de refrigeración, basados principalmente en el enfriamiento evaporativo (nebulización y pantallas evaporativas) han sido acogidos como técnicas para reducir la temperatura al convertir el calor sensible en latente en zonas semiáridas y del mediterráneo; además se puede monitorear la eficiencia del uso del agua a través de la transpiración de la planta y el intercambio de O₂ y CO₂ (Kittas *et al.*, 2003). El desarrollo de los cultivos en sus diferentes fases de crecimiento, está condicionado por el riego y factores ambientales o climáticos como: temperatura, humedad relativa, iluminación, dióxido de carbono (CO₂) Leyva, (2014). Para que la planta pueda realizar sus funciones, es necesaria la conjunción de estos factores dentro de límites mínimos y máximos, fuera de los cuales la planta cesa su metabolismo, pudiendo llegar a la muerte (Mamani, 2017). En los últimos años se han introducido al mercado gran variedad de sensores para monitorear temperatura y humedad relativa al interior del invernadero, facilitando el diagnóstico de las condiciones ambientales en las diferentes

estaciones del año, lo cual permite tomar decisión respecto a los controles más apropiados (Salazar et al., 2014).

Al interior del invernadero interesa controlar la humedad del sustrato, temperatura, humedad relativa, CO₂, e iluminación (Lugo et al., 2014). El enriquecimiento de la atmósfera del invernadero con CO₂, es muy interesante en muchos cultivos (Huertas, 2008); el microclima depende en parte de la dinámica de la evapotranspiración presente (la cual incluye a la transpiración de la planta y a la evaporación del suelo), de la infraestructura existente en el invernadero (cortinas, domos, sombra, humidificadores y calefacción) y de las perturbaciones climáticas. Uno de los parámetros que mejor integran el estado de sanidad y desarrollo de un cultivo, es el déficit de presión del vapor (DPV), el cual está ligado directamente con las dinámicas de evapotranspiración (Ramos et al., 2010; Lugo et al., 2014). Automatizar el invernadero en México se traduce en la compra de tecnología extranjera cuyo costo es elevado para el promedio de los productores, por lo que la mayoría invierte en infraestructura, pero no en monitorear y controlar el clima al interior, suprimiendo las ventajas y obteniendo como resultado menor cantidad de productos y calidad. Por lo anterior se planteó como objetivo implementar un sistema semiautomatizado de bajo costo en un invernadero de pequeña escala.

MATERIALES Y MÉTODOS

Trabajando con tomate bola (*Solanum lycopersicum* Mill.) variedad Sheena, la investigación se desarrolló e implementó en el ciclo primavera-verano del año 2017, en el invernadero del área Agroindus-

trial (Figura 1), de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

El invernadero en el cual se trabajó es del tipo túnel (6 m de ancho por 12 de largo), la ventilación es lateral. Para la automatización se utilizó una placa arduino, un sensor RHT03, un regulador 78xx, una bomba Big John Giant de un 1 hp y un relevador Sun Hold Ras 0510. Con la placa arduino se implementó un sistema semiautomatizado que controla el encendido y el apagado del sistema de riego y nebulización, se regula la temperatura, la humedad relativa y la humedad del sustrato.

El arduino son tres componentes (una placa hardware libre, un software y un lenguaje de programación libre), creado en el instituto de diseño interactivo Ivrea (Italia) (Torrente, 2013). El sensor RHT03 registra la humedad y temperatura con un solo cable de interfaz, esta calibrado y no requiere componentes adicionales, se pueden obtener medidas correctas de humedad relativa y temperatura. Las características y aplicación fueron las siguientes: alta precisión, tipo capacitivo, temperatura de rango completo compensado, medición de humedad relativa y temperatura, señal digital calibrada, excelente estabilidad a largo plazo, componentes adicionales no necesarios, larga distancia de transmisión (hasta 100 m), bajo consumo de energía, 4 pines empaquetados y completamente intercambiables. Regulador 78xx, los reguladores lineales de tensión, también llamados reguladores de voltaje, son circuitos integrados (CI) que por su sencillez, precio y eficacia, son la solución más interesante. De acuerdo a su polaridad se clasifican en reguladores de voltaje positivo (7800) y reguladores de voltaje negativo (7900).

Los reguladores de tensión proporcionan tensión continua estabilizada y con protección frente a sobrecargas o corto circuito. La bomba Big John Giant de 1 hp, cuenta con una caja de hierro fundido sumergible, base de fibra de polipropileno, cubierta de fibra de policarbonato, con depósito especial para aceite, el Interruptor es accionado por diafragma; el cuerpo de la bomba y el impulsor son no atascables. El relevador Sun Hold Ras 0510, es un relevador compacto de un polo, dos tiros (SPDT) y bobina de 5 Vcc.

El relevador es un interruptor controlado por un circuito eléctrico a través de una bobina y un electroimán, el cual incide sobre diversos contactos para la apertura o el cierre de otros circuitos, que funcionan de manera independiente. La bobina crea un campo magnético que lleva los contactos a establecer una conexión, mientras que el electroimán permite el cierre de los contactos; el relevador actúa como interruptor, permitiendo el paso o no de la corriente eléctrica.

La Figura 1 muestra el diagrama funcional del sistema de automatización desarrollado, empezando por el encendido (este módulo de control en realidad es una computadora de escritorio), y al iniciar se despliega información necesaria para el funcionamiento, empezando por el manual del usuario. En la interfaz de los datos del sistema se carga información del clima y se pueden consultar las gráficas de (temperatura, humedad relativa y humedad del sustrato), el histórico diario y la programación de los timers. Para facilitar el mo-

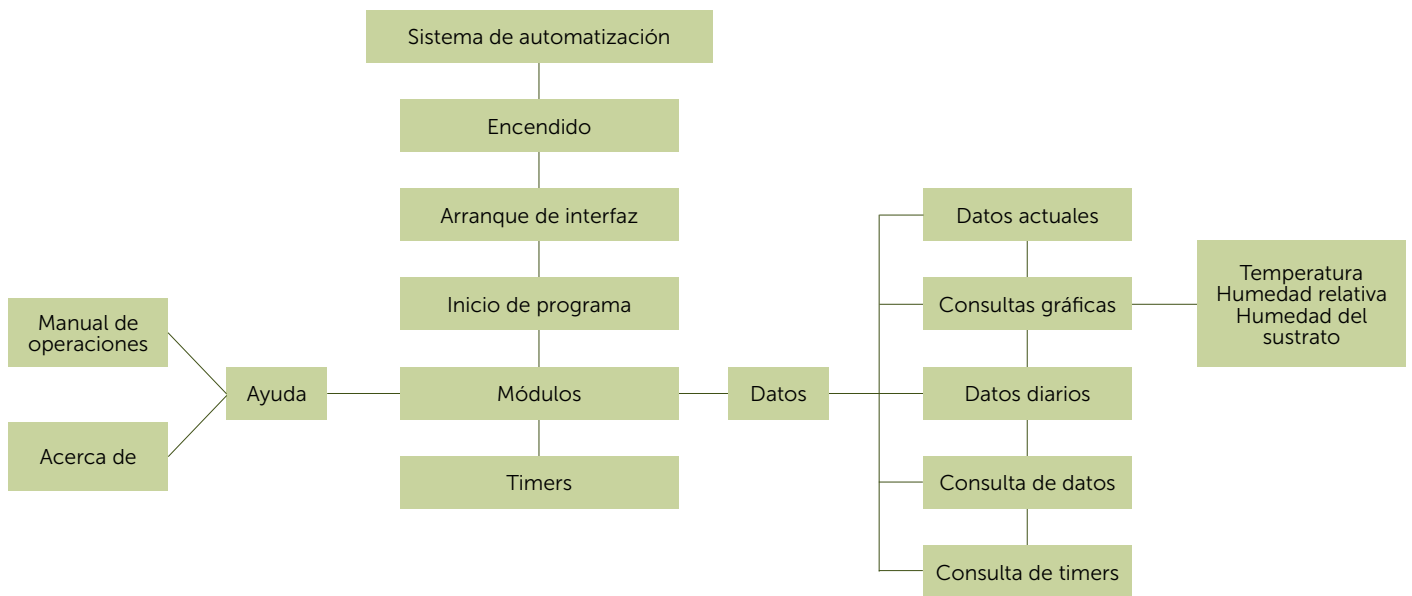


Figura 1. Diagrama Funcional del sistema de automatización del invernadero.

nitoreo al interior del invernadero, se dividió en cinco zonas, y en cada una, se registró la temperatura y la humedad mediante un sensor móvil durante 10 d consecutivos en los horarios de 8:00-9:00 a.m.; 12:00-12:45 p.m. y de 16:00-16:20 p.m.

La humedad relativa y temperatura fueron monitoreados por medio de cinco sensores (RHT03) que toman las lecturas de temperatura y humedad; y el monitoreo, registro, análisis y promedio de temperaturas y humedad relativa, determinan el encendido o apagado del equipo de nebulización, acción que se realiza en función del análisis de los datos de humedad relativa enviada por el sensor. La temperatura especificada por el usuario y la temperatura del invernadero controlan el tiempo de activación de los nebulizadores.

Calibración del sensor de humedad del sustrato

La calibración del sustrato se realizó a través de la diferencia de peso del cubo de lana de roca a partir de la saturación hídrica. Para una saturación total (100%) se obtuvo un peso de 315 g (cubo más agua), el

cubo sin agua pesó 125 g; para una saturación al 50%, 220 g (cubo más 50% de agua), para la calibración se insertó la horquilla del sensor en los cubos a 0, 50 y 100% de saturación, para lo cual se registró y analizó el voltaje; este proceso se repitió 10 veces, sin encontrar diferencia significativa. A partir de los datos obtenidos se programa el protocolo de análisis, el control de encendido se realiza a partir de timer programado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el invernadero se implementó un sistema semiautomatizado funcional y de bajo costo. Los parámetros humedad del sustrato, humedad relativa y, temperatura con un total de cinco sensores para humedad relativa y temperatura y tres para la humedad del sustrato. Al medir estas variables se controla el encendido y el apagado de bombas para riego y nebulización, además de contar con terminales que en un futuro puedan controlar la apertura y el cierre de las ventilas laterales. Lugo *et al.* (2014) desarrollaron un paquete tecnológico de bajo costo para el monitoreo ambiental de invernaderos, el paquete se basa

en el uso de software y hardware libres y considera la construcción y adaptación de sensores para medir las variables climatológicas dentro y fuera del invernadero; la construcción y adaptación de interfaces electrónicas para capturar los valores de los sensores y el desarrollo de software para interpretar los datos. Como plataformas de software y hardware libres utilizaron Java y Arduino como parte importante de la técnica de proceso. Se compararon los sensores desarrollados contra los sensores comerciales en condiciones climatológicas iguales y se obtuvieron datos similares.

El objetivo fue semiautomatizar un invernadero de bajo costo, solucionando los posibles problemas de inexactitud en la medición y control de variables climáticas; dificultades que en la mayoría de los casos se asocian al control manual de la temperatura, la humedad y la luminosidad de los cultivos bajo cubierta, mostró que la humedad relativa sin el sistema de automatización llegó a una media de 17.56% dentro del invernadero, donde se muestreo en el día por triplicado durante 10 d, la

temperatura registrada varió de 17 °C a 41 °C con una media de 32 °C, la humedad del sustrato con niveles inferiores al 30%.

La temperatura promedio del invernadero con el sistema de automatización encendido fue de 26 °C, la humedad relativa de 54% y la del sustrato de 85% en promedio. Estos resultados mostraron diferencia significativa en cuanto a los parámetros registrados dentro del invernadero, y evidenció que la puesta en marcha del sistema semiautomatizado mantiene condiciones adecuadas a la planta. Rodríguez *et al.* (2017) reportó que debido a las condiciones del clima se requiere que este sea controlado durante el día ya que es cuando se presentan temperaturas altas, el horario de automatización lo estableció de las 8:00 h a las 18:00 h monitoreando la temperatura y la humedad relativa cada 5 min y, cuando se registra una temperatura mayor a 25 °C se activa el ventilador y el sistema de riego por nebulización durante 5 min, logrando que la humedad relativa aumente y el ventilador siga funcionando hasta que la temperatura nuevamente registre 20 °C.

De acuerdo con Rodríguez *et al.* (2014) el aumento de la floración y el crecimiento del fruto se da en un periodo de 2 a 4 d bajo las condiciones establecidas en el sistema automatizado, mostrando una mejoría en la producción y el comportamiento de la planta; información que coincide con lo reportado por Rincón (2016) pues este autor con ayuda de una aplicación móvil mediante un sistema operativo Android, monitoreó y controló la temperatura y humedad, facilitando el análisis de datos e incidiendo en la calidad de la producción.

En presente trabajo, se pudo confirmar que la automatización del invernadero ayuda a agilizar los procesos agrícolas al tiempo que optimiza y controla ejes climáticos que pueden ser asumidos como posibles amenazas en el marco del proceso de siembra y maduración.

Una de los factores de mayor relevancia del proyecto fue el costo, Jainfa (2011) reporta que con el fin de resolver algunos problemas en la agricultura tradicional de precisión, como es la adquisición de datos en tiempo real y el monitoreo de pequeñas áreas, diseñó e implementó un sistema de monitoreo ambiental para la agricultura de precisión con sensores inalámbricos basado en tecnología "bayberry", para esto, en un invernadero ubicado en un lugar apartado y de difícil acceso, que funciona con paneles solares y baterías de almacenamiento, registro

la temperatura, humedad y luminosidad, estos datos los transmitió a un servidor remoto en tiempo real a través de conexión GPRS, el sistema logró entregar información en tiempo real y su costo aproximado por m² fue de US\$4.16.

Otros autores como Tongtong *et al.* (2011) utilizó topología en Estrella, teniendo un costo aproximado de US\$4.76 por m², anotando que el monitoreo y control ambiental son algunas de los variables de mayor relevancia en la protección y producción de cultivos.

Guofang *et al.* (2010) enfocaron su trabajo a automatizar y controlar el ambiente de los cultivos en invernaderos de baja escala, lo cual hicieron en forma remota, su diseño se basó en ZigBee y tecnología WEB, contando con una aplicación móvil desarrollada en Lap VIEW, el sistema de vigilancia remota muestra información ambiental en tiempo real, siendo una herramienta para evaluar el entorno del invernadero y generar información para un control efectivo de las condiciones ambientales del invernadero, el costo aproximado es de \$8.22 USD por m². Mendoza (2015) diseñó e implementó un prototipo que permite controlar y monitorear la temperatura y la humedad de un invernadero desde cualquier parte por medio de una red LAN, siendo este un elemento histórico en desarrollo del sistema agro inteligente. Como dispositivo de procesamiento optó por un kit de Ethernet, el cual cumple con todos los requerimientos del sistema. En el microcontrolador programó el firmware del sistema en lenguaje C en el software PIC C Compiler; el código incluyó la implementación de parte del stack TCP/IP. Utilizo TCP (Protocolo de Control de Transmisión), y a la página Web diseñada se envían las mediciones de temperatura, humedad y el estado de los dispositivos de control, el costo aproximado fue de \$3.95 USD por m².

El invernadero del presente estudio (de bajo costo y pequeña escala) (72 m²) costó \$49,000 pesos mexicanos, incluye estructura, cubierta y sistema de riego; automatizarlo costó \$5130 pesos mexicanos, distribuidos (Cuadro 1).

El costo de automatizar el invernadero fue de \$71.25 pesos mexicanos por m², aproximadamente US\$3.39 tomando como referente \$21.00 pesos por dólar. Automatizar el invernadero es ligeramente más barato, con una esperanza de vida útil mayor y mejores rendimientos del cultivo, que, para el presente caso, fueron 105 t de tomate comercializado a \$11,000 pesos mexicanos



Cuadro 1. Costos generales de automatización del invernadero de bajo costo y pequeña escala tipo túnel.

Unidad	Cantidad	Precio unitario (US\$)	Precio total (US\$)
Sensores	5	11,43	57,14
Cable 5E 4 hilos	100 m	0,22	22,00
Arduino uno	1	14,29	14,29
Sensores de horquilla	4	4,76	19,05
Pines	20	0,03	0,48
Sensores LM35	3	0,57	1,71
Pistola de soldadura	1	3,81	3,81
Manguera	40 m	0,71	28,57
PC	1	89,00	89,00
Total			236,05

por tonelada. En sistemas de producción en invernadero es posible obtener hasta tres cosechas al año, reduciendo los costos por automatización; la vida útil de la estructura del invernadero es hasta de 20 años, la del plástico de cinco y la de los sensores de tres años. Lo anterior es relevante si se considera que el rendimiento de tomate bola "Sheena" a campo abierto es de 70 t ha⁻¹ en promedio y, sólo es posible obtener una cosecha al año.

CONCLUSIONES

Implementar un sistema semiautomatizado de bajo costo es posible en un invernadero de pequeña escala y es más rentable. La automatización al ser controlada por la técnica de proceso, facilita tener diversos módulos en operación, controlando, por ejemplo, las bombas de riego y nebulización de acuerdo a las necesidades de cada módulo; es de fácil operación y capaz de competir con otros sistemas descritos y ofertados en el mercado. En el futuro, para realizar una agroindustria, agro 4.0, agro inteligente es necesario, mecanización y automatización de todos los procesos productivos.

AGRADECIMIENTOS

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

LITERATURA CITADA

Asociación Española de Normalización y Certificación. (2002). UNE-EN 13031-1: Invernaderos: Proyecto y construcción. Parte 1, invernaderos para producción comercial. Editor AENOR. 105 p.

Castilla, N. y Hernández, J. (2005). The plastic greenhouse industry of Spain. *Chronica Horticulturae*. (45).

García, E. R., Vidal y L. M. Tamayo. (1978). Precipitación y probabilidad de la lluvia en la República Mexicana y su evaluación. México: CETENAL.

García, M.C., Balasch, S.F., Alcon, M.A. y Fernández, Z. (2010). Characterization of technological levels in Mediterranean horticultural greenhouses. *Spanish Journal of Agricultural Research* 8(3): 509-525.

Guofang, L. Q., Yubin and L. Shengtao. (2010). Remote monitoring system of greenhouse environment Based on LabVIEW. *International Conference on Computer Design and Applications*.

Huertas, L. (2008). Horticom. <http://www.horticom.com/pdf/imagenes/69/757/69757.pdf>.

Jianfa, X., Zhenzhou T., Xiaoqiu S., Lei F., Huaizhong L. 2011. An environment monitoring system for precise agriculture based on wireless sensor networks, *Seventh International Conference on Mobile Ad-hoc and Sensor Networks*, Beijing, China.

Kittas, C., Bartzanas, T., and A. Jaffrin. (2003). Temperature gradients in a partially shaded large greenhouse equipped with evaporative cooling pads. *Biosystems Engineering*. 85.

Leyva, J. R. (2014). Sistemas de refrigeración en un invernadero de malla: efectos sobre el microclima, productividad y respuestas de las plantas de un cultivo de tomate. Universidad de Granada.

Lugo, E., Villavicencio G. y Díaz S. (2014). Paquete tecnológico para el monitoreo ambiental en invernaderos con el uso de hardware y software libre. *Terra Latinoamericana*. 32(1).

Mamani, M., Villalobos, M., Herrera, R. (2017). Sistema web de bajo costo para monitorear y controlar un invernadero agrícola. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*. 25(4).

Mendoza, M. F. (2015). Sistema de monitoreo y control de invernaderos a través de una red inalámbrica mediante un servidor web embebido en microcontroladores de alto rendimiento. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Querétaro. 62 p.

Nieves, G., Van der, Valk V. y Elings, A. (2011). Mexican protected horticulture. Production and market of Mexican protected horticulture described and analysed Wageningen UR Greenhouse Horticulture. *Landbouw Economisch Instituut. The Hague. Ministre of Economic Affairs. Rapport GTB 1. 126*.

Ortega, M., L. D., Martínez V., Waliszewski, S. M., Ocampo M., Huichapan M., El Kassis, E., Soto Ruiz, G., Pérez Armendáriz, B. (2017). Nivel tecnológico de invernadero y riesgo para la salud de los jornaleros. *Nova Scientia*. 9.

Ortega M., Ocampo-M., Sandoval C., Martínez V., Huerta P., Jaramillo V. (2014). Caracterización y funcionalidad de invernaderos en Chignahuapan, Puebla, México. *Revista Bio Ciencias* 2(4): 261-270.

Palacios, S., Gonzales, K., Manuel, V. (2006). Invernaderos de nivel a nivel. 30-05-2018, de Agro2000 Sitio web: <http://www.2000agro.com.mx/agroindustria/invernaderos-de-nivel-a-nivel/>.

Quinto W. (2017). Invernaderos de nivel a nivel. <http://www.2000agro.com.mx/agroindustria/invernaderos-de-nivel-a-nivel/> [2 Jun. 2018].

Ramos, F.J.C., V. López, V. Lafont, F. Enea, G. Duplaix. (2010). Una estructura neurodifusa para modelar la evapotranspiración instantánea en invernaderos. *Ingeniería. Investigación y Tecnología*. XI.

- Rincón, V.A., J. Silva, T. (2016). Automatización de invernadero para producción agrícola con tecnología de punta a bajo costo. Colombia. Revista de Investigaciones empresariales. 23.
- Rodríguez, R. F., I. García, S. Vásquez y L. Juárez. (2017). Análisis, diseño e implementación de un invernadero automatizado para la producción de fresa en Tehuacán. Revista del Desarrollo Tecnológico.
- Rodríguez, C., Díaz, H., Pérez, G., Cruz, Z. y Rodríguez, H. (2014). Evaluation of quality and yield in papaya wild (*Carica papaya* L.) from Cuba. Cultivos Tropicales, San José de las Lajas. 35(3): 36-44.
- Salazar, M. R. Rojano, A., López, I. (2014). Water Use Efficiency in Controlled Agriculture. Tecnología y ciencias del agua. 5(2): 177-183.
- SIAP. (2013). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Boletín semanal del SIAP de la SAGARPA, 2.
- Tongtong, Y., Wenjie F., Zheyang L. (2011). Temperature and humidity wireless sensing and monitoring systems applied in greenhouse. Proceedings of 2011 International Conference on Computer Science and Network Technology.
- Torrente, A. O. (2013). Arduino. Curso práctico de formación. Alfaomega. Primera Edición Rustica. Madrid, España. 588 p.



Volatile organic compounds of aromatic species as growth promoters of saladette tomato (*Solanum lycopersicum* Mill.)

Compuestos orgánicos volátiles de especies aromáticas como promotores de crecimiento del tomate saladette (*Solanum lycopersicum* Mill.)

*Marroquín-Agreda, F.J., Gallegos-Castro, M.E., Villarreal-Fuentes, J.M., Aguilar-Fuentes, J., Lerma-Molina, J.N.

Universidad Autónoma de Chiapas, Facultad de Ciencias Agrícolas, Entronque Carretera Costera-Pueblo de Huehuetán, Huehuetán, Chiapas, México. CP. 30660.

*Autor para correspondencia: marroquinf@gmail.com

ABSTRACT

Objetivo: The present study analysed the effects of the Volatile Organic Compounds (VOCs) of the foliage and flowers of *Ocimum basilicum*, *Tagetes erecta* and *Origanum majorana* on the growth of the Saladette (*Solanum lycopersicum* Mill.).

Design/Method/Approach: The aromatic species in their phase of development and flowering were transplanted between grooves of tomato plants. The treatments (Association of aromatic species 1, 2 and 3 in development + tomato plant, association of aromatic species 1, 2 and 3 in flowering + tomato plant and tomato plant without association) were randomized under a completely randomized experimental design, with arrangements in blocks. The indicators of the phenology and growth of tomato plants were measured. The information was analyzed according to the ANOVA (0.05) and based on the calculated F. Next, the Tukey method (0.5) was applied.

Results: the association of aromatic species offers a positive effect on the growth of tomato plants; expressing more noticeable in the flowering stage of aromatic species. The species *Tagetes erecta* produced a significant difference with respect to the control and *Ocimum basilicum* (Tukey 0.05), this suggests that Cempasúchil has some effect on the evaluated variables showing early flowering in the tomato (5 d).

Research Limitations/Implications: The plantation interspersed between aromatic species and vegetables generated costs, this can be a limiting factor in the transfer of technology.

Findings/Conclusions: The Volatile Organic Compounds of the aromatic species favors the height, the diameter of the stem, the biomass and presents an early flowering (5 d) obtaining an early harvest.

Keywords: essential oil, association, vegetables, growth.

RESUMEN

Objetivo: Analizar los efectos de los Compuesto Orgánicos Volátiles (COVs) del follaje y de las flores de *Ocimum basilicum*, *Tagetes erecta* y *Origanum majorana*, en el crecimiento del tomate Saladette (*Solanum lycopersicum* Mill.).

Diseño/metodología/aproximación: Las especies aromáticas en su fase de desarrollo y floración se trasplantaron entre los surcos de las plantas de tomate; los tratamientos (Asociación de especies aromáticas 1, 2 y 3 en desarrollo + planta de tomate; asociación de especies aromáticas 1, 2 y 3 en floración + planta de tomate y planta tomate sin asociación) fueron aleatorizadas bajo un diseño experimental completamente al azar, con arreglos en bloques. Los indicadores de la fenología y crecimiento de las plantas de tomate fueron medidos; la información se analizó de acuerdo al ANOVA (0.05) y prueba de Tukey (0.05).

Agroproductividad: Vol. 12, Núm. 9, septiembre. 2019. pp: 61-65.

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

Resultados: La asociación de especies aromáticas ofrece un efecto positivo en el crecimiento de las plantas de tomate; expresándose más notorios en etapa de floración de las especies aromáticas. La especie *Tagetes erecta* produjo una diferencia significativa respecto al testigo y *Ocimum basilicum* (Tukey 0.05), esto sugiere que el Cempasúchil tiene algún efecto sobre las variables evaluadas mostrando floración temprana en el tomate (5 d).

Limitaciones del estudio/implicaciones: La plantación intercalada entre especies aromáticas y hortalizas generó costos, que pueden ser factor limitante en su divulgación a usuarios.

Hallazgos/conclusiones: posiblemente los compuestos volátiles de las especies aromáticas favorecen la altura, el diámetro del tallo, la biomasa y presenta una floración temprana (5 días) obteniendo una cosecha anticipada.

Palabras clave: aceites esenciales, hortalizas, crecimiento

los efectos de compuesto orgánicos volátiles (COVs) del follaje y de las flores de *Ocimum basilicum*, *Tagetes erecta* y *Origanum majorana*, sobre el crecimiento del tomate Saladette (*Solanum lycopersicum* Mill.).

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en los Invernaderos de la Empresa "Grupo Agroindustrial Chiapaneco S.C. de R. L. de C.V." (GRACHI); ubicado en el tramo Carretera La Trinitaria - Lagos de Montebello, km 10, entronque Colonia Emiliano Zapata km 3. Localizado en la Sierra de Chiapas, México (16.16343 N, 91.97594 O) a una altitud de 1,525 m.

Se evaluaron las especies aromáticas: *Ocimum basilicum*, *Tagetes erecta* y *Origanum majorana*, en lo sucesivo plantas 1,2,3. Durante el desarrollo experimental estas especies aromáticas fueron intercaladas con las plantas de tomate; los arreglos topológicos del material vegetal fue la siembra y asociación de las aromáticas en su fase de desarrollo y floración entre los surcos de las plantas de tomate, con una distancia de 20 cm entre plantas y 110 cm entre surcos.

Cada 15 d se hicieron podas del área foliar para promover los COVs. Las distribuciones de los tratamientos en este experimento fueron aleatorizadas bajo un diseño experimental completamente al azar con arreglo en bloques, en un área de 800 m² (20 m de ancho por 40 m de largo), obteniendo un total de 70 unidades experimentales, evaluando siete tratamientos (Asociación de aromáticas 1, 2 y 3 en desarrollo + Tomate; asociación de aromáticas 1,2 y 3 en floración + Tomate y Tomate sin asociación) con 10 repeticiones cada una.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción hortícola, bajo un modelo de explotación semi controlada como los invernaderos; cada día son más extensos y exigentes en el uso de Agroquímicos. El tomate (*Solanum lycopersicum* Mill.), es el fruto de mayor demanda mundial, exhibiendo en el 2018 un alza en el consumo *per capita* de 20.6 kg por año; posicionándose China como el principal productor y consumidor a nivel mundial; mientras que, en América, los Estados Unidos son el importador principal, y México el exportador, con una participación en el mercado internacional del 25.11% del valor de las exportaciones mundiales. Esta hortaliza mostró un aumento de 17.97% en el periodo del 2016 al 2018, pasando de 3.35 a 3.95 millones de toneladas y se estima un incremento acumulado de 125.8% para el 2030; esta demanda se podrá satisfacer con un aumento de la superficie y mejoras en la tecnificación del tomate bajo invernadero, área que se incrementó en 33% en el 2017; con una producción de 234 t ha⁻¹; sin embargo, los rendimientos apenas registran 34% del potencial del material genético (SIAP, 2016).

Ante la necesidad de alimento y adaptación al cambio climático, los sistemas hortícolas; así como la agricultura en general, cada día se vuelven más dependiente de los insumos agrícolas, específicamente insecticidas, fungicidas y fertilizantes minerales. En la producción de tomate, se invierte el 15% de los costos en pesticidas, el 25% fertilizantes solubles, 10% en productos foliares nutricionales, y 50% es gasto de mano de obra durante nueve meses del ciclo biológico. A este respecto, la inocuidad del producto agrícola es todavía un desafío cada día más complicado de obtener. Ante el reto de ofrecer productos sanos e inocuos, la diversidad biológica, específicamente las especies aromáticas ofrecen alternativas ante problemas fitosanitarios (Gallegos, 2018), debido a la repelencia hacia diversos agentes causales de problemas sanitarios; así también en la salud y la culinaria de la humanidad. Sin embargo, la relación positiva de los Compuestos Orgánicos Volátiles en el desarrollo, crecimiento y producción de las hortalizas, tales como el tomate, chile (*Cap-sicum* sp.) y otras, es poco divulgado. Con base en lo anterior, se analizaron

Las plantas aromáticas fueron sembradas en charolas de 200 cavidades utilizando peat moss® como sustrato, bajo malla sombra al 70%, de igual manera se obtuvieron las plántulas de tomate. Para la fase de campo se delimitaron dos áreas de 20 m de ancho por 20 de longitud, obteniendo ocho bloques (camas de siembra de cuatro surcos con 20 plantas), entre los surcos de siembra de cada bloque se trasplantaron 80 plantas de albahaca (*Ocimum basilicum*) en desarrollo (follaje) y 100 de albahaca en floración para el segundo bloque; asimismo para los tratamientos del Cempasúchil (*Tagetes erecta*), orégano orejón (*Origanum majorana*) y el testigo (sin asociación). Cada bloque o área con la aromática fueron cercadas con Nylon poliéster de 2 m de altura, para evitar el intercambio y fuga de Compuestos Orgánicos Volátiles.

Indicadores de la fenología y crecimiento de las plantas de tomate se midieron y analizaron, tales como la altura, diámetro, número de hojas, área foliar, días a floración y biomasa área. Las mediciones realizadas se iniciaron a los ocho días después del trasplante del tomate y hasta el inicio de la floración; para ello se utilizaron flexómetros, vernier (mm) y balanza granarí (gr) para la biomasa foliar; el conteo detallado para el número de flores y días a floración. Para la toma de datos se seleccionaron 10 plantas de tomate por tratamiento. La información obtenida se analizó de acuerdo al ANOVA (0.05) y con base a la F calcula, se procedió con la prueba posteriori de rango múltiple por el método de Tukey (0.05). El análisis de la base de datos de campo se hizo con el programa estadístico Statgraphics Centurion XVI.I

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se pudo apreciar una mejora en los indicadores del crecimiento del tomate (Figura 1, 2). La planta de tomate en asociación con *T. erecta* en la fase de floración registró aumento de 1.94 m en la altura, exhibiendo un crecimiento máximo de 7.56 m, mientras que la misma especie en su fase vegetativa tuvo una altura de 6.35 m, valor superior a las del sistema tradicional (sin asociación de aromáticas) 5.62 m.

El efecto que presentan las plantas aromáticas hacia otras especies se entiende en la etonobotánica como interferencias entre planta y microorganismo, provocadas por la liberación de sustan-

cias químicas a través de sus tejidos, vivos o muertos, mostrando ciertos efectos que evitan la herbivoría (Dominguez et al., 2002). Las plantas de tomate asociadas con *T. erecta* mostraron un diámetro de tallo de 2.01 cm, registrando un valor máximo de 11.61 cm; mientras que en el testigo registró 9.66 cm, obteniendo una diferencia con respecto al testigo y *Ocimum basilicum* (Tukey 0.05) (Figura 2).

Las plantas aparte de los metabolitos primarios, los cuales utiliza para su desarrollo y crecimiento; producen y liberan secundarios; compuestos Orgánicos Volátiles que utiliza para defenderse de los depredadores y garantizar la supervivencia de las especies. Sin embargo, los metabolitos secundarios de *Tagetes erecta* produce un efecto en la especie de tomate, la cual se refleja en una elongación celular.

En la naturaleza, las diversas interacciones ecológicas son medidas por señales visuales, olfativas, acústicas y

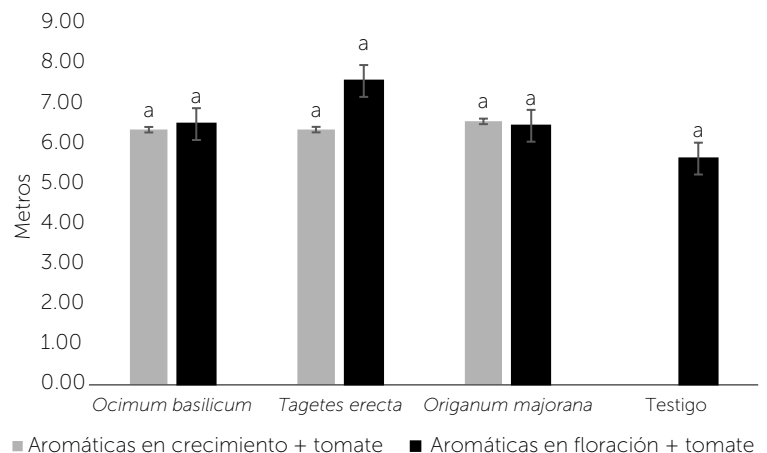


Figura 1. Altura máxima de la planta de tomate saladette (*Solanum lycopersicum* Mill.) asociada con plantas aromáticas en fase de crecimiento y floración.

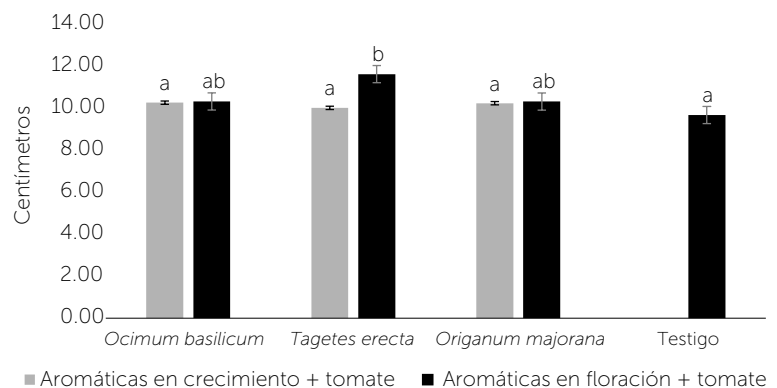


Figura 2. Diámetro máximo de la planta de tomate saladette (*Solanum lycopersicum* Mill.) asociado con plantas aromáticas en fase de crecimiento y floración.

térmicas; específicamente, las plantas emplean la forma, el olor, la estructura y textura, el néctar y los aromas florales para su defensa y reproducción (Gutiérrez, 2007; Pacini *et al.*, 2008). Los olores de las plantas aromáticas generan ambiente químico variado y diverso favorable que se expresa en un aumento en la altura y diámetro del tallo de *Cedrela odorata* L. (Marroquín, 2006; Leyva, 2005).

La biomasa de las plantas es el producto de los indicadores del crecimiento; es por ello que las plantas de tomate al tener mayor altura y diámetro, y al comprar las medias de la biomasa del tomate, las asociadas con *T. erecta* erecta comparada con plantas sin asociación, mostró diferencia estadística (Tukey 0.05) (Figura 3).

La asociación de cultivos con *T. erecta*, se ha llevado a cabo básicamente para el manejo de nematodos, realizando siembras directas al suelo y como incorporación de materia verde y seca. Trabajos realizados por El-Hamawi y Mohamed (1990), demostraron que el plantar jitomate con plantas aromáticas se redujo ligeramente el número y daños por organismos plaga. Los aromas florales, además de su función en la reproducción, pueden operar como defensa para repeler insectos o detener la colonización de bacterias y hongos fitopatógenos y para atraer enemigos naturales de los herbívoros (Marín y Céspedes, 2007).

La precocidad del tomate se vio alterada por la asociación de aromáticas, quizás debido a la asociación registrando un adelanto de la floración de 5 d. Gabriel (2015), reportó un adelanto de siete días en la

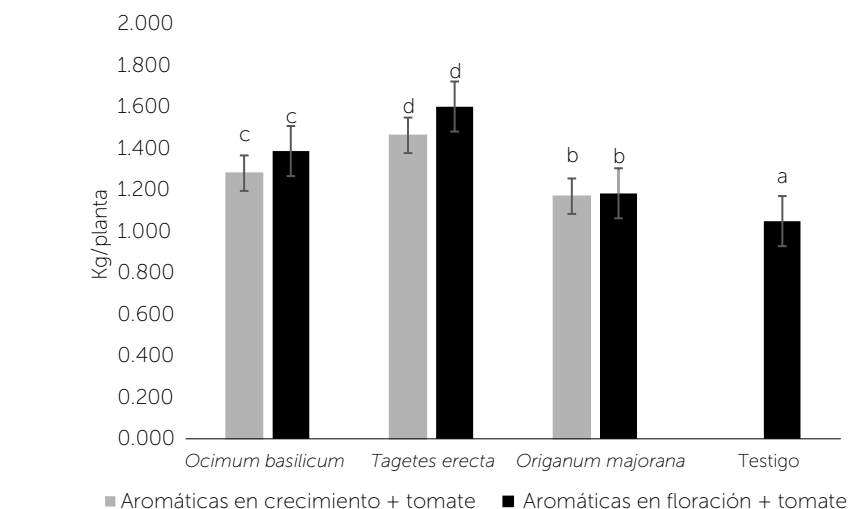


Figura 3. Producción máxima de biomasa seca en el cultivo de tomate saladette (*Solanum lycopersicum* Mill.) asociado con plantas aromáticas en fase de crecimiento y floración.

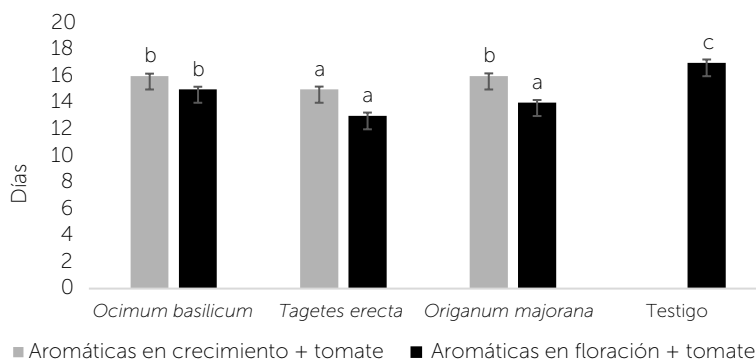


Figura 4. Días a floración de la planta de tomate saladette (*Solanum lycopersicum* Mill.) asociado con plantas aromáticas en fase de crecimiento y floración.

floración del rambután (*Nephelium lappaceum* L.) cuando se intercaló con *Origanum vulgare*. Trabajos realizados por Witenhead (1959), establece que la diferencia floral de las especies hortícolas puede ser influenciada por el estado nutricional, por el rendimiento de la producción anterior y por el manejo del cultivo. Estudios realizados sobre la asociación de Mango con Fabáceas, Gerardo (2014), menciona que el efecto de la diferencia entre el número de panículas entre árboles se debió al microclima generado por las fabáceas: mejorando la fluctuación de los altibajos de la temperatura.

CONCLUSIONES

La asociación de *S. lycopersicum* con especies aromáticas, no altera el rendimiento de la primera. No es posible atribuir las diferencias entre tratamientos (altura, diámetro de tallo, biomasa), sobre todo las asociadas con *T. erecta*, a posibles efectos de sustancia volátiles de las especies aromáticas; sin embargo, es posible que actúan como deterrentes ante los ataques de organismos plaga

AGRADECIMIENTOS

A la Empresa "Grupo Agroindustrial Chiapaneco S.C. de R.L. de C.V." (GRACHI), por

permitir realizar el experimento en sus instalaciones y ayuda de su personal calificado.

LITERATURA CITADA

- Domínguez, A, Rosselló J, Aguado J. (2002). Diseño y manejo de la diversidad vegetal en agricultura ecológica: asociaciones y rotaciones de cultivos, cubiertas vegetales silvestres y abonos verdes, setos vivos. Phytoma. Valencia.
- El-Hamawi, M. H. and Mohamed, B.E. (1990). The effect of marigold plants *Tagetes erecta* on infection of some vegetable crops with the root-knot nematode (*Meloidogyne incognita* Chitwood 1994). Bulletin of Faculty of Agriculture, University of Cairo 41: 1013-1021.
- Gabriel, H. M. (2015). Entomofauna Presente en el Cultivo de Rambután (*Nephelium lappaceum* L.) Como Respuesta a la Asociación de Plantas Aromáticas, en Huixtla, Chiapas. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Agrícolas, Campus IV. Universidad Autónoma de Chiapas. 78 p.
- Gallegos, C. M. E. (2018). Crecimiento y Desarrollo del Tomate Saladette (*Solanum lycopersicum* Mill) Como Respuesta a la Asociación de Especies Aromáticas. Tesis Profesional de Maestría. Facultad de Ciencias Agrícolas. Campus IV. Universidad Autónoma de Chiapas. Huehuetán, Chiapas, México. Pp 125.
- Gerardo, M. C. (2014). Comportamiento Reproductivo y Calidad del Fruto de Mango Ataulfo (*Mangifera caesia* Jack ex wall) Como Respuesta a un Manejo Agroecológico en Tapachula, Chiapas. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Agrícolas, Campus IV. Universidad Autónoma de Chiapas. p. 29-32.
- Gutiérrez, S. N. M. (2007). Nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de *Tagetes erecta* en el distrito Virú, La Libertad, Perú. Neotropical Helminthology, 1(1), 1520.
- Leyva, G. A. y Falcón, R. A. (2005). Diversidad de plantas potencialmente útiles en los agroecosistemas (Alelopatía). In Agroecología en el Trópico – Ejemplos de Cuba. Capítulo III. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, San José de Las Lajas, La Habana, Cuba: pp 131 – 143.
- Marín-Loaiza, J., & Céspedes, C. (2007). Compuestos volátiles de planta. Origen, emisión, efectos, análisis y aplicación al agro. Revista Fitotécnica Mexicana, 30: 327-351.
- Marroquín Agreda, F., J. Pohlan y M. J.J. Janssens. (2006). Effects of Legumes Intercropped Mango Orchards in the Soconusco, Chiapas, Mexico; en: Deutscher Tropentag 2006, October 11 - 13, Bonn, Conference on International Agricultural Research for Development; URL <http://www.tropentag.de/2006/abstracts/full/386.pdf>.
- Pacini, E., L. Viegi y G. Franchi. (2008). Types evolution and significance of plant-nimal interactions. Rendiconti Lincei 19: 75-101.
- SIAP. (2016). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/> (Consultado el 6 de junio de 2016).
- Witenhead, C. (1959). The rambutan a description of the characteristics and potencial of more important varieties, Malay, Agric. J. 42, (2) 53-75.



The welfare of sheep and its assessment

Bienestar en ovinos y su evaluación

Vera-Herrera, Itzel Y.¹; Ortega-Cerrilla, María E.^{1*}; Herrera-Haro, José G.¹; Huerta-Jiménez, Mariana²

¹Posgrado en Ganadería, Colegio de Postgraduados. Carr. México Texcoco km 36.5, Montecillo Estado de México, 56230. ²Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua. Periférico Francisco R. Almada km 1, Chihuahua, México, 31453.

*Autor para correspondencia: meoc@colpos.mx

ABSTRACT

Objective: To analyze some factors that affect the welfare of sheep, and to know the protocols that are currently used for its evaluation.

Approach: It is necessary to know the behavioral characteristics of sheep (social organization, sensory capacity, and cognition), in order to achieve good animal welfare levels, without compromising their productivity. In addition, it is necessary to assess sheep welfare by physiological, sanitary, zootechnical, and behavioural indicators.


Keywords: Animal welfare, sheep farming, behavior, welfare indicators, welfare assessment.

RESUMEN

Objetivo: Analizar algunos factores que afectan el bienestar de los ovinos, así como conocer los protocolos que actualmente se emplean para su evaluación.

Aproximación: Es necesario conocer las características conductuales de los ovinos (organización social, capacidad sensorial y cognición), con la finalidad de tener bienestar sin afectar su productividad. Además, se debe determinar el grado de bienestar de estos animales en los sistemas de producción por medio de indicadores fisiológicos, sanitarios, zootécnicos y de comportamiento.

Palabras clave: Bienestar animal, producción ovina, comportamiento, indicadores de bienestar, evaluación de bienestar.



Agroproductividad: Vol. 12, Núm. 9, septiembre. 2019. pp: 67-72.

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

INTRODUCCIÓN

El incremento en la demanda global de productos de origen animal en las últimas décadas del siglo XX intensificó considerablemente la producción animal y ha desplazado a los sistemas tradicionales, esto permite aumentar el volumen de producción, la productividad de las empresas y la seguridad alimentaria. No obstante, puede afectar negativamente el bienestar de los animales al modificar las condiciones ambientales (confinamiento, manejo, alimentación) (Mota, 2016). La ovinocultura seguirá siendo un pilar importante en la producción ganadera mundial, dada su capacidad para producir carne, leche y lana. En el futuro, es muy probable que haya cambios en los sistemas y prácticas de producción de ovinos por la aplicación de nuevas tecnologías y conocimientos, principalmente las que busquen mayor bienestar para los animales (Ferguson, 2017).

La Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE, 2015) define que un animal está en buenas condiciones de bienestar si está sano, cómodo, bien alimentado, seguro, puede expresar formas innatas de comportamiento y si no padece sensaciones de dolor, miedo o desasosiego, y se cumpla con las denominadas "Cinco Libertades": libre de hambre, sed y desnutrición. Libre de miedos y angustias. Libre de incomodidades físicas o térmicas. Libre de dolor, lesiones o enfermedades. Libre para expresar las pautas propias de comportamiento natural.

Actualmente, al considerar el comportamiento animal en las empresas pecuarias puede mejorarse la producción, ya que es posible aplicarlo en programas de alimenta-

ción, reproducción, diseño de instalaciones, manejo y transporte de animales, así como para disminuir la presentación de algunas enfermedades. (Ortega y Gómez, 2006.). Referente a esto, Mota (2016) propuso un modelo para considerar el estado de bienestar animal con relación a la producción, donde explica que un animal en su estado natural expresará una productividad natural, eventualmente el bienestar aumentará al igual que la productividad, y que, existe un punto en donde se busca una producción que supera los límites biológicos de los animales y el bienestar es precario, denominado crueldad.

Las normas de bienestar pueden aplicarse a través de la transferencia de conocimiento a los productores, y ser impulsadas como oportunidad de ventas, al tener o sugerir un valor añadido a sus productos (carne, leche o lana) a partir de sistemas con bienestar de los animales y que sea demostrable al consumidor final (Goddard, 2013)

¿Cuál es el comportamiento natural de los ovinos?: Cognición y capacidad sensorial de los ovinos

Las ovejas (*Ovis* sp.) tienen una cognición espacial y social integral, junto con la capacidad de demostrar la toma de decisiones asertivas. Estas habilidades cognitivas reflejan la capacidad de adaptarse a los diversos entornos en que se encuentran. Su capacidad para evaluar diferentes estímulos muestra que pueden experimentar estados afectivos, lo que sugiere que el enriquecimiento cognitivo sería una herramienta útil para el manejo de las ovejas. Si bien esto no es necesario para las ovejas con manejo extensivo, estas herramientas son valiosas para las ovejas en entornos de investigación, o

sistemas intensivos de producción (Doyle, 2017). La percepción sensorial de los animales ha sido poco estudiada, Kendrick (2008) indica que las ovejas, al igual que otras especies, han adaptado sus sentidos para lograr notables habilidades de discriminación, las que les permiten identificar individuos y objetos importantes en su ambiente y signos de comunicación sociales.

Grandin (2000) ha demostrado que los bovinos (*Bos* sp.), ovinos y caprinos (*Caprae* sp.) tienen visión dicromática, con conos de máxima sensibilidad a la luz amarillo-verdosa (552-555 nm) y azul-purpúrea (444-455 nm). La visión dicromática puede servir para tener una mejor visión nocturna y para detectar movimientos, además indica que la agudeza visual de las ovejas es superior a la de los bovinos. Kendrick (2008) afirma que las ovejas tienen visión del color amarillo, verde, azul, pero no del rojo. Son animales cuya visión está adaptada para vigilar a los depredadores, teniendo una visión periférica de casi 360 grados. El ovino tiene una excelente audición que va de 125 a 42.000 Hz, es decir, el ovino discrimina menos las bajas frecuencias, pero, el espectro supera ampliamente la audición humana (20 a 20.000 Hz). Sin embargo, su capacidad para localizar un sonido es inferior a la del humano (Kendrick, 2008).

Los ovinos pueden discriminar olores de lana, heces, saliva y secreciones de las glándulas infraorbitales, interdigitales e inguinales, obtenidos de diferentes individuos (Kendrick, 2008). Los carneros son capaces de identificar a las ovejas en celo mediante la detección de feromonas. Cuando las ovejas están en estro son atraídas por los olores del

carnero; y el rango y precisión del olfato de los ovinos se asemeja a la de roedores, perros y gatos. Las ovejas utilizan señales olfativas en la identificación de su cordero (Nowak et al., 2008). El reconocimiento materno del cordero se establece en las primeras dos horas después del nacimiento y el olor del cordero es como una firma individual (como una huella digital) (Poindron, 2005).

Las señales táctiles son de menor importancia en el ovino, salvo durante el apareamiento y el vínculo materno-filial. Las señales son el hocicar de la región ano-genital de la oveja por el carnero durante el cortejo y los golpes en los flancos de la oveja con la pata del carnero, previo a la monta (Kendrick, 2008). Por otra parte, el acicalamiento del cordero por la madre luego del parto, es un elemento importante en el establecimiento del vínculo materno-filial.

Características conductuales de los ovinos

Las ovejas son animales sociales, demuestran comportamiento gregario como protección contra la depredación. Para las ovejas y corderos, el estrecho lazo social que se forma puede permanecer intacto hasta la separación. Se pueden formar subgrupos dentro del rebaño, así dos o más ovejas forman un lazo social y pueden angustiarse al separarse.

El tamaño del rebaño es una parte fundamental de la respuesta conductual de las ovejas (Hunter y Milner, 1963). Las ovejas son sociales y forman grupos que se dispersan de diferentes formas dependiendo de la época del año, en verano el grupo forma subgrupos pequeños, mientras que en invierno tienden a agruparse y se mueven en un solo bloque. La edad y el género también intervienen en la modulación del grupo, las hembras y los animales jóvenes forman grupos matrilineales guiados por las ovejas más viejas, seguidas por sus hijas y crías. Los machos en cambio, al llegar a cumplir uno o dos años, se asocian en pequeños grupos de machos de edad y peso similar, tienen un mayor territorio y suelen explorar más que las hembras y estar menos alertas mientras comen (Dwyer, 2008).

Aunque los contactos sociales son extremadamente importantes para las ovejas, la presencia de otras ovejas, o de individuos particulares, también actúa como una fuente de estrés. Las interacciones agonistas y la importancia de una jerarquía social pueden aparecer cuando las ovejas se aglomeran y los recursos son limitados. Sin embargo, la mezcla social y densidad de población no

parecen afectar las interacciones agresivas en los corderos pre púberes, los comportamientos agresivos son más comunes en las ovejas mayores, aunque las ovejas más jóvenes reciben más agresión y la frecuencia de interacciones agonistas es mayor en los grupos de edad y sexo distintos (Nowak et al., 2008).

Las desventajas productivas que pueden relacionarse con las conductas sociales de las ovejas son el incremento en el número de desplazamientos de las sumisas y que mayor número de ovejas dentro del rebaño no se alimenten en forma adecuada. Las subordinadas son, las más jóvenes o las más viejas, y al tener una menor porción tanto en cantidad como en calidad de alimento pueden presentar mayor carga parasitaria, suelen ser desplazadas del cobijo o la sombra si el espacio es limitado, experimentando condiciones adversas, que los lleva a sufrir estrés crónico en relación a la limitación de los recursos, mayor competencia y aumento en la densidad poblacional (Nowak, 2008).

Factores que afectan el bienestar animal

Está relacionado con las reacciones de los animales ante la presencia del hombre o en situaciones de restricción de movimiento o encierro, están determinadas por una compleja interacción entre factores genéticos y de experiencia previa. Disponer de una infraestructura adecuada permite realizar las actividades de manejo, El diseño de las instalaciones, debe responder a las necesidades vitales del animal, de acuerdo a su etapa fisiológica y fin zootécnico (De la Sota, 2004). El clima determina el grado de confort, el ambiente puede influir negativamente sobre las condiciones de vida de los animales y generar situaciones de estrés agudo o crónico que repercuten también en la eficiencia productiva general y en la calidad de los productos obtenidos (Strappini et al., 2012).

¿Qué parámetros se utilizan para evaluar el bienestar animal?

La evaluación de bienestar animal puede ser compleja debido a que abarca aspectos fisiológicos, de comportamiento, aspectos relacionados con el estado mental del animal y su relación con el entorno físico y social, que pueden ser más complejos de medir. Los indicadores normalmente utilizados para evaluar el bienestar animal se pueden clasificar en cuatro grandes grupos (Sevi et al., 2009). Los indicadores o biomarcadores de bienestar son parámetros que pueden medirse de forma objetiva y que son un reflejo del bienestar de los animales,

incluyendo no solo la salud si no su estado general (Mota *et al.*, 2016).

Indicadores fisiológicos: Son aquellos relacionados con el funcionamiento de los sistemas nervioso e inmunológico, como cortisol, glucosa, hematocrito, lactato.

Indicadores de comportamiento: Cambios de conducta relacionados directamente con la respuesta al estrés, tales como:

- Cambios en la postura de descanso y en la secuencia normal de movimientos al echarse o levantarse. Estos cambios suelen ser consecuencia de patologías como cojeras, por la falta de espacio o diseño inadecuado de las instalaciones.
- Patologías conductuales, este-reotipias, conductas redirigidas, reactividad exagerada, inactividad o falta de respuesta al ambiente.

Indicadores sanitarios: Los procesos que causan dolor y enfermedades multifactoriales, tales como cojeras, enfermedades respiratorias o diarreas, son indicadores del bienestar al igual que la mortalidad, las lesiones causadas por el manejo, el ambiente físico o las peleas con otros animales.

Indicadores zootécnicos: La variabilidad entre animales en los parámetros productivos puede ser tam-

bién un indicador útil de bienestar (ganancia de peso, producción de leche, huevos, etcétera) que pueden disminuir debido a estrés crónico. Además, existen pruebas para evaluar el comportamiento de los animales:

Pruebas de preferencia, que consisten en ofrecer opciones a los animales para que escojan entre varias posibilidades y de esta manera indican qué es lo que prefieren.

Pruebas operantes: que tratan de determinar qué es lo que los animales necesitan.

Pruebas de aversión: que miden qué es lo que los animales evitan (Mota *et al.*, 2016). Romero *et al.* (2011) definieron los principales indicadores de estrés agudo, los cuales se indican en el Cuadro 1.

Actualmente el protocolo de evaluación de bienestar animal para ovejas más utilizado es Welfare assessment protocol for sheep (AWIN, 2015) (Cuadro 2, Figura 1, 2), que evalúa el bienestar de los animales de acuerdo a los siguientes criterios:

La evaluación del bienestar se ha convertido en uno de los principales objetivos de la investigación en bienestar animal, y sus indicadores (bienestar y salud) deben ser válidos, replicables, y la aplicación

del protocolo debe ser factible en condiciones de campo (Stilwell, 2016). La implementación del protocolo AWIN (2015), ha contribuido a incrementar notablemente los estándares de calidad en el manejo de los animales (Caroprese *et al.*, 2016).

La evaluación de comportamiento cualitativo (QBA) es una metodología que evalúa las emociones y su expresión en un grupo de animales, calificándolos como *alerta, activo, relajado, miedoso, contento, agitado, sociable, agresivo, vigoroso, subordinado, físicamente sin confort, defensivo, calmado, frustrado, apático, cauteloso, tenso, curioso, radiante, positivo y lánguido.*

Phythian *et al.* (2016) evaluaron el QBA en granjas de ovejas en diferentes estaciones del año, y lo asociaron con medidas físicas de salud y bienestar, tales como cojeras, en tanto que Stockman *et al.* (2014) encontraron en su investigación que QBA podría ser útil para comparar el deseo de comer entre grupos de animales y con ello elaborar planes de alimentación particulares; sin embargo, se requieren más estudios y un mayor desarrollo de los procedimientos de capacitación QBA que den una mayor confiabilidad en la interpretación del observador en relación a las diferentes expresiones de los animales (Grosso *et al.*, 2016).

Cuadro 1. Indicadores de estrés agudo (adaptado de Romero *et al.*, 2011).

Indicadores	Índices
Índices de privación de alimento:	Incremento de ácidos grasos no esterificados, β -hidroxibutirato, urea y disminución de glucosa.
Indicadores de deshidratación o hemoconcentración	Incremento de la osmolaridad, VGA, proteína total, albúmina.
Índices de esfuerzo físico	Incremento de CK, lactato, lactato deshidrogenasa.
Índices de miedo/excitación y la liberación de catecolaminas	Aumento VGA, glucosa, urea, β -HOB.
Indicadores de ayuno	Peso vivo, β -HOB, Ac. Grasos libres, glucógeno muscular.

Cuadro 2. Recolección de datos en granja (AWIN® 2015).		
Variable	Criterio de bienestar	Medidas
Buena alimentación	Nutrición apropiada	Condición corporal Mortalidad de los corderos
	Ausencia de sed prolongada	Suministro de agua
Buen alojamiento	Confort alrededor del descanso	Limpieza del cuerpo
	Confort térmico	Jadeo Acceso a la sombra (en pastoreo)
	Facilidad de movimiento	Densidad de población (en confinamiento) Crecimiento de las pezuñas
Buena Salud	Ausencia de lesiones	Lesiones en las piernas Lesiones en cuerpo y cabeza
	Ausencia de enfermedad	Cojera Suciedad fecal Descarga ocular Color de las mucosas Mastitis y lesión de ubres Problemas respiratorios
	Ausencia de dolor producido por procedimientos de manipulación	Calidad de la lana Corte de cola
Comportamiento apropiado	Expresión de comportamiento social	Conducta social
	Expresión de otro comportamiento	Estereotipias Comezón excesiva
	Relación humano-animal	Test de aproximación a un humano con relación a los animales
	Estado emocional positivo	Evaluación del comportamiento cualitativo (QBA por sus siglas en inglés)



Figura 1. Animales en confinamiento.



Figura 2. Animales con mayor espacio.

CONCLUSIONES

Los ovinos tienen la capacidad de cognición espacial y social integral, lo que permite que se adapten a diversos entornos. Son animales gregarios por lo cual el tamaño

del rebaño influye en su bienestar debido a las interacciones sociales (positivas y negativas) que se presentan. Además del manejo, las instalaciones y el clima, han sido identificados como principales factores que afectan el

nivel de bienestar de los ovinos. Los indicadores fisiológicos, de comportamiento (cualitativos y cuantitativos), sanitarios, zootécnicos, permiten evaluar el bienestar de los animales de granja. AWIN® es actualmente el único protocolo diseñado para la evaluación del bienestar de ovinos, que permite mejorar la calidad de vida de los animales.

LITERATURA CITADA

- AWIN (2015) AWIN Welfare assessment protocol for sheep. doi:10.13130/AWIN_SHEEP_2015
- Caroprese, M., Napolitano, F., Mattiello, S., Fthenakis, G. C., Ribó, O., & Sevi, A. (2016). On-farm welfare monitoring of small ruminants. *Small Ruminant Research*, 135, 20-25. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2015.12.010>
- De la Sota, M. (2004). Manual de procedimientos en bienestar animal. Dirección de Luchas Sanitarias. Dirección Nacional de Sanidad Animal. Sitio Argentino de Producción Animal. Buenos Aires Argentina. 39pp
- Doyle, R.E. (2017). Sheep cognition and its implications for welfare. *Advances in Sheep Welfare* 55-71 <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100718-1.00004-2>
- Dwyer, C.M. (2008). Environment and the Sheep Breed Adaptation and Welfare Implications. *The Welfare of the Sheep. Animal Welfare*. 6: 41-76 https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8553-6_2
- Ferguson, D.M., Fisher, A., Colditz, I.G. and Lee, C. (2017). Future challenges and opportunities. *Sheep welfare. Advances in Sheep Welfare*. 285-293. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100718-1.00015-7>
- Grandin, T. (2000). *Livestock Handling and Transport*. Reino Unido. CABI Publishing, Wallingford, Oxon. Capítulo 5. pp. 63-85.
- Grosso, L., Battini, M., Wemelsfelder, F., Barbieri, S., Minero, M., Dalla, C.E., Mattiello, S. (2016). On-farm Qualitative Behaviour Assessment of dairy goats in different housing conditions. *Applied Animal Behaviour Science*. 180: 51-57 <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2016.04.013>.
- Goddard, P.J. (2013). Small ruminant welfare: Levelling the playing field or raising the bar-A European perspective. *Small Ruminant Research*. 110: 108-111. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2012.11.015>
- Hunter, R.F. and Milner, C. (1963). The behavior of individual, related an group of south country Cheviot Hill. *Sheep. Animal Behaviour*. 11:4:507-513 [https://doi.org/10.1016/0003-3472\(63\)90270-7](https://doi.org/10.1016/0003-3472(63)90270-7)
- Kendrick, K.M. (2008). Sheep senses, social cognition and capacity for consciousness in *The Welfare of sheep*. Dayer, Chaty. Ed. Springer. 135-159.
- Mota, R.D., Velarde, C.A., Maris, H.S. y Cajido, N.M. (2016). Bienestar Animal. Una visión global de Iberoamérica. España. Elsevier. 516 pp.
- Nowak, R., Porter, R.H., Blanche, D. y Dwyer, C.M. (2008). Behavior and the Welfare of the Sheep in *The Welfare of Sheep. Animal Welfare Vol 6*. Springer, Dordrecht 81-134 pp.
- OIE (2015). Código Sanitario para los animales terrestres. http://www.oie.int/fileadmin/Home/esp/Health_standards/tahc/2010/chapitre_aw_introduction.pdf (Consultado 13 de marzo de 2019)
- Ortega, C.M.E., Gómez, D.A.Á. (2006). Aplicación del conocimiento de la conducta animal en la producción pecuaria. *Interciencia*. 31(12): 844-848.
- Phythian, C.J., Michalopoulou, E., Cripps, P.J., Duncan, S.J. and Wemelsfelder, F. (2016). On-farm qualitative behaviour assessment in sheep: Repeated measurements across time, and association with physical indicators on flock health and Welfare. *Applied. Animal Behaviour Science*. 175. 23-31. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2015.11.013>
- Poindrón, P. (2005). Mechanisms of activation of maternal behaviour in mammals. *Reproduction Nutrition Development*. 45(3):341-351. <https://doi.org/10.1051/rnd:2005025>
- Romero, P.M.H., Uribe, V.L.F. y Sánchez, V.J.A. (2011). Biomarcadores de estrés como indicadores de bienestar animal en ganado de carne. *Biosalud*. 10 (1): 71-87.
- Sevi, A. (2009). Animal-based measures for welfare assessment. *Italian Journal of Animal Science*. 8:2: 904-911. <https://doi.org/10.4081/ijas.2009.s2.904>
- Stilwell, G. (2016). Small Ruminant's welfare assessment-Dairy goat as an example. *Small Ruminant Research*. 142: 51-54. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2016.02.014>
- Strappini, A.C., Frankena, K., Metz, J.H.M., Gallo, C. and Kemp, B. (2012). Characteristics of bruises in carcasses of cows sourced from farms of from livestock markets. *Animal* 6(3):502-9. <https://doi.org/10.1017/S1751731111001698>
- Stockman, C.A., Collins, T., Barnes, A.L., Miller, D., Wickham, S.L., Verbeek, E., and Feming, P.A. (2014). Qualitative behavioural assessment of the motivation for feed in sheep in response to altered body condition score. *Animal Production Science* 54. 922-929. <https://doi.org/10.1071/AN13020>



Casos de éxito



Domestic nopal production network (*Nopalea* sp.) for export

Red doméstica de producción de nopal (*Nopalea* sp.) para exportación

Cadena-Iñiguez, Jorge¹; Ruiz-Posadas, Lucero del M.²; Trejo-Téllez, Brenda I.¹; Morales-Flores, Francisco, J.^{1*}; Talavera-Magaña, Daniel¹

¹Posgrado en Innovación en Manejo de Recursos Naturales, Campus San Luis Potosí, Colegio de Postgraduados; Iturbide No. 73, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México C.P. 78600. ²Posgrado en Botánica, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados, km. 36.5 carretera México-Texcoco, Montecillo, Texcoco, Estado de México, CP. 56230.

*Autor de correspondencia: franciscojmf@colpos.mx

Problema

La tenencia de la tierra en Valles Centrales de Oaxaca, México, es minifundista. Muchas familias dependen de las áreas de traspatio para generar ingresos y completar el autoconsumo del hogar. La participación de la mujer, representa un papel decisivo en la economía familiar, ya que actúa en la producción de alimentos, elabora productos, vende mercancías, prepara alimentos, recoge combustible y acarrea agua, además del cuidado de los hijos y atender los animales de traspatio. Un factor que acelera la responsabilidad de la mujer rural en el sostenimiento de la familia, es la migración masculina. El saldo neto migratorio internacional en Oaxaca es negativo, lo que significa que salen más personas de la entidad para radicar en el territorio nacional o en territorio extranjero de las que llegan a radicar a Oaxaca. Ante este panorama, el estado de Oaxaca ha sido considerado con un grado de intensidad migratoria media. Para 2010, 98 de cada 100 migrantes internacionales oaxaqueños entraron a Estados Unidos. Lo anterior, ha generado pueblos con alto índice de mujeres o jefas de familia, como el caso de Ayoquezco, Oaxaca.

Solución planteada

Para fortalecer la economía dependiente de las jefas de familia, se integraron 68 huertos familiares en Ayoquezco. El proceso de intervención social fue a través de la asociación no formal de mujeres con áreas de traspatio con interés en la siembra de nopal (*Nopalea* sp.) bajo el esquema de una red doméstica, definida como una estructura de telaraña, donde todo se desprende y parte de un centro (pivote) que sirve de guía o eje para la recolección de los productos y que se va acrecentando en forma de onda, involucrando a los integrantes que sirven para formar una oferta local y expandiéndose a mercados regionales, nacionales o internacionales. El periodo de trabajo incluyó desde el año 2003 hasta el año 2016.

Características del trabajo en red

- Acuerdos de voluntades de las personas que desean trabajar en red y que no desean una figura legal.
- Conciliación de intereses de cada integrante con los objetivos que se persiguen en el trabajo en red, y se trabaja sobre un objetivo general único.
- Diagnóstico de los recursos familiares y endógenos con que cuenta el grupo.
- Identificación de las cualidades de cada integrante para la distribución de tareas, eligiendo una líder de la red (Pivote).
- Estandarización de la tecnología de producción para las unidades.
- Elección de un formato de cooperación (trabajo) único para todas los participantes en red.





Figura 1. Sistema intensivo de siembra de nopalito o nopal machetito (*Nopalea* sp.) en huertos de traspatio en Ayoquezco, Oaxaca, México.



Figura 2. A-B: Huertos intensivos en producción de nopal machetito (*Nopalea* sp.). C: Estandarización de calibres de nopalito, grande, mediano y pequeño. D: Miembros de la red doméstica de producción en Ayoquezco, Oaxaca, México.

- Distribución técnica del trabajo (compromisos de volumen de producción, oferta y tiempo en que la red cuenta con los productos a vender).
- Definición de un modelo claro de trabajo (producción, suministro de insumos, supervisión, acopio y comercialización y distribución de utilidades)
- Se trabaja en casas, traspacios o solares de cada persona integrada en la Red. Se obtiene mayor volumen de producto que trabajando de forma individual.

Las diferencias de trabajo en red, comparado con la forma aislada, es que se sistematiza en todos los traspacios la siembra de nopalito con alta densidad de plantas, aprovechando la morfología estrecha del cladodio (“nopalito”), un arreglo espacial en melgas compuestas de cuatro o cinco hileras con una distancia entre hileras y plantas de 0.25 m, de tal forma que la densidad de plantas de nopal oscila entre 112 y 160 mil plantas ha⁻¹, dependiendo de la existencia de pasillos de acceso. Con la aplicación de la tecnología, se incrementó el volumen, calidad y frecuencia de corte de nopales. La producción alcanzó un nivel competitivo al mantener la oferta exportable equivalente a un contenedor terrestre de 48 pies cúbicos semanal (1050 cajas de 40 libras de volumen equivalente) logrado a

partir de obtener una producción de 15 nopales m² de corte por semana. Este volumen de producción de nopalito representa un aumento del 100% con relación al sistema tradicional. Aunado a lo anterior, se gestionó y obtuvo la certificación orgánica para 32 huertos (Cuadro 1); y los huertos restantes (36) siguieron integrados a la red y en proceso de certificación.

La red doméstica de producción de nopal en Ayoquezco, Oaxaca ha realizado envíos de embarques al “mercado de la nostalgia” con destino a San Marcos, California, USA, donde se tiene registro de la mayor población migrada de Ayoquezco.

Cuadro 1. Frecuencia de cortes y volumen de nopal producido en 32 huertos certificados como orgánicos.

Mes	Cortes mes ⁻¹ (tradicional)	Cortes semana ⁻¹ intensivo	Cortes mes ⁻¹ (intensivo)	Volumen (caja/sem) intensivo	Volumen anual (cajas 40 lb)
Enero	1	2	8	1904.4	15,235
Febrero	1	2	8	1904.4	15,235
Marzo	1	2	8	1904.4	15,235
Abril	1	2	8	1904.4	15,235
Mayo	1	2	8	1904.4	15,235
Junio	2	2	8	1904.4	15,235
Julio	2	2	8	1904.4	15,235
Agosto	4	5	20	1904.4	38,088
Sept	4	5	20	1904.4	38,088
Oct	3	4	16	1904.4	30,470
Nov	2	4	16	1904.4	30,470
Dic	1	4	16	1904.4	30,470
Total	23	36	144	1904.4	274,233.6

Impactos e Innovaciones.			
Innovación	Impacto	Indicador General	Indicador Específico
Número de Microrregiones atendidas por vocación territorial y aplicación de productos y servicios de la investigación	Formación de nuevas redes de valor. Número de innovaciones transferidas, adoptadas, validadas. Número de empresas incubadas, número de empleos locales y fijos generados	<ul style="list-style-type: none"> ● Ciencia y Tecnología ● Económico ● Ambiental ● Sociedad y Gobierno: demografía y población 	<ul style="list-style-type: none"> ● Exportaciones mexicanas ● Comercio exterior ● Exportación ● Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca ● Migración
Número de proyectos estratégicos que incluyan cadenas de valor. Número de recursos locales abordados a través de la investigación para su revalorización.	Número de productos, servicios y conceptos de valor agregado se aplican en el mercado. Número de capacidades desarrolladas que hagan más eficientes los procesos de producción, transformación, tránsito y comercialización.	<ul style="list-style-type: none"> ● Ocupación y empleo ● Ciencia y Tecnología ● Sociedad y Gobierno: demografía y población ● Características educativas de la población 	Biodiversidad Sector agropecuario Población económicamente activa (PEA) Población ocupada por sector de actividad económica (primario)

Apple fruit (*Malus domestica* Borkh) production in Puebla, México

Producción de manzana (*Malus domestica* Borkh) para mesa en el oriente de Puebla, México

López-Cuevas, Sergio

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

*Autor de correspondencia: lopezs@colpos.mx

Problema

La manzana se ha cultivado en el estado de Puebla, México, desde la época virreinal, aunque el sistema de producción no se ha modernizado y la rentabilidad es muy baja. El cultivo de la manzana (*Malus domestica*) se ha extendido a la mayoría de los municipios de Puebla, México; sin embargo, en los últimos seis años ha tenido un particular impulso en los municipios de Chalchicomula, Tlachichuca, San Juan Atenco y Aljojuca. La producción es en pequeñas parcelas de temporal, con suelos pobres en materia orgánica, alta erosión hídrica y eólica, sin acceso a mercados estructurados, créditos ni seguros, con asistencia técnica escasa y de baja calidad, deficiente organización campesina y sin trabajo solidario para la producción. A pesar del potencial para la producción exitosa de este frutal, el sistema de producción presenta deficiencia debido a bajos rendimientos, baja calidad y falta de acceso a los mercados apropiados. Los principales factores que afectan adversamente los rendimientos son el uso de portainjertos criollos, nula fertilización, bajas densidades, falta de manejo hormonal y formación inapropiada de árboles. En el caso de la calidad de la fruta, los principales factores restrictivos son el uso de variedades criollas de bajo valor comercial; nulo control de la carga de fruta, deficiente control de roña (*Venturia inequalis*), daño por granizo y suberificación de la epidermis (russeting). Dada la baja calidad de la fruta producida, las cosechas se destinan a producción industrial de jugos, y el mercado para la manzana de mesa está acaparado por los productores del norte del país y por fruta importada de los Estados Unidos, de tal forma que, en Puebla, el mercado para la manzana de mesa que disponen los productores son los locales, actividad que los campesinos realizan de manera individual y sin coordinación.

Solución planteada

Se ha desarrollado una estrategia de dos fases. La primera etapa consiste en la modernización de los huertos y la segunda en el desarrollo de una marca que indique un producto diferenciado en el mercado de las manzanas para mesa en el estado de Puebla. Se propuso un modelo horizontal participativo para la transferencia tecnológica que indujeran la construcción de innovaciones, y evitar que las recomendaciones técnicas se percibieran como una imposición ajena a su realidad (Modelo Interactivo), basada en la solución de problemas. Con base en lo anterior, se han incorporado tecnologías generadoras de innovaciones en más de 90 ha en los municipios de Tlachichuca, Chalchicomula de Sesma, San Juan Atenco y Aljojuca, con la participación de 360 campesinos. Entre las innovaciones tecnológicas incorporadas, se encuentran el empleo de portainjertos de reducido vigor y de variedades para mesa, mayor densidad de población, formaciones verticales de los árboles, uso de estimulantes de la brotación, manejo nutricional y sanitario, uso de promotores de ramificación lateral, establecimiento de malla antigranizo, manejo de la carga de frutos, e implementación de sistemas de captación de agua de lluvia para aplicar riego complementario en época de la floración.

Agroproductividad: Vol. 12, Núm. 9, septiembre. 2019. pp: 79-80.

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





Figura 1. Producción de manzana (*Malus domestica* Borkh) para mesa en el oriente de Puebla, México.

Como segunda etapa se ha desarrollado la técnica de construcción de conocimiento basado en proyectos, que permite construir capacidades relacionadas con el capital social, e involucra el desarrollo de una estrategia empresarial iniciando con una marca que distinga a las manzanas de Puebla de las del resto. Hasta el momento se han dado a los campesinos participantes más de mil horas de capacitación, asesoría y acompañamiento téc-

nico, favoreciendo que los huertos con mayor adopción tecnológica multipliquen por diez el valor de la producción de manzana por hectárea respecto a las plantaciones tradicionales (de US\$225.00 a más de US\$2,500.00 de ingresos). Se espera que el valor de la producción siga aumentando y se establezca en aproximadamente US\$8,000.00 ha⁻¹.

Impactos e Indicadores.

Innovación	Impacto	Indicador general	Indicador específico
Desarrollo de un modelo de intervención para el desarrollo de la fruticultura	Construcción de conocimiento que en este caso es sinónimo de construcción de innovaciones	Ciencia y tecnología	Innovación e investigación Sector agropecuario Recursos Humanos
Desarrollo tecnológico	Incremento en los ingresos económicos, eficiencia en el uso del agua, mejores prácticas del cultivo	Pobreza y marginación, medio físico natural, ciencia y tecnología	Población con ingreso, grado de presión sobre recursos hídricos, innovación e investigación, sector agropecuario,
Producción sustentable de manzana	Empleo local rural anual, disminución de la migración de jóvenes	Empleo y ocupación	Tasa de ocupación agropecuaria, y ocupación de población joven
Guías, manuales técnicos, Tesis	Contribución a la ciencia y tecnología	Ciencia y tecnología	Producción científica y tecnológica
Investigación	Talentos formados: Licenciatura	Ciencia y tecnología	Recursos humanos, egresados

Improved varieties of peach (*Prunus pérsica* L.)

Variedades mejoradas de durazno (*Prunus pérsica* L.)

Calderón-Zavala, Guillermo¹; Rodríguez-Alcazar, Jorge^{1,2}; Espíndola-Barquera, María de la Cruz²; García-Ávila, Armando²

¹Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México. C. P. 56230. ²Profesor Retirado del Colegio de Postgraduados. ³Fundación Salvador Sánchez Colín CICTAMEX, S. C.

Autor responsable: cazagu@colpos.mx

Problema

En México, las variedades de durazno (*Prunus pérsica* L.) que se tienen de alta productividad, son de alto requerimiento de frío, y los que registran menor requerimiento de frío, tienen bajos niveles de producción y calidad, son poco precoces, y presentan frutos con alto potencial de oxidación, además de bajo contenido de sólidos solubles, baja firmeza y forma inadecuada de fruto (con punta y sutura pronunciadas). Los tipos criollos de durazno que se cultivan, presentan alta susceptibilidad a la cenicilla (*Sphaerotheca pannosa* Wall y Lev.), y se registran ataque en hojas y ramas tiernas. Las hojas infectadas pueden llegar a cubrirse con un micelio blanco y harinoso, además, de rizarse y atrofiarse, mientras que en el fruto, se presentan manchas circulares y blancas, observándose una necrosis y agrietamiento de la epidermis.

Solución planteada

Durante muchos años, se ejecutó un programa de mejoramiento para la generación de variedades mejoradas de durazno, obteniendo variedades de bajo requerimiento de frío, precoces, productivas y alta calidad de fruto. Los frutos son de hueso pegado (con capacidad de doble propósito: consumo en fresco y para proceso), firmes, con bajo potencial de oxidación, alto contenido de sólidos solubles, redondos y sin pubescencia pronunciada. Respecto al aspecto sanitario, las variedades obtenidas, todas son resistentes al ataque de cenicilla y a la infección del hongo *Monilinia fructicola* que causa el tizón de la flor, reduciendo el amarre de fruto y rendimiento, especialmente en épocas de forzado a finales del verano y durante el otoño en zonas con invierno benigno.

Actualmente se han establecido diversas variedades obtenidas por el Colegio de Postgraduados, tales como: Diamante Especial, Oro Azteca, Diamante Supremo, Oro Azteca Mejorado, Cardenal, Colegio y Robin, en áreas productoras de los estados de Michoacán, Puebla, Morelos, Estado de México, Jalisco, Chiapas, Oaxaca y Guanajuato. A través de la introducción de estos nuevos materiales, se ha mejorado el ingreso de más de 2,000 familias; además, de la generación de empleos directos e indirectos. A nivel internacional, se tienen contratos para evaluación y se han establecido algunas variedades en Sudáfrica; asimismo, en ese país se tienen los Títulos de Obtentor de dos variedades



Figura 1. Variedades de durazno (*Prunus persica* L.) desarrolladas en el Colegio de Postgraduados, México.

(‘Aztec Gold’ y ‘Aztec Delight’) a nombre del Colegio de Postgraduados y se empiezan a percibir pagos por regalías desde ese país. En seguimiento a la generación de nuevas variedades de durazno, en 2018 se obtuvo el registro definitivo de la inscripción en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales y la solicitud de Títulos de Ob-

tentor de 11 nuevas variedades, entre ellas una nectarina: **CP Nuevo Azteca**, **CP Perla Azteca**, **CP Sol Azteca**, **CP Miel Azteca**, **CP Sangre Azteca**, **CP Esplendor Azteca**, **Encanto Azteca**, **Atardecer**, **CP Resplandor Azteca** y **CP Granizo** y **CP Blanquiña** (nectarina).

Impactos e Indicadores.

Innovación	Impacto	Indicador general	Indicador específico
Desarrollo de variedades de durazno	Variedades con menor requerimiento de frío, mayor precocidad, incremento en la productividad y mayor resistencia a cenicilla y Monilinia	Ciencia y tecnología	Innovación e investigación Sector agropecuario
Registro de variedades	Innovación, desarrollo tecnológico e investigación	Ciencia y tecnología	Trámite solicitado y concedido en México y Sudáfrica
Artículos, guías y tesis	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



Figura 2. Variedades de durazno (*Prunus persica* L.) desarrolladas en el Colegio de Postgraduados, México

Peach varieties (*Prunus persica* L.) intercalated in the milpa system in the sierra nevada de Puebla, Mexico

Variedades de durazno (*Prunus persica* L.) intercaladas en el sistema milpa en la sierra nevada de Puebla, México

Hernández-Romero, Ernesto^{1*}; Rojano-Hernández, Reyna²; Mendoza-Robles, Ricardo¹; Cortés- Flores, José. I.³; Turrent-Fernández, Antonio⁴

¹Colegio de Postgraduados Campus Puebla. Boulevard Forjadores de Puebla No. 205. San Pedro Cholula, Puebla, México. C. P. 72760. ²PSP Colegio de Postgraduados Campus Puebla. ³Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México. C. P. 56230. ⁴INIFAP Campo Experimental Valle de México. Carretera los Reyes- Texcoco km 13.5, Coatlinchán, Texcoco, Estado de México. C.P. 56250.

*Autor responsable: eromero93@hotmail.com

Problema

En la Sierra Nevada de Puebla, México, los huertos de durazno (*Prunus persica* L.) presentan problemas de producción relacionados con alta incidencia de plagas (incluye enfermedades), nutrición deficiente e inadecuado manejo de poda, que acentúan el problema de floración precoz en la mayoría de las variedades mejoradas. Debido a tal precocidad, las flores y frutos pequeños son expuestos a bajas temperaturas, lo que reduce el rendimiento hasta en 70%. Esta situación ha desmotivado el establecimiento de nuevas plantaciones.

Solución

Con el objetivo de subsanar el problema, se evaluaron diferentes variedades comerciales de durazno en el sistema MIAF (Milpa Intercalada en Árboles Frutales) que pudieran escapar al daño por bajas temperaturas, se estableció un módulo experimental-demostrativo en el municipio de Chiautzingo, Puebla, en la parte centro-oeste del estado de Puebla, con un total de 21 genotipos sobresalientes en cuanto a producción, calidad de fruto, época de floración y crecimiento vegetativo. Las parcelas constaron de cuatro árboles podados y conducidos en "V"-plantados a 0.75 m de distancia sobre la hilera y de 10 m entre ellas (1,333 árboles ha⁻¹). Los árboles tuvieron una franja disponible de 4.5 m, 2.25 m de cada lado, y en los restantes 5.5 m fueron sembrados los cultivos anuales. De los genotipos establecidos destacaron los denominados 8, 13 y 17 (Figura 1) por su estabilidad productiva con altos rendimientos (t/0.45 ha), a través de los años y aceptación en el mercado local. Estas variedades ya están siendo multiplicadas y transferidas a los productores minifundistas.

Algunas de las características de los frutos de estas variedades sobresalientes se presentan en la Figura 2.

En los últimos dos años de evaluación, los materiales más productivos fueron los que florecieron a mediados de febrero y principios de marzo. Los de floración tardía (finales de marzo y principios de abril), fueron los menos productivos, y aun cuando la flor escapa al daño de heladas, enfrentó el problema de altas temperaturas y fuertes vientos que afectaron el amarre de frutos.

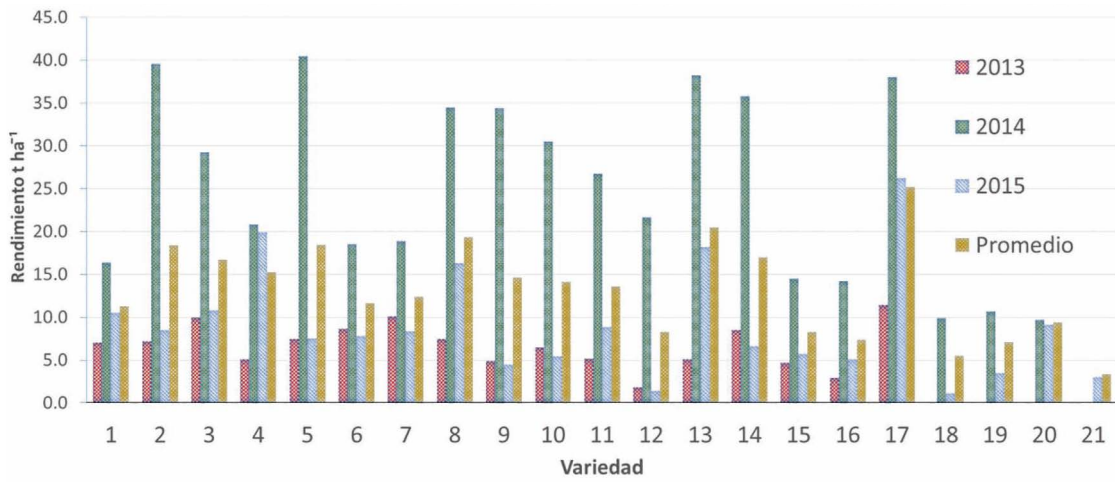


Figura 1. Rendimientos de fruta fresca de las variedades de durazno (*Prunus persica* L.) en tres años de evaluación.



Figura 2. Características visuales de frutos de durazno de las variedades sobresalientes.

Impactos e indicadores.			
Innovación	Impacto	Indicador general	Indicador específico
Desarrollo tecnológico regional	Aumento y estabilidad productiva Impacto económico y tecnológico	Ciencia y tecnología Innovación e investigación	Recomendación técnica varietal Incremento de la productividad Relación beneficio/costo
Artículos	Contribución a la ciencia y tecnología	Ciencia y tecnología	Artículo de divulgación Tesis de licenciatura Formación de recursos humanos



Production of peach (*Prunus persica* L.) in Puebla, Mexico

Producción de durazno (*Prunus persica* L.) en Puebla, México

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

¹Campus Puebla del Colegio de Postgraduados. San Pedro Cholula, Puebla, México, C.P. 72760.

*Autor para correspondencia: rimeros52@hotmail.com

Problema

A raíz de la introducción de variedades mejoradas de durazno (*Prunus persica* L.) en Puebla, México en la década de los años ochenta, se inició un proceso de escalamiento técnico y productivo, estableciéndose nuevas plantaciones y realizando investigación tecnológica sobre prácticas de producción.

Las variedades introducidas inicialmente fueron del tipo Diamante desarrolladas en el Colegio de Postgraduados (Colpos), Campus Montecillo. Para poder establecer huertos con dichas variedades en la región Sierra Nevada fue necesario propagar planta injertada con variedades mejoradas en pequeños viveros familiares. Hacia mediados de la década de los años 2000, la superficie plantada en el estado de Puebla registró 2,500 ha; sin embargo, la presencia de heladas tardías (febrero y marzo), severas y recurrentes a partir del año 2008 (en seis de nueve años), así como daños por granizadas y ataque de araña roja (*Eotetranychus lewisi*) y el frailecillo (*Macrodactylus mexicanus*), entre otros factores principales, redujeron la producción de forma importante.

Solución planteada

La estrategia de acción incluyó los avances en mejoramiento genético obtenidos previamente en el Colpos, introduciendo las nuevas variedades en las regiones productoras del estado de Puebla una vez propagados en pequeños viveros, además de establecer huertos comerciales y experimentales-demostrativos con productores, transferencia técnica sobre prácticas de producción (elaboración de un plan de manejo de los árboles) (Cuadro 1), evaluación y validación de las variedades sobresalientes para su transferencia a nuevos huertos.

Cuadro 1. Fórmulas recomendadas y rendimientos de durazno esperados.

Condición de humedad	Densidad (árboles ha ⁻¹)	N-P ₂ O ₅ -K ₂ O (g árbol ⁻¹)	Rendimiento promedio	
			t ha ⁻¹	kg árbol ⁻¹
Riego	1,480	120-60-120	25.6	17.6
Temporal HR ¹	1,111	120-60-120	10.3	9.3

¹Temporal con humedad residual en el suelo.

Además del durazno como cultivo simple, que es el camino que siguieron las organizaciones de productores, el personal del Colpos en colaboración con el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) hizo la propuesta de incluir esta especie como parte del sistema agrícola Milpa Intercalada en Árboles Frutales (MIAF), que consiste en hileras anchas de árboles de durazno intercaladas con surcos de maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), donde las principales prácticas de manejo transferidas fueron la formación mediante la poda (Tatura-Y), densidad de plantación (1.5 m x 13.5 m en huerto intercalado, y 4.5 m en huerto simple), variedades con frutos amarillos (var. Diamante, Oromex, etc.) y rojos (var. Oro Azteca), nutrición



(N-P-K de N1-P0.5-K1), prevención y control de parásitos y malezas. Aunado a lo anterior, se incluyeron cultivos básicos intercalados entre las hileras de árboles en tres modalidades, la primera con maíz-frijol de mata en franjas alternas micro-rotantes de dos surcos cada una, la segunda modalidad, rotando anualmente maíz-frijol de mata, y la tercera, asociando maíz-frijol de guía larga. Este sistema registra una producción de durazno promedio de 13 t $\frac{1}{2}$ ha⁻¹ con riego, con una relación beneficio/costo de 2.5.

El tamaño aceptable de plantación del productor minifundista debe ser de 0.25 ha en huerto simple y de 0.5 ha en huerto intercalado, lo cual es recomendable para la mayoría de las unidades de producción en la agricultura familiar de Puebla.

Impactos e indicadores.			
Innovación	Impacto	Indicador general	Indicador específico
Desarrollo Tecnológico local	Aumento de la producción Impacto económico y tecnológico	Ciencia y tecnología Innovación e investigación	Recomendaciones técnicas Incremento de la productividad Relación beneficio/costo
Desarrollo de capacidades	Recursos humanos formados	Desarrollo social y humano	Organizaciones de productores Técnicos expertos y prestadores de servicios Pequeños empresarios
Artículos, libros y manuales	Contribución a la ciencia y tecnología	Ciencia y tecnología	Artículos científicos, libros y capítulos publicados



Peach (*Prunus persica* L.) crop expansion in Puebla, Mexico

Expansión del cultivo de durazno (*Prunus persica* L.) en Puebla, México

Mendoza-Robles, Ricardo^{1*}; Corona-Ávila, Pedro, G.²

¹Colegio de Postgraduados Campus Puebla. Boulevard Forjadores de Puebla No. 205. San Pedro Cholula, Puebla, México. C. P. 72760. ²Comité del Sistema Producto Durazno del Estado de Puebla, A.C. Huejotzingo, Puebla.

*Autor responsable: rimer52@hotmail.com

Problema

La introducción de variedades mejoradas de durazno por el Colegio de Postgraduados al estado de Puebla, México, desde mediados de la década de 1980, desencadenó un proceso de escalamiento productivo del cultivo, tanto en superficie plantada, como en producción, lo cual requirió de acciones de acompañamiento técnico (asesoría y asistencia técnica). La transferencia y aplicación del conocimiento generado, fue un aspecto que involucró el establecimiento de huertos demostrativos, y su difusión a los productores; sin embargo, no fue suficiente para que, a la par del aumento del número de plantaciones, se obtuvieran rendimientos promedio satisfactorios o importantes.

Solución

Se diseñó una estrategia amplia de acompañamiento para la operación que incluyó a los avances en mejoramiento genético obtenidos en el Colegio de Postgraduados (variedades mejoradas), formación de pequeños viveros familiares, huertos comerciales y demostrativos, desarrollo de tecnología para el manejo adecuado de los árboles, validación de nuevas variedades sobresalientes, y transferencia de nueva tecnología a los productores. Además, se realizó un plan de mejora al sistema Milpa Intercalada en Árboles Frutales (MIAF), que incluyó un plan de manejo del duraznero incluyendo la variedad Diamante, aumentos en la densidad de plantación (por lo menos 1,000 árboles ha⁻¹), formación y poda (tipo Tatura), nutrición (química y orgánica) y control de parásitos y hierbas (integrado en lo posible). El factor que detonó la expansión de aplicación amplia (uso de variedades mejoradas y el plan de manejo de los árboles) fue la participación de organizaciones de productores y del Sistema-Producto Durazno de Puebla.

Esto requirió desarrollar y establecer microempresas de viveros con enfoque Plan Puebla del Colegio de Postgraduados, para propagar e injertar planta de durazno para su distribución accesible a los productores. Esta estrategia generó una expansión comercial de cerca de 100 hectáreas de huertos simples de durazno en la comunidad de Chiautzingo, registrando en promedio una hectárea por productor, quienes adoptaron el componente frutal del sistema MIAF (Milpa Intercalada en Árboles Frutales), lo que generó la expectativa entre los productores de obtener mayores ingresos.

A partir de estas acciones la superficie sembrada con este frutal, así como el significativo aumento del rendimiento a 20 t ha⁻¹ bajo condiciones de riego y a 10 t ha⁻¹ en condiciones de lluvia o temporal, el modelo sigue en expansión. Desde el inicio de este programa se han estado realizando acciones continuas de capacitación y asesoría técnica en huertos comerciales, convenios de aprovisionamiento de material vegetativo, estableciendo viveros y concurso a convocatorias públicas para proyectos productivos para el abasto de variedades mejoradas, insumos, equipo de poda y aspersión, y otros tipos de infraestructura productiva.

Agroproductividad: Vol. 12, Núm. 9, septiembre. 2019. pp: 89-90.

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





Figura 1. Huertos de durazno mejorados y calidad de frutos en el estado de Puebla.

Impactos e Indicadores.

Innovación	Impacto	Indicador general	Indicador específico
Desarrollo tecnológico local, regional y estatal	Incremento de la superficie y producción Mejores prácticas de manejo del cultivo	Medio natural y ambiental Reducción de la contaminación	Acceso al mercado y la alimentación Captura de carbono Ocupación de la familia
Desarrollo de capital social	Mejora del ingreso familiar	Calidad de vida de la población	Incremento del ingreso Población beneficiada
Artículos, libros, manuales	Formación del capital social y técnico	Ciencia y tecnología agrícola	Artículos y manuales publicados

