

**AGRO**  
PRODUCTIVIDAD

**AP**

Comportamiento productivo inicial del  
**mangostán**  
(*Garcinia mangostana* L.)  
en el Soconusco, Chiapas, México

pág. 17

Año 12 • Volumen 12 • Número 3 • marzo, 2019

- 'Ataulfo Diamante', 'Zafiro' y 'Citlalli': Nuevas selecciones de mango (*Mangifera Indica* L.) 3
- Annona purpurea* Moc. & Sessé ex Dunal especie nativa de México, subutilizada 9
- Herbivoría de *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acari: Tarsonemidae) en *Carica papaya* L. 23
- Tiempo fisiológico del ciruelo japonés (*Prunus cerasifera* EHRH) cv. Methley, calculado en un clima templado de altura intertropical 33
- Cultivo de tres especies aromáticas en un huerto vertical con dos abonos orgánicos 41
- Hongos micorrizicos arbusculares y vermicomposta en el crecimiento de papaya (*Carica papaya* L) en invernadero 47

y más artículos de interés...

|           |   |
|-----------|---|
| <b>3</b>  | 'Ataulfo Diamante', 'Zafiro' and 'Citlalli': New selections of mango ( <i>Mangifera indica</i> L.) / 'Ataulfo Diamante', 'Zafiro' y 'Citlalli': Nuevas selecciones de mango ( <i>Mangifera Indica</i> L.)   |
| <b>9</b>  | <i>Annona purpurea</i> Moc. & Sessé ex Dunal native especies of Mexico, underutilized / <i>Annona purpurea</i> Moc. & Sessé ex Dunal especie nativa de México, subutilizada   |
| <b>17</b> | Initial productive behavior of mangostán ( <i>Garcinia mangostana</i> L.) in Soconusco, Chiapas, Mexico / Comportamiento productivo inicial del mangostán ( <i>Garcinia mangostana</i> L.) en el Soconusco, Chiapas, México   |
| <b>23</b> | Herbivory of <i>Polyphagotarsonemus latus</i> (Banks) (Acari: Tarsonemidae) on <i>Carica papaya</i> L. / Herbivoría de <i>Polyphagotarsonemus latus</i> (Banks) (Acari: Tarsonemidae) en <i>Carica papaya</i> L.  |
| <b>33</b> | Physiological time of Japanese Plum ( <i>Prunus cerasifera</i> EHRH) cv. Methley, calculated in high altitudes with temperate climate / Tiempo fisiológico del ciruelo japonés ( <i>Prunus cerasifera</i> EHRH) cv. Methley, calculado en un clima templado de altura intertropical   |
| <b>41</b> | Cultivation of three aromatic species in a vertical garden with two organic fertilizers / Cultivo de tres especies aromáticas en un huerto vertical con dos abonos orgánicos  |
| <b>47</b> | Arbuscular mycorrhizal fungi and vermicompost on papaya ( <i>Carica papaya</i> L.) plant growth in greenhouse / Hongos micorrizicos arbusculares y vermicomposta en el crecimiento de papaya ( <i>Carica papaya</i> L.) en invernadero  |
| <b>53</b> | Evaluation of biofertilizers based on microorganisms and vermicompost leachate in crops of economic interest in Mexico / Evaluación de biofertilizantes a base de microorganismos y lixiviado de vermicomposta en cultivos de interés económico en México                             |
| <b>63</b> | Rooting of cuttings in three blueberry cultivars ( <i>Vaccinium corymbosum</i> L.) / Enraizamiento de estacas en tres cultivares de arándano ( <i>Vaccinium corymbosum</i> L.)  |
| <b>69</b> | Evaluation of 11 hybrids of sugar cane ( <i>Saccharum</i> spp.) in the central region of Veracruz, Mexico / Evaluación de 11 híbridos de caña de azúcar ( <i>Saccharum</i> spp.) en la región central de Veracruz, México   |
| <b>75</b> | Physical and clinical evaluation of bulls in two municipalities of the small coast of Guerrero, Mexico / Evaluación física y clínica de sementales bovinos en dos municipios de la costa chica de Guerrero, México  |
| <b>83</b> | Methodological proposal for the evaluation of projects in five steps / Propuesta metodológica para la evaluación de proyectos en cinco pasos  |
| <b>89</b> | Collection, establishment and characterization of castor bean ( <i>Ricinus communis</i> L.) in the central-northern plateau of Mexico / Recolecta, establecimiento y caracterización de semilla de higuera ( <i>Ricinus communis</i> L.) en el altiplano centro-norte de México       |
| <b>97</b> | Morphoagronomical characterization of coyol ( <i>Acrocomia aculeata</i> Jacq.) to determine its oil potential production for biodiesel / Caracterización morfoagronómica de coyol ( <i>Acrocomia aculeata</i> Jacq.) para determinar su potencial productivo de aceite para biodiesel |

## 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<sup>†</sup> — 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.



ZOOLOGICAL RECORD®



Master Journal List

Año 12, Volumen 12, número 3, marzo 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, 31 de marzo 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

Impresión 100 ejemplares

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Artículo de revista:**

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

**Libro:**

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

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

## 'Ataulfo Diamante', 'Zafiro' and 'Citlalli': New selections of mango (*Mangifera indica* L.)

## 'Ataulfo Diamante', 'Zafiro' y 'Citlalli': Nuevas selecciones de mango (*Mangifera Indica* L.)

Palacio-Martínez, Víctor<sup>1</sup>, Avendaño-Arrazate Carlos H.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Rosario Izapa Km. 18 Carretera Tapachula-Cacahoatán, Tuxtla Chico, Chiapas. C.P.30870. México.

**Autor de correspondencia:** avendano.carlos@inifap.gob.mx

### ABSTRACT

**Objective:** Characterize and evaluate the selections Ataulfo Diamante, 'Zafiro' and 'Citlalli' of mango (*Mangifera indica* L.), as part of the genetic improvement program of mango in the Rosario Izapa Experimental Field of INIFAP.

**Design/methodology/approach:** The morphological characterization was carried out according to the descriptors proposed by UPOV. The agronomic behavior of the clones was evaluated, and with the results of the variables an analysis of variance and a comparison of means according to Tukey with an  $\alpha=0.05$  was applied.

**Results:** Morphological differences were found between the characterized and evaluated clones; the differences were in fruit morphology, flavor and yield.

**Limitations on study/implications:** The productive potential and the quality of mango clones will depend on the handling in the field and post-harvest that receive the fruits.

**Findings/conclusions:** The clones 'Citlalli', 'Ataulfo Diamante' and 'Ataulfo Elite' present productive characteristics of high potential and register quality to be considered in programs of improvement of the productivity of the crop in the region of Soconusco, Chiapas, Mexico.

**Keywords:** Varieties, Mango, Soconusco.

### RESUMEN

**Objetivo:** Caracterizar y evaluar las selecciones Ataulfo Diamante, 'Zafiro' y 'Citlalli' de mango (*Mangifera indica* L.), obtenidas en el programa de mejoramiento genético de mango en el Campo Experimental Rosario Izapa del INIFAP.

**Diseño/metodología/aproximación:** Se realizó la caracterización morfológica de acuerdo a los descriptores propuestos por la UPOV. Se evaluó el comportamiento agronómico de los clones, y con los resultados de las variables se aplicó un análisis de varianza y una comparación de medias de acuerdo a Tukey con un  $\alpha=0.05$ .

**Resultados:** Se encontraron diferencias morfológicas entre los clones caracterizados y evaluados; las diferencias fueron en morfología del fruto, sabor y rendimiento.

**Limitaciones del estudio/implicaciones:** El potencial productivo y la calidad de los clones de mango estará en función del manejo en campo y postcosecha que reciban los frutos.

**Hallazgos/conclusiones:** Los clones 'Citlalli', 'Ataulfo Diamante' y 'Ataulfo Elite' presentan características productivas de alto potencial y registran calidad para ser considerados en programas de mejora de la productividad del cultivo en la región del Soconusco, Chiapas, México.

**Palabras clave:** Variedades, mango, Soconusco.



**Agroproductividad:** Vol. 12, Núm. 3, marzo. 2019. pp: 3-8.

**Recibido:** julio, 2018. **Aceptado:** febrero, 2019.

## INTRODUCCIÓN

En el año 1963 en Tapachula, Chiapas, México, se identificaron árboles de mango (*Mangifera indica* L.) con características sobresalientes de fruto (predio del Sr. Ataulfo Morales Gordillo). De dichos árboles se obtuvieron varetas porta yema para su propagación en toda la región del Soconusco en Chiapas (De la Torre, 2012). El 27 de agosto de 2003 en el Diario Oficial de la Federación fue emitida la declaración general de protección de la denominación de origen "Mango Ataulfo del Soconusco Chiapas" (SE, 2003).

El mango Ataulfo del Soconusco, tiene gran demanda para el mercado internacional por su sabor, firmeza y vida de anaquel; es una variedad emergente con gran demanda en Norteamérica como fruta fresca y para la agroindustria. Sin embargo, una limitante de la productividad del mango en el trópico mexicano, es la falta de tipos biológicos bien adaptados con potencial de rendimiento y alta calidad. El bajo rendimiento (7.5-5.0 t ha<sup>-1</sup>) recurrente en áreas de monocultivo con Ataulfo, es una seria limitante que amenaza la sostenibilidad de esta actividad primaria de la cual dependen 6,878 productores en el Estado de Chiapas (DGSV, 2014), con 28,425 ha cultivadas y una producción de 198,972 toneladas (SIAP-SAGARPA, 2015). El bajo rendimiento se ha asociado a porcentajes bajos de "prendimiento" y "amarre" de fruto, relacionado a probable inhibición del proceso fecundativo, causal de una deficiente polinización y fecundación inherente al genotipo (Gerke *et al.*, 2011). Aunque también se estima que la mezcla de ecotipos en los huertos con potencial productivo variable por el origen policlonal en los años

sesenta (Infante *et al.*, 2011), es una causa más. Lo anterior afecta 20,000 ha en el Soconusco, Chiapas, con rendimiento 50% menor (4-5 t ha<sup>-1</sup>) respecto del potencial estimado de clones consistentes en producción y caracterizados y evaluados por el INIFAP.

Las variedades de mango "Ataulfo Diamante, Zafiro y Citlalli" son producto de los trabajos de investigación en el programa de mejoramiento genético de frutales tropicales del Campo Experimental Rosario Izapa del INIFAP. El objetivo de este trabajo consistió en describir las características morfológicas distintivas de tres selecciones de mango (*Mangifera indica* L.) sobresalientes en rendimiento y calidad con respecto al germoplasma local que representa la diversidad genética de la variedad 'Ataulfo', con el fin de disponer de nuevas opciones con alto potencial productivo y competitivo para nuevas plantaciones y sustitución por injerto de copa de huertos con baja productividad.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se evaluaron características morfológicas, de producción y calidad *in situ* de nueve árboles "padre" en los años 1997 a 2000. En esta primera etapa fueron seleccionados los clones No. 2, 4 y 8. El criterio de selección fue por alta producción, sin alternancia y calidad de fruto. Estas tres selecciones fueron injertadas de copa sobre portainjertos criollos adultos para su evaluación *ex situ* en La Estación Experimental La Norña-Campo Experimental Rosario Izapa-INIFAP (14° 45' 34.67" N y 92° 23' 12.29" O en el Km. 23 de la carretera Tapachula a Puerto Chiapas. La caracterización morfológica se realizó de 2003 a 2008 con los descriptores propuestos por la Unión

Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV). La evaluación del comportamiento productivo se realizó de 2009 a 2018, y se reportan los resultados de producción por planta, rendimiento anual y promedio. Se realizó un análisis de varianza y prueba de medias Tukey 0.05% con el uso del paquete SAS en caracteres cuantitativos y rendimiento; este último para el año 2014.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se presentan las variables de fruto y producción por árbol *in situ* de la población policlonal propagada por semilla botánica en dos ciclos productivos. A partir del cual fueron seleccionados tres materiales promisorios denominados Ataulfo diamante, Citlalli y Zafiro, una vez caracterizados y evaluados. Ambos Ataulfo diamante y Zafiro fueron consistentes en alta producción y menor alternancia, fruto de excelente calidad de consumo, mientras el clon #4 ('citlalli') registró buen potencial productivo aún sujeto a competencia por espacio y solo fructificó en la parte alta de la copa, por lo cual fue sujeto a poda severa en el ciclo 1998/1999 para recuperar la forma.

### Descripción de la variedad "Ataulfo Diamante"

**Arbol:** Porte extendido, vigor medio y altura 16 a 20 m.

**Hojas:** Pecioladas semierectas, alternas, acuminadas en la punta y ovaladas en la base, miden entre 21.77 y 26.46 cm de largo y 4.8 a 6.13 cm de ancho. Cuando joven presentan color cobrizo o bronce y verde claro en la madurez, sin ondulación del margen.

**Inflorescencia:** Panícula de 38.9 a 46.01 cm de longitud y 25.49 a 28.73 cm de diámetro.

**Cuadro 1.** Producción *in situ* y características de fruto de mangos (*Mangifera indica* L.) en una población de nueve árboles segregantes de semilla botánica, INIFAP 1997-2000.

| Población policlonal | Producción (kg árbol <sup>-1</sup> ) |         |        | Características fruto |         |       |
|----------------------|--------------------------------------|---------|--------|-----------------------|---------|-------|
|                      | 1997/98                              | 1999/20 | media  | g                     | % pulpa | °Brix |
| 1                    | 123                                  | 415     | 269    | 248                   | 55      | 20.5  |
| 2 (Ataulfo diamante) | 650                                  | 704     | 677    | 265                   | 65      | 20.5  |
| 3                    | 51                                   | -       | -      | 264                   | 68      | 20.5  |
| 4 (Cittalli)         | 156                                  | -       | -      | 265                   | 64      | 22.0  |
| 5                    | 35                                   | 1168    | 601.5  | 246                   | 68      | 20.0  |
| 6                    | 68                                   | 271     | 169.5  | 250                   | 71      | 19.5  |
| 7                    | 19                                   | 106     | 125    | 276                   | 68      | 20.0  |
| 8 (Zafiro)           | 385                                  | 1152    | 1537.0 | 261                   | 67      | 20.0  |
| 9                    | 37                                   | 595     | 316    | 306                   | 67      | 19.0  |

Poseen 33 a 37 ramificaciones; el color del eje principal y ramas es amarillo verdoso.

**Flores:** Pequeñas (0.78 cm), y hay de dos tipos: masculinas sin ovario funcional y un estambre fértil, y hermafroditas con ovario funcional y un estambre fértil. Los estambres son más cortos que el pistilo, y requiere acción de insectos polinizadores para que "amarren" los frutos.

**Fruto en madurez fisiológica:** Forma oblonga, cáscara color solo verde (verde limón), longitud de 11.0 a 12.26 cm, y 6.68 a 7.15 cm de anchura (relación longitud:anchura de 1.64 a 1.71); forma de la sección transversal elíptica ancha, sin cavidad peduncular y cuello corto, con el hombro izquierdo redondeado hacia abajo y el hombro derecho en descenso abrupto;



**Figura 1.** Árbol y frutos de la variedad de mango "Ataulfo Diamante".

seno profundo, punto medio en cicatriz estilar y diámetro del pedúnculo medianos.

**Fruto maduro:** Color amarillo naranja, peso promedio 271 g y conversión del 65.8%, 24.94% y 9.23% de pulpa, cáscara y hueso, respectivamente (Figura 1).

**Pulpa:** Color naranja claro, firme, de jugosidad media y textura fina, con escasa cantidad de fibra pegada al hueso y a la cáscara, y sin sabor a trementina. Conversión a pulpa del 65%, 21 d de vida en anaquel en cadena

de frío a 13 °C, sabor dulce (15 °Brix).

**Cáscara:** Libre de moteados, fina en espesor y débilmente adherida a la pulpa. Tolera el tratamiento hidrotérmico contra plagas de moscas de la fruta (*Anastrepha* sp., *Ceratitis capitata*).

**Hueso:** Relieve acanalado en la superficie, semilla de forma reniforme y poliembriónico.

**Rendimiento:** Potencial 18 t ha<sup>-1</sup> en condiciones de manejo agronómico con tecnología media a alta, en función de ubicación agroclimática del huerto, considerando una densidad de plantación de 64 árboles por ha, manejo de podas de producción y sanitaria, fertilización con base a la demanda nutrimental del árbol y fertilidad del suelo, y riego en la etapa de fructificación.

#### Descripción de la variedad "Ataulfo Zafiro"

**Árbol:** Porte extendido, vigor grande y altura 20 a 25 m.

**Hojas:** Son alternas, miden entre 21.62 y 24.54 cm de largo y 5.15 a 6.03 cm de ancho. Tienen color cobrizo cuando joven y verde claro en la madurez, con ondulación débil del margen y forma aguda de la base y ápice. Pecíolo de porte semi erecto con una longitud que varía de 3.74 a 4.32 cm.

**Inflorescencia:** Panícula terminal de 46.83 a 51.37 cm de longitud y 30.12 a 33.17 cm de diámetro. Posee 31 a 35 ramificaciones; el color del eje principal y de las ramas es rojo pálido a muy pálido (naranja tenue y rosa).

**Flores:** Las flores son pequeñas de 0.76 cm y son de dos tipos: a) masculinas, sin ovario funcional, con un estambre fértil; y b) hermafroditas, con ovario funcional y un estambre fértil. Los estambres son ligeramente más cortos que el pistilo y requiere de polinizadores para que "amarren" los frutos.

**Fruto inmaduro:** surco en el hombro izquierdo de longitud y profundidad medio; seno profundo, punto medio

en la cicatriz estilar y diámetro del pedúnculo pequeño, cáscara de color verde. El fruto después del corte tiene 18 días de vida de anaquel.

**Fruto maduro:** Color dorado amarillo y amarillo naranja, peso promedio 265.6 g con un 75.27 % de pulpa, 13.75 % de cáscara y 10.97% de hueso (Figura 2).

**Pulpa:** Color naranja a claro, firme, de jugosidad baja y textura fina; escasa cantidad de fibra pegada al hueso y media cantidad en la cáscara; dulce (17.8 °Brix) y sin sabor a trementina.

**Cáscara:** Presenta moteado débil, media en espesor y adherencia a la pulpa. Tolera el tratamiento hidrotérmico contra plagas de moscas de la fruta.

**Hueso:** Relieve anillado en la superficie, semilla de forma oblonga y de tipo poliembriónico.

**Rendimiento:** El rendimiento potencial de la variedad Zafiro es de 17 t ha<sup>-1</sup> a una densidad de 45 árboles ha<sup>-1</sup> (baja densidad) y de 24 t ha<sup>-1</sup> con 64 árboles ha<sup>-1</sup> (densidad intermedia), superando a Ataulfo Diamante en 33% de rendimiento unitario.

### Descripción de la variedad "Citlalli".

**Árbol:** Extendido, vigor grande y altura 25 a 30 m.

**Hojas:** Son alternas, miden entre 21.62 y 24.54 cm de largo y 5.15 a 6.03 cm de ancho. Tienen color cobrizo cuando joven y verde claro en la madurez, con ondulación débil del margen y forma aguda de la base y ápice. Pecíolo de porte semi erecto con una longitud que varía de 3.74 a 4.32 cm.

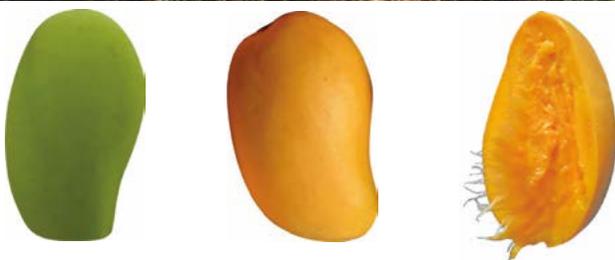
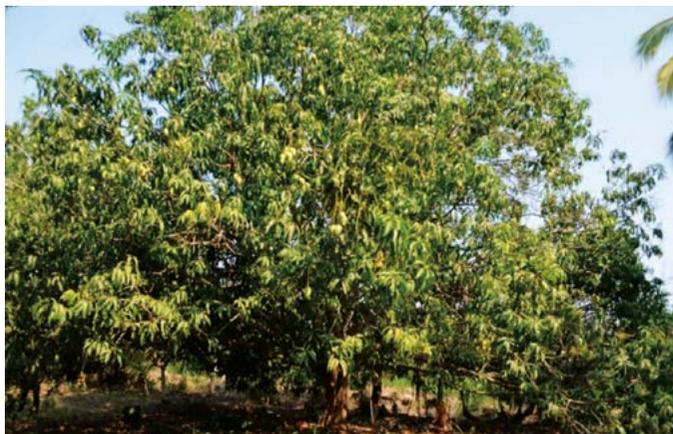


Figura 3. Árbol y frutos de la variedad de mango "Citlalli"

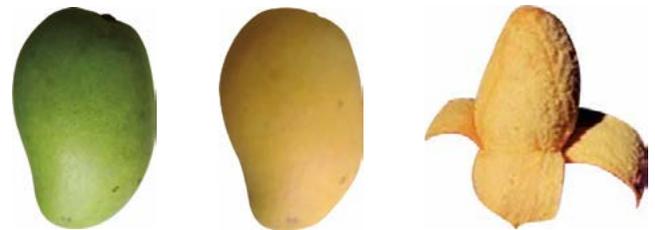


Figura 2. Árbol y frutos de la variedad "Zafiro".

**Inflorescencia:** Panícula terminal de 33.7 a 38.7 cm de longitud y 18.2 a 27.5 cm de diámetro. Posee 23.3 a 29.0 ramificaciones; el color del eje principal y de las ramas es amarillo verdoso.

**Flores:** Las flores son pequeñas de 0.70 cm y son de dos tipos: a) masculinas, sin ovario funcional, con un estambre fértil; y b) hermafroditas, con ovario funcional y un estambre fértil. Los estambres son ligeramente más cortos que el pistilo y requiere de polinizadores para que "amarren" los frutos.

**Fruto en madurez fisiológica:** Forma oblonga, longitud de 9.94 a 10.72 cm y 4.37 a 7.08 cm de anchura (relación longitud/anchura de 2.28 a 1.51); forma de la sección transversal elíptica media, cavidad peduncular media sin cuello, con el hombro izquierdo redondeado horizontal y el hombro derecho redondeado hacia abajo, sin presencia de surco en el hombro izquierdo, con seno de profundidad media, punto medio en la cicatriz estilar y diámetro del pedúnculo pequeño, cáscara de color verde. después del corte tiene 15 d de vida de anaquel.

**Fruto maduro:** Color amarillo naranja. amarillo alimonado y naranja cadmio, peso promedio 261.2 g con 74.1% de pulpa, 13.7% de cáscara y 10.93% de hueso (Figura 3).

**Pulpa:** Color naranja a naranja claro, con firmeza y jugosidad media y textura fina; escasa cantidad de fibra pegada al hueso y en la cáscara; dulce (17.6 °Brix) y sin sabor a trementina.

**Cáscara:** Presenta moteado muy débil, media en espesor y en adherencia a la pulpa. Tolera el tratamiento hidrotérmico contra plagas de moscas de la fruta.

**Hueso y semilla:** Relieve acanalado en la superficie, semilla de forma reniforme y de tipo poliembriónico.

En el Cuadro 2 se presentan las características físico-químicas de fruto de cuatro selecciones de mango, donde se incluye a Ataulfo elite como un testigo de referencia.

**Rendimiento:** El rendimiento estimado del cultivar 'Citlalli' es de 15.94 t ha<sup>-1</sup> a una densidad de 45 árboles ha<sup>-1</sup> (baja densidad) y de 19.9 t ha<sup>-1</sup> con 64 árboles ha<sup>-1</sup> (densidad intermedia), superando en rendimiento medio a los cultivares Ataulfo diamante, Ataulfo elite y Zafiro con 6.16, 12.46 y 16.78% respectivamente. El cul-

tivar 'Citlalli' resultó más estable en la producción de los últimos años caracterizados por baja precipitación pluvial debido al fenómeno del niño (Cuadro 3).

**Época de producción de las variedades Ataulfo diamante, Zafiro y Citlalli:** Temprana (febrero a abril). Responden a la inducción floral con nitrato de potasio de 2 a 4% y la producción se adelanta de 20 a 30 días.

Las tres selecciones se adaptan a las áreas de trópico húmedo y subhúmedo cálido y muy cálido, propio para condiciones de temporal y riego. El INIFAP cuenta con un huerto madre para producir yemas, con

**Cuadro 2.** Características físico-químicas de fruto de cuatro selecciones de *Mangifera indica* L. tipo 'Ataulfo. INIFAP 2001/08.

| Variable    | 'Diamante' |      |                   | 'Zafiro' |      |       | 'Citlalli' |       | Ataulfo elite |       |
|-------------|------------|------|-------------------|----------|------|-------|------------|-------|---------------|-------|
|             | 2001       | 2002 | 2008              | 2001     | 2002 | 2008  | 2001       | 2008  | 2002          | 2008  |
| Peso (g)    | 263        | 247  | 257a <sup>1</sup> | 282      | 255  | 281a  | 224        | 269a  | 235           | 271a  |
| Long (cm)   |            | 10.5 | 11.3a             | 9.4      | 11.1 | 11.6a |            | 11.1a | 10.5          | 11.5a |
| Ancho(cm)   |            | 6.7  | 7.0 a             | 5.6      | 6.8  | 7.2ab |            | 7.4 b | 6.8           | 7.1ab |
| Grosor (cm) |            | 6.2  | 6.3 a             | 5.1      | 6.2  | 6.5ab |            | 6.7 b | 6.1           | 6.3a  |
| Cáscara (g) | 65.5       | 55.2 | 37.8a             | 64.0     | 59.2 | 45.9b | 41.4       | 37.2a | 54.8          | 43.7b |
| Hueso (g)   | 24.3       | 28.5 | 29.4a             | 32.0     | 30.8 | 34.7b | 23.7       | 29.6a | 26.7          | 33.7b |
| Pulpa (g)   | 167        | 164  | 191 a             | 184      | 165  | 203a  | 157        | 199 a | 144           | 197a  |
| % pulpa     | 64.6       | 66.2 | 74.4a             | 65.1     | 64.7 | 71.9a | 70.0       | 73.6a | 65.3          | 73.0a |
| S.S.T. (%)  | 14.4       |      |                   | 5.8      |      |       | 9.8        |       |               |       |
| ° Brix      | 15.0       |      | 18.0              | 5.0      |      | 16.3  | 16.0       | 17.9  |               | 15.5  |
| Azucares%   | 3.8        |      |                   | 4.8      |      |       | 2.8        |       |               |       |
| Acidez (%)  | 2.7        |      |                   | 3.1      |      |       | 2.4        |       |               |       |
| Humedad%    | 85.6       |      |                   | 84.2     |      |       | 90.2       |       |               |       |

<sup>1</sup> Valores con igual letra son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

**Cuadro 3.** Producción de cuatro selecciones varietales de mango 'Ataulfo' en el Sitio Experimental La Norteña-Campo Experimental Rosario Izapa-INIFAP. 2012/2018.

| Variedad         | Producción/planta/año (kg planta <sup>-1</sup> )       |      |                     |       |       |       | Promedio (kg planta <sup>-1</sup> ) |
|------------------|--|------|---------------------|-------|-------|-------|-------------------------------------|
|                  | 2012   | 2013 | 2014                | 2016  | 2017  | 2018  |                                     |
| Ataulfo Diamante | 176  | 202  | 346                 | 242.1 | 134.5 | 348.6 | 241.5                               |
| Zafiro           | 133  | 214  | 265                 | 176.4 | 170.3 | 360.3 | 219.9                               |
| Citlalli         | 187  | 131  | 358                 | 264.9 | 245.0 | 256.7 | 256.7                               |
| Ataulfo elite    | 144  | 193  | 360                 | 158.7 | 207.2 | 307.2 | 228.35                              |
| Variedad         | Rendimiento por año (t ha <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup> |      |                     |       |       |       | Promedio (t ha <sup>-1</sup> )      |
|                  | 2012   | 2013 | 2014                | 2016  | 2017  | 2018  |                                     |
| Ataulfo Diamante | 7.9  | 9.1  | 15.6 a <sup>2</sup> | 10.9  | 6.1   | 15.7  | 10.88                               |
| Zafiro           | 6.0  | 9.6  | 11.9b               | 7.9   | 7.7   | 16.2  | 9.89                                |
| Citlalli         | 8.4  | 5.9  | 16.1 a              | 11.9  | 11.0  | 15.9  | 11.55                               |
| Ataulfo elite    | 6.5  | 8.7  | 16.2 a              | 7.1   | 9.3   | 13.8  | 10.27                               |

<sup>1</sup> Rendimiento en condiciones de lluvia y baja densidad de plantación (45 árboles ha<sup>-1</sup>), y <sup>2</sup> Valores con igual letra son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

disponibilidad para generar un programa de parcelas demostrativas.

## CONCLUSIONES

Las selecciones 'Citlalli', 'Ataulfo Diamante' presentan características de potencial productivo y alta calidad para ser considerados en programas de mejora de la productividad del mango en la región del Soconusco, Chiapas, seguidos por 'Zafiro', con potencial para mercado de frutas fresca y agroindustria.

## LITERATURA CITADA

De La Torre, G. A. 2013. Del mango Ataulfo. In: De los cafetales del Soconusco a la historia del mango Ataulfo-1820 a 2012. Colección Soconusco, Libro III, cap. II Primera reimpresión 2013. Tapachula Chiapas. PP 85-100.

Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV), 2014. Padrón de productores de mango del Estado de Chiapas. Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Estado de Chiapas (CESAVE-Chiapas).

Gehrke V. M.R.; Castillo V. A.; Ruíz B. C. y Moreno-Martínez, J.L. 2011. Viabilidad y germinación del polen en mango (*Mangifera indica* L.) cv Ataulfo. *Interciencia* 36 ( 5): 378-385.

Infante F.; Quilantan J.; Rocha F.; Esquinca H.; Castillo A.; Ibarra N.A. y Palacio V. 2011. mango Ataulfo: orgullo chiapaneco. *Biodiversitas* Vol. 36. Mayo-junio de 2011. CONABIO. PP 1-5.

Secretaría de Economía (SE). 2003. Declaratoria de Protección a la Denominación de Origen del Mango Ataulfo del Soconusco Chiapas. *Diario Oficial de la Federación*, 4 de agosto de 2003.

SIAP-SAGARPA 2015. Producción Agrícola. Ciclo: Cíclicos y perennes 2014. Riego + temporal. Como se vio en internet. [www.siap.sagarpa.gob.mx](http://www.siap.sagarpa.gob.mx).

UPOV: 2006. Mango. *Mangifera indica* L. Directrices para la ejecución del examen de la distinción, la homogeneidad y la estabilidad. Ginebra. TG/112/4. 2006-04-05. [www.upov.int/directrices](http://www.upov.int/directrices).



# *Annona purpurea* Moc. & Sessé ex Dunal native species of Mexico, underutilized

## *Annona purpurea* Moc. & Sessé ex Dunal especie nativa de México, subutilizada

Vidal-Lezama, Eloísa<sup>1\*</sup>; Villegas-Monter, Ángel<sup>1</sup>; Vaquera-Huerta, Humberto<sup>2</sup>;  
Robledo-Paz, Alejandrina<sup>1</sup>; Martínez-Palacios, Alejandro<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados, Posgrado en Fisiología Vegetal, Programa de Recursos Genéticos y Productividad. <sup>2</sup>Colegio de Postgraduados, Posgrado en Socio Economía, Estadística e Informática. Km. 36.5 Carr. México-Texcoco, Montecillo, Texcoco, Estado de México. <sup>3</sup>Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, UMSNH. Tarímbaro, Michoacán, México. Km 9.5. Carr. Morelia-Zinapécuaro, C.P. 58880, Tarímbaro, Michoacán, México.

\*Autor de correspondencia: villema53@hotmail.com

### ABSTRACT

**Objective:** A compendium was made about the recent knowledge related to the morphological characterization of fruits *Annona purpurea* Moc. & Sessé ex Dunal, biochemical components and their bioactivity; as well as identifying the morphological and bromatological components, which describe the fruits and seeds.

**Design/methodology/approach:** An updated bibliography research was carried out, as well as the morphological data record of freshly collected fruits and using the methodology for bromatological analysis (AOAC, 2006), data were obtained about the pulp, peel and seeds.

**Results:** The main morphological characteristics of the fruit were indicated in terms of size, weight, number and weight of seeds. It was found that the pulp is an important source of sugars, fiber and protein and the oil content in seeds is very high. The main secondary metabolites reported were recorded, as well as their bioactivity.

**Study limitations/implications:** Being a semi domesticated fruit tree and of local consumption, the knowledge of it is also located in the distribution zones; while the published information is limited.

**Findings/conclusions:** The nutritional value of the fruits and the medicinal importance of leaves, stems, seeds, bark and fruits were evidenced. Also, it was highlighted the potential that has as a source of secondary metabolites among which include acetogenins, alkaloids and essential oils with different effects such as antitumor, antibacterial, antifungal, antioxidant, antiparasitic, cardiogenic, anxiolytic and insecticide. This last effect opens the possibility of expanding the supply of current biopesticides, essential input in the practice of sustainable agriculture.

**Keywords:** chincuya, head of black, anonacea, acetogenins, secondary metabolites.

### RESUMEN

**Objetivo:** Analizar los conocimientos relacionados con la caracterización morfológica de frutos, componentes bioquímicos y bioactividad de *Annona purpurea* Moc. & Sessé ex Dunal; así como identificar los componentes morfológicos y bromatológicos, que describen sus frutos y semillas.

**Diseño/metodología/aproximación:** Se analizó con el fin de actualizar el registro de datos morfológicos de frutos recién colectados *A. purpurea* y mediante la metodología de análisis bromatológico, se obtuvieron datos relacionados con la bioquímica de pulpa, cáscara y semillas.

**Agroproductividad:** Vol. 12, Núm. 3, marzo. 2019. pp: 9-15.

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



**Resultados:** Se señalan las principales características morfológicas del fruto en términos de tamaño, peso, número y peso de semillas. Se encontró que la pulpa es fuente importante de azúcares, fibra, proteína y que el contenido de aceite en semillas es alto. Se registraron los principales metabolitos secundarios reportados, así como una aproximación a su actividad biológica.

**Limitaciones del estudio/implicaciones:** Al ser un frutal semidomesticado y de consumo local, el conocimiento del mismo también está localizado en las zonas de ubicación, y la información publicada es limitada.

**Hallazgos/conclusiones.** Se evidencia el valor nutritivo de los frutos y la importancia medicinal de hojas, tallos, semillas, corteza y frutos. Así también, se resalta la potencialidad que tiene como fuente de metabolitos secundarios entre los que destacan acetogeninas, alcaloides y aceites esenciales con diferentes efectos, tales como la actividad antitumoral, antibacterial, antifúngico, antioxidante, antiparasitario, cardiotónico, ansiolítico e insecticida. Éste último, abre la posibilidad de que se amplíe la oferta de los actuales biopesticidas, insumo imprescindible en la práctica de una agricultura sustentable.

**Palabras clave:** chincuya, cabeza de negro, anonácea, acetogeninas, metabolitos secundarios.

a *A. muricata* L. (guanábana) y *A. cherimola* Mill. (chirimoya); mientras que a la ilama o papause (*A. macrophyllata* Donn. Smith., sinónimo de *A. diversifolia* Saff.), el saramuyo (*A. squamosa* L.), la chincuya (*A. purpurea* Moc. & Sessé ex Dunal), la anona colorada (*A. reticulata* L.), o la amarilla (*A. reticulata* L. sinónimo de *A. lutescens* Saff.), es posible encontrarlas como especies frutales fomentadas, en los huertos de solar; distribuyéndose tanto en la costa del Pacífico como en el Golfo de México (Segura *et al.*, 2012; Escobedo-López *et al.*, 2018).

## MATERIALES Y MÉTODOS

En la localidad de Las Salinas, Chicomuselo, Chiapas, México, se recolectaron frutos el 10 de septiembre de 2014, de los árboles bajo resguardo de la familia Ríos Montejo. De veinte frutos se registró peso, largo y ancho, número de semillas normales, vanas, y el peso de semillas normales. En el laboratorio de Nutrición Animal del Dpto. de Zootecnia, de la Universidad Autónoma Chapingo y mediante las metodologías de la AOAC (2006), en las semillas de un fruto (muestra compuesta), en cáscara de tres frutos y en pulpa de cuatro frutos, se determinó la analítica de humedad, materia orgánica, cenizas, grasas (extracto etéreo), proteína cruda y fibra cruda. El extracto libre de nitrógeno (carbohidratos), se calculó restando a 100, la suma de cenizas, extracto etéreo, proteína cruda y fibra cruda.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### *Annona purpurea* Moc. & Sessé ex Dunal.

La chincuya, tiene muchos nombres regionales (cabeza de negro, chincua, etc.) así como étnicos (pox, polbox, etc), una lista de ellos, fue compilada por Luna-Cázares y González-Esquinca (2015). Es

## INTRODUCCIÓN

La familia Annonaceae a la que Darwin llamó fósil viviente, es muy particular ya que tiene características arcaicas, tales como flores primitivas con número indefinido de partes florales libres, estambres dispuestos en espiral, carpelos libres, entre otros rasgos principales. Doyle y Le Thomas (1994), la consideraron como la familia palinológicamente más diversa y grande de las angiospermas, mientras que Chatrou (1999), la señala como una familia evolutiva, ecológica y económicamente muy importante. En número de especies, es por mucho la más grande del orden de las Magnoliales. Se distribuyen en el área tropical de América, Asia y África; esta última con el menor número de especies, mientras que en el neotrópico hay 900 (Chatrou, 1999). Recientemente (Thomas *et al.*, 2015) mencionaron 108 géneros y 2292 especies identificadas. La mayoría de las especies ocupan las partes bajas del bosque lluvioso, aunque *Annona* y *Duguetia*, son géneros adaptados a condiciones secas; también ha sido caracterizada como megatermal (Morley, 2000; citado por Thomas *et al.*, 2015). Otros autores han señalado alta correlación entre la diversidad de especies y la abundancia de lluvia y temperatura (Punyasena *et al.*, 2008; citados por Thomas *et al.*, 2015).

Los frutos se consumen como alimento, aportan carbohidratos, fósforo, ácido ascórbico y calcio principalmente; hojas, tallos, raíces, semillas y corteza se emplean en la medicina tradicional, de diferentes culturas en el mundo. La madera es flexible, fuerte, y es utilizada en la construcción, elaboración de papel, carpintería, cordelería y es combustible.

La mayoría de las especies de anonas frutales que se encuentran en México, están en estado silvestre, y en huertos comerciales únicamente se registran

originaria de México (Dunal, 1817) y fue descrita por primera vez por José Mariano Mociño y Losada, Martín Sesé y Lacasta y publicado por Michel-Félix Dunal (ex) en "Monographie de la famille des Anonacées". Maas et al. (2011) actualizaron el Index de Géneros y Especies Neotropicales de la familia Annonaceae, en donde se indican tres sinonimias: *A. manirote* Kunth (1821), *A. involucrata* Baill (1868) y *A. prestoei* Hemsl (1897). Algunos detalles de la descripción de la planta los menciona Cabrera et al. (2004), como un árbol de hasta 10 m de alto, con la copa formada por ramas dispersas. Las flores (Figura 1A) extra axilares, solitarias, subsésiles, con tres sépalos triangular-ovados, acuminados; tres pétalos externos valvados muy gruesos y rígidos, cóncavos, usualmente acuminados, ferrugíneo-seríceos por fuera y teñidos de púrpura por dentro; tres pétalos internos de menor tamaño, imbricados, delgados, elíptico-oblongos con el ápice redondeado; estambres numerosos. Hojas simples, membranosas, deciduas, alternas de 12 a 30 cm largo y de 6 a 14 cm de ancho, obovadas a elípticas, con peciolos cortos (Figura 1B). Fruto de forma ovoide a esferoidal, cubierto de numerosas protuberancias piramidales, con un tomento parecido al fieltro, la pulpa es anaranjada, fragante, fibrosa con múltiples semillas.

En México, se distribuye según De la Cruz et al. (2016), en Chiapas, Colima, Jalisco, Michoacán, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, Tabasco, Yucatán y Veracruz. Cabrera et al. (2004) indican que en Yucatán se encuentra entre los 0 y 400 m de altitud en los municipios de Valladolid, Yaxcabá, Tunkas y en el poblado de Mahas, y que la especie se ubica en la selva mediana subperenifolia, mediana subcaducifolia y en vegetación secundaria derivada de éstas anteriores. Vidal et al. (2015), señalan que, en Veracruz, tiene un amplio rango de adaptabilidad edáfica y tolerancia al descortezador del tallo de guanábana, con la cual presenta afinidad, sugiriendo su uso como portainjerto; sin embargo, señalan que, debido a la presencia de sequías, huracanes, incendios, urbanización, ganadería, agricultura, plagas y enfermedades, está desapareciendo en el municipio de Emiliano Zapata.

### Recolecta y características de frutos y semillas

Las Salinas es una localidad del municipio de Chicomselo, Chiapas (15° 75' 21" N y 92° 26' 81" O, y 585 m altura), que presenta un clima cálido subhúmedo, con lluvias en verano y precipitaciones pluviales de entre 1 000 y 1 500 mm; la población fomenta los árboles, por su vasta sombra, para consumir la fruta en fresco y venderlo en el mercado local. Usan las hojas para remedios,

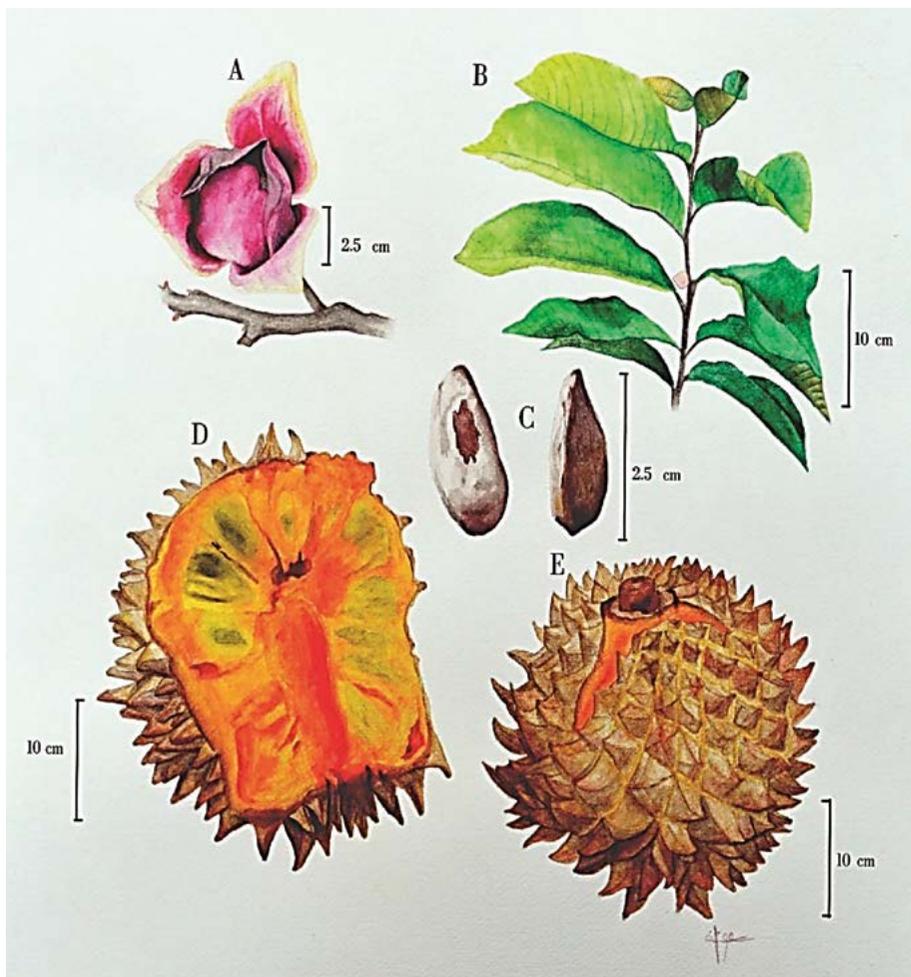
la madera como combustible y cercos vivos de linderos. La floración se presenta entre abril y mayo y se cosechan los frutos en septiembre-octubre. El ciclo inicia entre diciembre-marzo con la defoliación de los árboles, dando paso a la brotación foliar, para que en mayo-junio inicie la floración.

Las evaluaciones realizadas en 20 frutos maduros, señalaron que, en promedio, registran 31.73 cm de largo y 47.17 cm de ancho, pesaron 1.23 kg y perdieron en siete días (a la sombra y  $25 \pm 2$  °C), solo el 9.5% de peso fresco; el número de semillas por fruto fue de 138.4, el peso de una semilla fue de 1.51 g, y presentaron 140 semillas vanas, un poco más del 50%, respecto al número total de semillas. Las semillas representaron el 18.4% del total del peso del fruto, midieron 2.56 cm de largo, 1.27 cm de ancho y un grosor de 0.78 cm. Son de color café mate al momento de la cosecha, de apariencia leñosa, duras y muy difíciles de abrir (Figura 1C). Los frutos, son sincarpas, con numerosos carpelos uniseminados; se caracterizan por ser muy firmes al momento de la cosecha, la cual se realiza cuando las prominencias piramidales de la cáscara, se curvan hacia el peciolo (Figura 1D) y se desprenden con facilidad, al mismo tiempo la fruta se abre de la parte cercana al pedúnculo, "agrietándose" (Figura 1E) y desprendiendo un intenso olor característico.

La parte comestible, se compone de sarcotestas fibrosas que envuelven las semillas, esta pulpa es aromática y color anaranjado intenso (Figura 1D). El sabor es una interesante combinación de sabores mezclados semejantes a mango (*Mangifera indica* L.), plátano (*Musa balbisiana* × *M. acuminata*), maracuyá (*Passiflora* sp.) y papaya (*Carica papaya* L.). La cáscara, es muy gruesa, rugosa, dura y pesada (el peso de la cáscara fue del 32.25%, respecto al peso total del fruto). La peculiar cáscara, evita que el fruto pierda peso rápidamente después de la cosecha y el manejo de los frutos es menos delicado, si lo comparamos con otras anonas frutales; sin embargo, el gran tamaño, peso y textura de los frutos, dificultan el corte y manipulación. Una vez cortados, los frutos maduran entre tres a siete días a la sombra y temperatura media de 25 °C, el color verde disminuye y se torna rojizo-marrón. Del análisis bromatológico del fruto y semillas (Cuadro 1), destacan los valores de grasas en semillas, los carbohidratos en pulpa y los valores de proteína y fibra en cáscara.

### Metabolitos secundarios en la familia Annonaceae

Los metabolitos secundarios (Ms) son compuestos



**Figura 1.** A. Flor abierta, mostrando tres pétalos externos y dos internos. B. Brote en pleno crecimiento. C. Semillas. Vista frontal y lateral. D. Fruto mostrando la pulpa fibrosa. E. Fruto maduro "cuarteado" y protuberancias encorvadas ("ganchos o espinas"). Composición de Diseñadora Violeta García Vidal.

complejos en estructura y función; proveen a la planta de habilidades que se requieren durante el crecimiento y desarrollo y su interacción con el medio ambiente; juegan un rol esencial en la defensa de patógenos y herbívoros y responden diferencialmente, en fun-

ción de un amplio rango de factores ambientales.

Se consideran compuestos multifuncionales, ya que un número reducido de rutas biosintéticas soportan grandes beneficios para el metabolismo primario; tienen funciones

ecológicas tales como atrayentes de entomófagos, polinizadores y dispersores de semillas. La denominación de Ms es imprecisa, ya que son productos muy importantes que permite a las plantas, asegurar la óptima respuesta a los retos bióticos o ambientales (Neilson *et al.*, 2013). Quizá la característica más distintiva de la familia Annonaceae, es su riqueza en Ms, los cuales se pueden encontrar en raíces, cortezas, tallos, semillas y frutos; y la naturaleza química es muy diversa e incluyen acetogeninas, alcaloides, megastigmananos, terpenoides, lectinas, flavonoides, aceites esenciales, ciclopéptidos y ácidos grasos. La bioactividad que presentan también es muy amplia, causando efectos tóxicos en mamíferos, insectos, virus, ácaros, bacterias, nemátodos, hongos y protozoarios; estos efectos son de diferentes magnitudes y han sido demostrados en ensayos *in vivo* e *in vitro*. Las acetogeninas (ACG), son compuestos, que contienen de 35 a 37 átomos de carbono; se caracterizan por poseer una cadena alifática larga con un anillo  $\gamma$  lactona  $\alpha, \beta$  insaturado y uno, dos o tres anillos de tetrahydrofurano, localizados a lo largo de la cadena hidrocarbonada (Alali *et al.*, 1999). Otros compuestos policétidos, con la misma biogénesis, han sido identificados en aguacate y denominados también acetogeninas, pero la estructura química *sensu stricta* no es la misma.

En el campo de los productos naturales vegetales el descubrimiento, en la década de los ochenta, de las ACG ha sido un parteaguas, donde la lucha contra el cáncer encontró un gran aliado. El efecto antitumoral de las ACG, mostraron ser selectivamente tóxicas para varios tipos de células cancerígenas, incluidas

**Cuadro 1.** Componentes del fruto de chincuya (*Annona purpurea* Moc. & Sessé ex Dunal), en base a peso seco.

| Variable                        | Cáscara <sup>z</sup> | Pulpa <sup>y</sup> | Semilla <sup>x</sup> |
|---------------------------------|----------------------|--------------------|----------------------|
| Cenizas (%)                     | 6.329±0.14           | 6.512±1.09         | 2.562±0.01           |
| Materia orgánica (%)            | 93.670±0.14          | 93.487±1.09        | 97.437±0.01          |
| Proteína cruda (%)              | 10.756±1.61          | 7.317±1.00         | 13.965±0.14          |
| Extracto etéreo (%)             | 0.984±0.80           | 0.667±0.19         | 44±0.03              |
| Fibra cruda (%)                 | 42.751±0.84          | 11.914±4.14        | 20.004±0.05          |
| Extracto libre de nitrógeno (%) | 39.177±2.15          | 73.587±3.41        | 19.470               |

<sup>z</sup>Media de 6 observaciones; <sup>y</sup>Media de 8 observaciones; <sup>x</sup>Media de dos observaciones.

líneas resistentes a fármacos; dado que su mecanismo de acción involucra la síntesis de ATP y que las células cancerosas tienen una mayor demanda de ATP que las células normales, la potencialidad de estos compuestos es enorme (Sun et al., 2014). Miao et al. (2016) encontraron cuatro nuevas ACG en semillas de *A. squamosa* L., concluyendo que la escuamocina-I fue el compuesto que exhibió la más potente actividad citotóxica. Xiao et al. (2017) realizaron una completa revisión respecto a *A. coriacea*, *A. crassifolia*, *A. hypoglauca*, *A. muricata*, *A. squamosa*, *A. sylvatica* y *A. vepretorum* como fuentes de agentes antitumorales, reportando los mecanismos de acción y discutiendo sobre las relaciones estructurales y su bioactividad. Otro efecto comprobado es el anticoagulante, donde Pautus et al. (2016) estudiaron a la annonacinona como un nuevo agente anti trombos, la cual resultó más potente que la tiplaxtinina el fármaco control. El efecto plaguicida se definió por la bioactividad insecticida por demás prometedor, algunos ejemplos demuestran su potencialidad. Domínguez et al. (2012), señalaron el alto poder toxicológico de las ACG, tanto en los géneros *Aedes* y *Anopheles*, como en *Pediculus humanus*, *Pulex irritans*, *Cimex lectularius* y *Blattella germanica*. La toxicidad la atribuyeron a un efecto anti alimentario, comparable al mostrado por la rotenona y superior al causado por extractos de *Azadirachta indica*. También Ribeiro et al. (2014 y 2014a), encontraron que los extractos de *A. montana*, *A. mucosa*, *A. muricata* y *A. sylvatica*, fueron efectivos contra *Trichoplusia ni*, *Myzus persicae* y *Panonychus citri*, los cuales exhibieron niveles de actividad superiores a los acaricidas botánicos comerciales probados. Por su parte Gonçalves et al. (2015), demostraron la actividad de extractos de semillas de *A. sylvatica* sobre *Zabrotes subfasciatus*, concluyendo que contienen sustancias protectoras de granos almacenados. De manera similar, Machado et al. (2015), comprobaron la actividad nematocida del extracto etanólico de hojas de *A. crassiflora* y sus fracciones. Otros como Ribeiro et al. (2016), demostraron el efecto tóxico del extracto etanólico de semillas de *A. mucosa* en crecimiento y desarrollo de *Spodoptera frugiperda*.

El contenido de aceites esenciales es responsable de los aromas que desprenden muchas especies, también a ellos se debe su efecto antibacterial, antifúngico y antiviral, además que por su fuerte sabor las plantas son menos palatables para los herbívoros (Yong-Lak & Jun-Hyung, 2016), los mismos autores señalan principalmente a mono y sesquiterpenos, pero también a fenoles, óxidos, ésteres, aldehídos y cetonas, como responsables de los aromas. Bomfim et al. (2016) indican que los constituyentes principales son  $\alpha$ -pineno y  $\beta$ -pineno, mircenol, p-cimeno, limoneno, linalool, 1,8-cineol, cariofileno y óxido de cariofileno, y revisan la literatura sobre la composición química, bioactividad y usos de componentes volátiles, incluso la composición de sabor de diversas especies de anonas; los mismos autores identificaron los aceites esenciales de hojas de *A. vepretorum* y determinaron la citotoxicidad que inhibió el crecimiento, de líneas celulares tumorales de melanoma de ratón B16-F10.

Una propuesta más reciente es las de usar las semillas, como combustible verde. Con tal propósito, Reyes-Trejo et al. (2014) evaluaron el aceite de semillas de ilama como materia para preparación de biodiesel, logrando un producto de excelente calidad y rendimiento. También Schroeder et al. (2017),

evaluaron dos tipos de biodiesel, producidos del aceite de semillas de *A. muricata*, presentando excelentes resultados con respecto a los parámetros establecidos por la agencia oficial de control de calidad biodiesel de Brasil.

### ***Annona purpurea* Moc. & Sessé ex Dunal**

El uso medicinal de jugo, semillas, tallos, hojas y corteza de chincuya, han sido revisado por Luna-Cázares y González-Esquinca (2015), quienes mencionan el uso para tratar fiebre, tos, resfriados, disentería, diarrea, parásitos intestinales y congestión, así como para aliviar la ictericia, el dolor de cuerpo, de cabeza, las infecciones de la piel, la malaria, para controlar diabetes, enfermedades respiratorias, como cardiotónico, para riñones, como antiespasmódica, para bajar la presión arterial, como sedativa y su uso como insecticida, en específico contra piojos, chinches, polillas, cucarachas y pulgas. Los reportes científicos sobre la bioactividad de los compuestos de chincuya, son escasos. Cárdenas et al. (2005) comprobaron la actividad leishmanicida con estudios *in vitro* e *in vivo* de extractos alcohólicos, de hojas; además de efectos ansiolítico, antifúngico, citotóxico, antitumoral, antibacteriano, antiparasitario, cardiotónico e insecticida señalados por Luna-Cázares y González-Esquinca (2015), quienes mencionan el registro de 14 ACG identificadas hasta el año 1999, registrando en el año 2015, a 44 alcaloides, 27 aceites esenciales, cuatro flavonoides, dos esteroides, una purina y una lacto amida. Muñoz-Acevedo et al. (2016) comprobaron los efectos citotóxico y antioxidante de los aceites esenciales de hojas sobre modelos celulares humanos. Recientemente

González-Tepale et al. (2018), reportaron el aislamiento en semillas, de un nuevo ciclooctapéptido, denominándolo ciclopurpuracina.

## CONCLUSIONES

En la actualidad, los consumidores están prefiriendo alimentos que les protejan del deterioro físico y enfermedades; los metabolitos secundarios pueden actuar en ese sentido al estar presentes en muchos productos naturales. Particularmente, las acetogeninas análogas por desarrollarse, podrían jugar un futuro rol importante en la terapia anti cáncer, así como en la fitopatología. Desde la óptica agronómica, el campo de acción es amplio, la aplicación de productos fitosanitarios biodegradables, efectivos y económicos, de manera sustentable y alternativa al control convencional, es apremiante; la chincuya, una especie vegetal subutilizada es parte de la solución; sin embargo, su amplio poder bioactivo no ha sido suficientemente evaluado. Como especie nativa de gran valor cultural y social, debe ser protegida dada la vulnerabilidad en la que se encuentra; reconocer su importancia y alcances, es una estrategia inicial para su buen resguardo.

## LITERATURA CITADA

- Alali, F. Q., Liu, X. X., Mc Laughlin, J. L. 1999. Annonaceous acetogenins: recent progress. *Journal of Natural products* 62(3): 504-540.
- AOAC. 2006. Official methods of analysis of AOAC International (17th ed.). Gaithersburg, MD, USA: AOAC International.
- Bomfim, L. M., Menezes, L. R. A., Rodrigues, A. C. B. C., Dias, R. B., Gurgel Rocha, C. A., Soares, M. B. P., Neto, A. F. S., Nascimento, M. P., Campos, A. F., Silva, L. C. R. C. e., Costa, E. V., Bezerra, D. P. 2016. Antitumour Activity of the Microencapsulation of *Annona vepretorum* Essential Oil. *Basic Clin. Pharmacol Toxicol*, 118: 208-213. doi:10.1111/bcpt.12488
- Cabrera, C.E.F., Hernández, M. E., H., Salvador, F. J., Salazar, G. C. 2004. Annonaceae de la Península de Yucatán. *Taxonomía, Florística y Etnobotánica*. José Salvador Flores (Ed.). Etnoflora Yucatenense. Fascículo 21. Universidad Autónoma de Yucatán. Facultad de Medicina veterinaria y Zootecnia. p.64.
- Cárdenas, D. L., Lora, J. A., Márquez, R. L., Blanco, P. J. 2005. Actividad leishmanicida de *Annona purpurea*. *Actual Biol*, 27 (Supl 1): 35-37.
- Chatrou, L.W. 1999. The Annonaceae and the Annonaceae project: a brief overview of the state of affairs. *Acta Hort.* 497: 43-58.
- De-la-Cruz-Chacón, I., Castro-Moreno, M., Luna-Cázares, L. M., González-Esquinca, A. R. 2016. La familia Annonaceae Juss. en México. *LACANDONIA* año 10. 10 (2): 71-82.
- Domínguez, M. V., Domínguez, A. A., Trejo, H. A., Coria, G. N., Martínez, V. M. 2012. Las acetogeninas ¿más que inhibidores del transporte electrónico? In: Anonáceas Plantas antiguas, estudios recientes. González, E. A. R.; Luna C. L.M.; Gutiérrez, J. J.; Schlie, G. M. A.; Vidal; L. D. G. (Coord.). Colección Jaguar. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. ISBN: 978-607-7510-91-8. p. 475-495.
- Doyle, J. A., Le Thomas, A. 1994. Cladistic analysis and pollen evolution in Annonaceae. *Acta Botanica Gallica*. 141(2):149-170.
- Dunal, Michel Félix. 1817. *Monographie de la Famille des Anonacées*. Paris, London, Strasbourg, Montpellier. Aug-Nov.
- Escobedo-López, D., Campos-Rojas, E., Rodríguez-Núñez, J. R., Alia-Tejagal, I., & Núñez-Colín, C. A. 2018. Priority areas to collect germplasm of *Annona* (Annonaceae) in Mexico based on diversity and species richness indices. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 1-13. [https://doi.org/10.1007/s10722-018-0718-2\(0123456789\(\).,-volV\(\)0123456789\(\).,-volV](https://doi.org/10.1007/s10722-018-0718-2(0123456789().,-volV()0123456789().,-volV)
- González-Tepale, M. R., Reyes, L., Mayorga-Flores, M., Reyes-Trejo, B., Gómez-Zepeda, D., del Rio-Portilla, F., Herbert-Pucheta, J. E. 2018. Cyclopurpuracin, a cyclopeptide from *Annona purpurea* seeds. *Phytochemistry letters*, 23: 164-167.
- Gonçalves, G. L. P., Do Prado, R. L., Gimenes, L., Cezar, V.P., Fernandes da S.M. das G., Rossi, F. M., Batista, F.J. Djair, V. J. 2015. Lethal and sublethal toxicities of *Annona sylvatica* (Magnoliales: Annonaceae) extracts to *Zabrotes subfasciatus* (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae). *Florida Entomologist*. 98(3):921-928.
- Luna-Cázares, L., González-Esquinca, A.R. 2015. La chincuya (*Annona purpurea* Moc. & Sessé ex Dunal): una planta mesoamericana. In: Anonáceas. Plantas antiguas. Estudios recientes. Parte 2. Vidal-Lezama, E.; Vidal M. N. A.; Vidal H. L. (Comp.) Universidad Autónoma Chapingo. ISBN:978-607-12-0411-0. Versión electrónica. Chapingo, Texcoco, Edo. de México. pp:1-26
- Maas, P. J., Westra, L. Y. T., Rainer, H., Lobao, A. Q., Erkens, R. H. 2011. An updated index to genera, species, and infraspecific taxa of Neotropical Annonaceae. *Nordic Journal of Botany*. 29(3): 257-356. doi: 10.1111/j.1756-1051.2011. 01092.x
- Machado, A. R. T., Ferreira, S. R., da Silva Medeiros, F., Fujiwara, R. T., de Souza Filho, J. D., Pimenta, L. P. S. 2015. Nematicidal activity of *Annona crassiflora* leaf extract on *Caenorhabditis elegans*. *Parasites & vectors*. 8(1):113.
- Miao, Y., Xu, X., Yuan, F., Shi, Y., Chen, Y., Chen, J., Li, X. 2016. Four cytotoxic annonaceous acetogenins from the seeds of *Annona squamosa*. *Natural Product Research*. 30(11): 1273-1279.
- Muñoz-Acevedo, A., Aristizábal-Córdoba, S., Rodríguez, J., Torres, E., Molina, A., Gutiérrez, R., Kouznetsov, V. 2016. Citotoxicidad/ Capacidad antiradicalaria *in-vitro* y caracterización estructural por GC-MS/1H-13C-RMN de los aceites esenciales de hojas de árboles joven/adulto de *Annona purpurea* Moc. & Sessé ex Dunal de Repelón (Atlántico, Colombia). *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*. 15 (2): 99-111.
- Neilson, E. H., Goodger, J. Q. D., Woodrow, I. E., Møller, B. L. 2013. Plant chemical defense. *Trends in Plant Science*. 18(5): 250-258.
- Pautus, S., Alami, M., Adam, F., Bernadat, G., Lawrence, D. A., De Carvalho, A., Ferry, G., Rupin, A., Hamze, A., Champy, P., Bonneau, N., Gloanec, P., Peglion, J.L., Brion, J.D., Bianchini, E.P., Borgel, D. 2016. Characterization of the Annonaceous acetogenin, annonacinone, a natural product inhibitor of plasminogen activator inhibitor-1. *Scientific Reports*. 6: 35462. doi:10.1038/srep36462.
- Reyes-Trejo, B., Guerra-Ramírez, D., Zuleta-Prada, H., Cuevas-Sánchez, J. A., Reyes, L., Reyes-Chumacero, A., Rodríguez-Salazar, J.

- A. 2014. *Annona diversifolia* seed oil as a promising non-edible feedstock for biodiesel production. *Industrial Crops and Products*. 52: 400-404.
- Ribeiro, L. P., Akhtar, Y., Vendramim, J. D., Isman, M. B. 2014. Comparative bioactivity of selected seed extracts from Brazilian *Annona* species and an acetogenin-based commercial bioinsecticide against *Trichoplusia ni* and *Myzus persicae*. *Crop Protection*. 62: 100-106.
- Ribeiro, L., Zanardi, P., Vendramim, O., Yamamoto, Z. 2014a. Comparative toxicity of an acetogenin-based extract and commercial pesticides against citrus red mite. *Experimental and Applied Acarology*. 64(1): 87-98
- Ribeiro, Leandro do Padro, Ansante, Thiago Felipe, Vendramim, José Djair. 2016. Efeito do extrato etanólico de sementes de *Annona mucosa* no desenvolvimento e comportamento alimentar de *Spodoptera frugiperda*. *Bragantia*. 75(3): 322-330.
- Schroeder, P., dos Santos Barreto, M., Romeiro, G. A., Figueiredo, M. K. K. 2017.. Development of energetic alternatives to use of waste of *Annona muricata* L. *Waste and Biomass Valorization*. pp 1-9.
- Segura, S., Andrés, J., Fresnedo, J., Zavala, F., Marroquín, L., Vidal, E., Nicolás, M., Vidal, L., Bolívar, N., Castañeda, A., González, A., Barrios, S. and Carmona, A. 2012. Where do we go with *Annona* in México? *Acta Hort.* 948: 79-89 DOI: 10.17660/ActaHortic.2012.948.8 <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.948.8>
- Sun, S., Liu, J., Kadouh, H., Sun, X., Zhou, K. 2014. Three new anti-proliferative Annonaceous acetogenins with mono-tetrahydrofuran ring from graviola fruit (*Annona muricata*). *Bioorganic & medicinal chemistry letters*. 24(12): 2773-2776.
- Thomas, D. C., Chatrou, L. W., Stull, G. W., Johnson, D. M., Harris, D. J., Thongpaiboj, U. S., Saunders, R. M. 2015. The historical origins of palaeotropical intercontinental disjunctions in the pantropical flowering plant family Annonaceae. *Perspectives in plant ecology, evolution and systematics*.17(1): 1-16.
- Vidal, H. L., Vidal, M. N., Colorado, E.J.J., Vidal, M.C., Ruiz B. R., Ruiz, R. J., Chiquito, C. R. G., Rivera F. A., Alemán, Ch. I. 2015. Recursos fitogenéticos de las anonáceas en el estado de Veracruz. *In: Anonáceas. Plantas antiguas. Estudios recientes. Parte 2.* Vidal-Lezama, E.; Vidal M. N. A.; Vidal H. L. (Comp.) Universidad Autónoma Chapingo. ISBN:978-607-12-0411-0. Versión electrónica. Chapingo, Texcoco, Edo. de México. pp: 1-26.
- Xiao, J., Tundis, R., Loizzo, M. 2017. *Annona* species (Annonaceae): A rich source of potential antitumor agents? *Annals of the New York Academy of Sciences* 1398(1): 30.
- Yong-Lak P., Hyung, J. Tak. 2016. Chapter 6 - Essential Oils for Arthropod Pest Management in Agricultural Production Systems, *In: Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety.* Victor R. Preedy (Ed.). Academic Press, San Diego, Pp. 61-70.





## Initial productive behavior of mangostán (*Garcinia mangostana* L.) in Soconusco, Chiapas, Mexico

### Comportamiento productivo inicial del mangostán (*Garcinia mangostana* L.) en el Soconusco, Chiapas, México

Díaz Fuentes, Víctor H.<sup>1\*</sup>; Ruíz-Cruz, Pablo A.<sup>1</sup>; Nájera-Domínguez, Wendy<sup>1</sup>; Iracheta-Donjuán, Leobardo<sup>1</sup>; Gálvez-Marroquín, Luis A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Rosario Izapa. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Kilómetro 18. Carretera Tapachula-Cacahoatán. Tuxtla Chico, Chiapas. C. P. 30870. <sup>2</sup>Campo 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:** To evaluate the initial productive behavior of mangosteen plantation in order to have reference elements on the productivity of this fruit tree in the region of Soconusco, Chiapas.

**Design/Methodology:** Mangosteen plantation was established during the year 2010 in the experimental station Rosario Izapa, Tuxtla Chico, Chiapas. From the beginning of the production stage and during four production cycles corresponding to the years 2015, 2016, 2017 and 2018, production was quantified as the individual production of each of the 196 trees that make up the plantation. The start date of the flowering, beginning and end of the harvest, number of fruits/tree and weight of fruits/tree and yield were recorded. The analysis of variance was performed for the variables fruit/tree and fruit/tree weight, by means of an experimental design of blocks of chance with three repetitions.

**Results:** The plantation began its productive stage at five years and six months of age. Flowering occurs during the January-February period. The harvest begins in the months of May-June and ends in the month of September. The highest volume of production is obtained during the month of August. At the first harvest a yield of 26.3 kg/ha was obtained and an average of 11 fruits/tree that increases 1.6 ton/ha per year of establishment, with an average of 146 fruits/tree. Predominated the fruits whose weight range is 60 to 80 grams.

**Limitations of the study/Implications:** It is necessary to carry on the evaluation in subsequent years.

**Findings/Conclusions:** It is concluded that the mangosteen represents a viable alternative to diversify fruit growing in the region of Soconusco, Chiapas.

**Keywords:** Yield, *Garcinia mangostana*, Chiapas, México.



**Agroproductividad:** Vol. 12, Núm. 3, marzo. 2019. pp: 17-22.

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

## RESUMEN

**Objetivo:** Evaluar el comportamiento productivo inicial del mangostán (*Garcinia mangostana* L.), para determinar su productividad en la Región del Soconusco, Chiapas, México.

**Diseño/metodología:** La plantación de mangostán se estableció en el año 2010 en el Campo Experimental Rosario Izapa, Tuxtla Chico, Chiapas. Desde el inicio de la etapa productiva y durante cuatro ciclos de producción (2015, 2016, 2017 y 2018), se registró la fecha de inicio de floración, inicio y término de cosecha, número de frutos árbol<sup>-1</sup>, peso de frutos árbol<sup>-1</sup> y rendimiento individual (n=196). Se realizó el análisis de varianza para la variable frutos árbol<sup>-1</sup> mediante un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones.

**Resultados:** La plantación inició su etapa productiva a los 5.5 años de edad. La cosecha inicia en mayo-junio y concluye en septiembre. El mayor volumen de producción se obtiene durante agosto. La primera cosecha registró 26.3 kg ha<sup>-1</sup> con promedio de 11 frutos árbol<sup>-1</sup>, y se incrementa a 1.6 t ha<sup>-1</sup> al año ocho, con un promedio de 146 frutos árbol<sup>-1</sup>. El promedio de peso de frutos fue de 60 a 80 g.

**Limitaciones del estudio/implicaciones:** Continuar con evaluación.

**Hallazgos/conclusiones:** El mangostán representa una alternativa productiva viable para diversificar la fruticultura en el Soconusco, Chiapas.

**Palabras clave:** Rendimiento, *Garcinia mangostana*, Chiapas, México.

en Indonesia a partir de una producción inicial de entre 10 y 20 frutos árbol<sup>-1</sup> a los cinco años de edad, se registran aumentos de más de 1000 frutos árbol<sup>-1</sup> después del año 15. En Brasil, se reportan casos de producción de hasta 1,500 frutos por árbol (Kersul, 2001). Autores como Chay-Prove (2004), reportan que en Australia se obtienen producciones de 400-900 frutos árbol<sup>-1</sup>. En México, Díaz y Picón (2007), reportan que, en una plantación de 31 años de edad, la producción promedio fue de 350 frutos árbol<sup>-1</sup> al año. Kersul (2001) estima que una buena producción es aquella en la que se obtienen alrededor de 600 frutos por cada árbol con 15 años de edad distanciados a 10×10 m, lo que equivale a un rendimiento de 6 t ha<sup>-1</sup>. En este contexto, el objetivo fue evaluar el comportamiento productivo inicial, durante cuatro ciclos de producción (2015-2018) de una plantación de mangostán establecida en el año 2010 en el Campo Experimental Rosario Izapa, para disponer de elementos de referencia sobre la productividad.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La plantación de mangostán se estableció en una superficie de una hectárea en el Campo Experimental Rosario Izapa (14° 58' 30" N y 92° 09' 19" O, y altitud de 460 m). El clima predominante en el área es el cálido húmedo con lluvias en verano Am (F) (w'') (García, 1973). El tipo de suelo es andosol mólico, de textura franco y pH 5.0. La temperatura media anual es de 26.6 °C, con mínima de 17.7 °C y máxima de 34 °C. La precipitación promedio anual es de 4,311.7 mm y humedad relativa de 80.12%. El período de lluvia inicia en abril y concluye en noviembre. La plantación se distanció a 7×7 m entre líneas y plantas (196

## INTRODUCCIÓN

**El mangostán** (*Garcinia mangostana* L.) (Clusiaceae) nativo del sureste asiático, fue introducido a México finales de los años sesenta en el Campo Experimental "El Palmar" (Díaz y Picón, 2007). En la década de los noventa, en el Palmar se iniciaron actividades de investigación sobre este frutal, por considerársele una alternativa productiva para las regiones tropicales húmedas del país. Aun y cuando no existen estadísticas oficiales, se estima que, en la región del Soconusco, Chiapas se concentra el 98% de la superficie sembrada con mangostán de México (720 ha), principalmente en Tapachula, Tuxtla Chico, Huehuetán y Cacahoatán (Díaz *et al.*, 2011). La mayor parte de la superficie sembrada, son plantaciones recientes (2013-2017) que iniciarán su vida productiva en el período 2019-2023. Por esta razón es que se desconoce con precisión su posible comportamiento productivo, condición determinante para proyectar la viabilidad técnica y financiera del mangostán. Los reportes de diferentes países evidencian que la producción de mangostán varía en función de las condiciones edafoclimáticas, manejo y edad de la plantación, entre otros factores. Al respecto Osmañ y Milán (2006), reportan que, en condiciones óptimas de cultivo, en la primera cosecha se tienen rendimientos de 100 a 300 frutos árbol<sup>-1</sup> y hasta 500 en árboles en pleno crecimiento. Los mismos autores señalan que el rendimiento aumenta entre 1000 y 2000 frutos en árboles después del décimo año de haber iniciado la etapa productiva y precisan que, con una densidad de población de 15 árboles ha<sup>-1</sup>, el rendimiento es de 4.5 t ha<sup>-1</sup>. En Tailandia Verheij (1992), reporta rendimientos promedio de 4.5 t ha<sup>-1</sup>. Juanda y Cahyono (2000), señalan que

plantas  $\text{ha}^{-1}$ ). Al momento de la siembra se aplicó 0.5 kg de materia orgánica y 20 g de *Glomus intrarradices*. Durante los dos primeros años de establecidas, a cada planta se le colocó sombra temporal, con hojas de palma para evitar la quemadura del follaje por la radiación solar. Durante los dos primeros años con periodicidad trimestral a cada árbol se le aplicó 125 g del fertilizante (17N-17P-17K), dividida en cuatro aplicaciones al año. La dosis de fertilización mencionada se incrementó anualmente en un 100% en relación al año inmediato anterior. Durante el período de seca y después de iniciada la floración, se aplicaron riegos de auxilio para evitar el aborto de flores y propiciar el amarre del fruto. Desde el inicio de la etapa productiva y durante el periodo de evaluación, se registró la fecha de inicio y término de floración, número de árboles en producción, la fecha de inicio y término de la cosecha, el número de frutos árbol $^{-1}$  y el peso individual de los frutos.

Para la variable número de frutos árbol $^{-1}$  se utilizó un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones, donde los bloques correspondieron a los años 2016, 2017, y 2018 y los tratamientos a cada uno de los 196 árboles que conforman la plantación. Se realizó el análisis de varianza por medio del programa estadístico InfoStat, versión 2008 y prueba de comparación de medias DMS, 0.05.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La plantación inició su etapa productiva durante el mes de junio de 2015, a los cinco años y seis meses de establecida. Al inicio de la etapa productiva, fructificaron 32 árboles equivalente a 16.3% del total, aumentando en los años subsiguientes hasta el año 2018, cuando fructificaron 173 árboles (88.2%) del total (Figura 1).

El inicio de la etapa productiva de la plantación es similar al reportado por Juanda y Cahyono (2000), quienes señalan que en Indonesia la producción inicia a partir del año

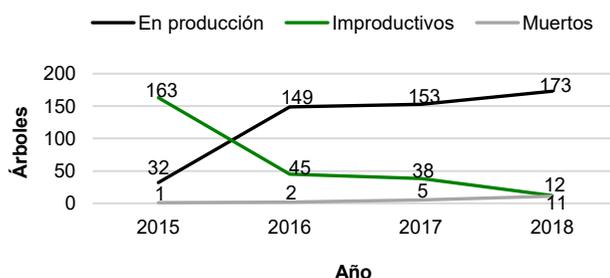
cinco de plantación. Kersul (2001), reportan que en Brasil que el mangostán inicia al sexto año. Otros autores como Osman y Milan (2006), Salakpetch (2006), Chay-Prove (2004), Departamento de Agricultura de Malasia (2004), Yaacob y Tindall (1995), mencionan que el período juvenil del mangostán es de 10 a 12 años, aunque destacan que con buen manejo puede iniciar su etapa productiva entre 7 y 9 años. La precocidad en el inicio de la etapa productiva de la plantación en evaluación, evidencia que las condiciones ambientales del área y la tecnología de manejo agronómico empleada, posibilitan reducir hasta en dos años la etapa preproductiva en relación a lo reportado para otros países.

La floración inició a partir del 20 de enero y concluyó el 20 de febrero, después de un período de 57 a 60 días posteriores a la última lluvia registrada (Figura 2).

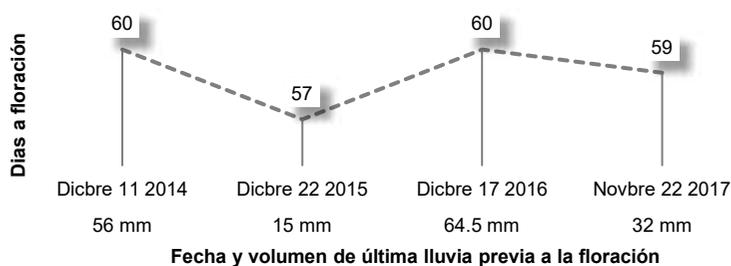
El período de inicio de la floración registrado en relación a la última lluvia, fue mayor al reportado por Apiratikorn et al. (2012), quienes señalan que la floración de mangostán se induce después de un período seco de 21 d. Sin embargo, los resultados del presente estudio coinciden con lo reportado por otros autores (Salakpetch, 2006; Departamento de Agricultura de Malasia, 2004; Orwa et al. 2009; Yaacob y Tindall, 1995; Díaz et al. 2013; Almeyda y Martín, 1978; Nakasone y Paull, 1998), quienes señalan que el mangostán requiere de uno a tres meses de estrés hídrico para inducción de la floración. Desde

la apertura total de la flor (antesis) y hasta la maduración del fruto transcurren de 113 a 117 d, lo cual es coincidente con lo reportado por Díaz y Picón (2007) y por Poonnachit et al. (1992) quienes registraron que desde la fase de antesis a la maduración del fruto transcurren de 115 a 132 d y de 100 a 120 d, respectivamente.

El período de cosecha inició en mayo-junio y concluyó en agosto-septiembre. Dicho período es relativamente similar al de otros países productores



**Figura 1.** Árboles en producción, improductivos y muertos de *Garcinia mangostana* L., a partir del inicio de producción (n=196).



**Figura 2.** Días a floración de *Garcinia mangostana* L., después de la última lluvia (Período 2014-2017).

de mangostán como Tailandia, Malasia, Filipinas, Vietnam, Sri Lanka, India y Puerto Rico, donde período de cosecha incluye principalmente de mayo a septiembre (Osman y Milan, 2006; Díaz *et al.*, 2011). Durante los cuatro años de evaluación, el mayor número de frutos (70% del total anual) se registró en agosto (Figura 3).

### Rendimiento

La producción anual de frutos año<sup>-1</sup> y el promedio de frutos árbol<sup>-1</sup> de la segunda cosecha (año 2016) incrementó en 93.6% y 327%, respectivamente en relación a la primera cosecha (año 2015). Sin embargo, en la tercera cosecha (año 2017) se registró un decrecimiento del 13.6% y del 16.7% respectivamente en ambas variables en relación a los valores del año inmediato anterior. En la cuarta cosecha correspondiente al año 2018, la producción anual de frutos y el promedio de frutos árbol<sup>-1</sup> incrementó en 81.7 y 79.5% respectivamente en relación a la cosecha del año anterior (Figura 4). El promedio de frutos árbol<sup>-1</sup> fue similar al registro de Juanda y Cahyono (2000), quienes indican que en Indonesia la primera cosecha se realiza a los cinco años de establecida la plantación con un rendimiento promedio inicial de 10-20 frutos árbol<sup>-1</sup>, y que aumenta a 40-60 frutos árbol<sup>-1</sup> al año seis, seguido de 70-90 frutos árbol<sup>-1</sup> en el año siete y, de 100-150 frutos árbol<sup>-1</sup> en el año ocho. De acuerdo con dichos autores a los 15 años de edad, la plantación incrementa hasta 1000 y 1500 frutos árbol<sup>-1</sup>. Osman y Milan (2006), indican que, bajo condiciones óptimas de manejo, en Malasia en la primera cosecha (6-8 años) el rendimiento medio inicial es de entre 100-300 frutos por árbol.

El mangostán presenta alternancia (Kersul, 2001; Vietmeyer, 1975), y a este respecto, Díaz y Picón (2007), señalan que la alternancia en la producción a nivel de árbol puede representar una diferencia de hasta 200% en la producción de un año respecto a otro. Los resultados del estudio a este respecto corroboran lo señalado por Kersul (2001) y Vietmeyer (1975) y son coincidentes con lo reportado por Díaz *et al.* (2011) (Figura 4).

### Peso del fruto

La Figura 5 muestra los rangos de peso de los frutos cosechados durante los cuatro años de evaluación, resaltando que en la primera cosecha (año 2015), el 53.9% de los frutos son pequeños, con un peso menor de 80 g. Únicamente el 7% de los frutos pesaron más de 100 g. En la

cosecha del año 2016 el porcentaje de frutos pequeños con peso menor de 80 g incrementó a 85.5%. En la cosecha del año 2017, donde se registró un decremento de 13.6% en el número de frutos, predominaron los frutos con peso medio (80 a 100 g) y se registró un aumento en los frutos grandes con peso superior a 100 g. En la cosecha del año 2018, donde se registró aumento de 81.7% en el número de frutos en relación al año inmediato anterior,

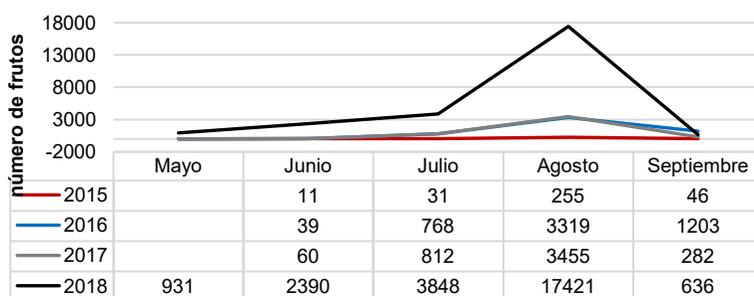


Figura 3. Producción mensual de frutos de *Garcinia mangostana* L., durante el periodo 2015-2018.

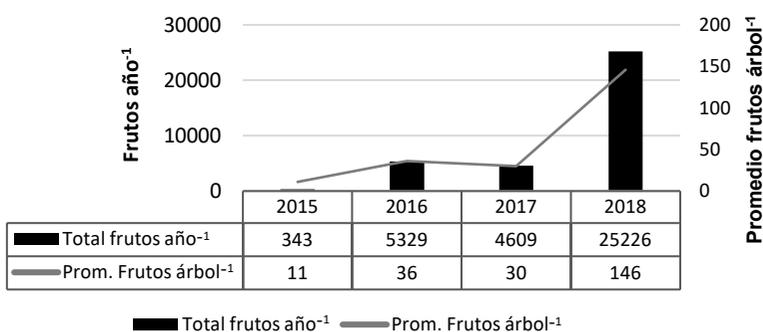


Figura 4. Promedio anual de frutos árbol<sup>-1</sup> y total de frutos año<sup>-1</sup> de *Garcinia mangostana* L., Periodo 2015-2018.

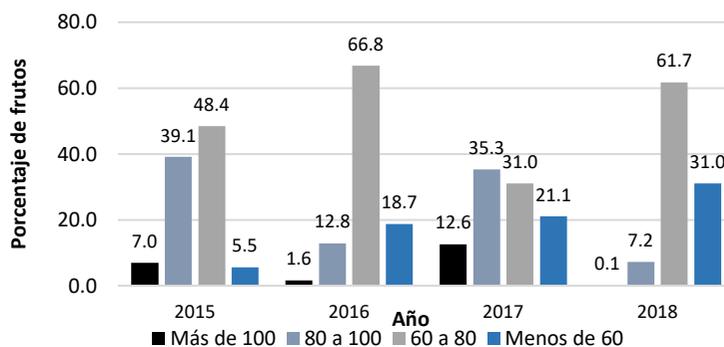


Figura 5. Porcentaje de frutos de *Garcinia mangostana* L., por rango de peso (g). Periodo 2015-2018.

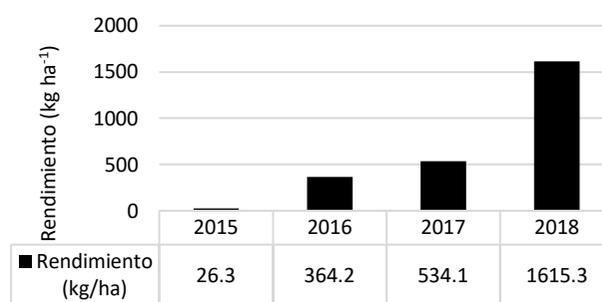
predominaron los de menor peso (80 g), equivalente a 61% del total cosechado durante ese año.

Los datos registrados sobre el peso de los frutos correspondientes a las cuatro cosechas evidenciaron un comportamiento productivo común en muchos frutales que para el caso del mangostán es destacado por Sdoodee et al. (2008), quienes señalan un efecto adverso en el tamaño de los frutos con abundante fructificación. En este orden de ideas y toda vez que el tamaño y peso del fruto son características que determinan la calidad del mangostán, resulta prioritario la selección de genotipos con mejores características en estas variables, así como el desarrollo y evaluación de prácticas de manejo agronómico (fertilización, riego, raleo de frutos, entre otras) que posibiliten incrementar el tamaño y peso de los frutos.

### Rendimiento

La Figura 6 muestra el volumen de producción anual de frutos de mangostán, correspondiente al período de evaluación 2015-2018.

El rendimiento presenta una tendencia creciente en cada uno de los años respecto al inmediato anterior. Se destaca que aún y cuando en el año 2017 el número de frutos producidos fue menor al año 2016 (Figura 4), el peso del rendimiento total fue mayor al del año 2016, como consecuencia de que en el 2017 el peso de los frutos fue mayor al del año 2016 (Figura 5). Osmán y Milán (2006), reportan rendimientos de 4.5 t ha<sup>-1</sup> en árboles de 10 a 20 años de edad. En Tailandia Verheij (1992), reporta rendimientos promedio de 4.5 t ha<sup>-1</sup>, sin precisar la edad de la plantación. Una mayor precisión se encuentra en el reporte del Departamento de Agricultura de Malasia (2004), donde se indica que, durante la primera cosecha a los ocho años de establecida la plantación, el rendimiento de fruto es de 900 kg ha<sup>-1</sup>. Los resultados del presente estudio demuestran que, en sus etapas iniciales



**Figura 6.** Rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>) de *Garcinia mangostana* L., período 2015-2018.

el rendimiento de mangostán en el área de estudio es similar y en algunos casos, superior al obtenido en otros países productores.

### Selección de genotipos superiores

El análisis de varianza (ANOVA) reveló diferencia altamente significativa para la variable frutos por árbol durante los tres años de evaluación (2016, 2017 y 2018). La comparación de medias (Duncan p<0.05) permitió identificar los árboles con alta fructificación. El Cuadro 1 expresa únicamente los resultados de la prueba de comparación de medias correspondiente al grupo de los árboles sobresalientes por producción de frutos.

Los árboles sobresalientes pertenecen al mismo grupo estadístico (Duncan p<0.05), el árbol 165 supera en 13 y 30% a los árboles 229 y 213, respectivamente y entre 56 a 86% al resto de los materiales. Aún y cuando los árboles 229 y 213 son estadísticamente similares a los demás árboles del grupo sobresaliente, los valores promedio de frutos en ambos (269 y 234 frutos árbol<sup>-1</sup>, respectivamente), fueron superiores a los reportados por Juanda y Cahyono (2000) y por Osman y Milan (2006), quienes indican que, en Indonesia y Malasia, a los ocho años de establecida la plantación el rendimiento promedio es de 100 a 150 y de 100 a 300 frutos árbol<sup>-1</sup>, respectivamente. De acuerdo con ello, y en razón del carácter reproductivo apomítico del mangostán los árboles 165, 229 y 213, se consideran genotipos promisorios para la multiplicación en el Soconusco, Chiapas.

### CONCLUSIONES

El comportamiento productivo inicial del mangostán correspondiente a los cuatro primeros ciclos de cosecha evaluados, mostró mayor precocidad en el inicio de la etapa productiva de dicho frutal en el área de estudio en relación a lo reportado para otros países productores, con los consiguientes

**Cuadro 1.** Promedio de frutos en árboles sobresalientes de *Garcinia mangostana* L.

| Núm. árbol | Promedio Frutos árbol <sup>-1</sup> | Núm. de Árbol | Promedio frutos árbol <sup>-1</sup> |
|------------|-------------------------------------|---------------|-------------------------------------|
| 165        | 306 a                               | 68            | 176 abcdef                          |
| 229        | 269 ab                              | 157           | 176 abcdefgh                        |
| 213        | 234 abc                             | 296           | 174 abcdefghi                       |
| 122        | 185 abcd                            | 76            | 171 abcdefghi                       |
| 263        | 183 abcde                           | 190           | 164 abcdefghi                       |

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Duncan p<0.05).

beneficios económicos que ello representa. El rendimiento obtenido fue similar y en algunos casos superior al reportado en otros países como Indonesia y Malasia que constituyen el centro de origen de dicho frutal. El cultivo del mangostán puede ser una alternativa viable en el Soconusco Chiapas y sugiere multiplicar los ecotipos 165, 229 y 213.

## LITERATURA CITADA

- Almeyda N., Martin F.W. 1978. Tropical fruits: The mangosteen. *World Farming*. 20(8):10, 12, 20-23.
- Apiratikorn S., Sdoodee S., Lerslerwong L., Rongsawat S. 2012. The impact of climatic variability on phenological change, yield and fruit quality of mangosteen in phatthalung province, southern Thailand. *Kasetsart Journal (Nat. Sci.)* 46:1-9.
- Chay-Prove P. 2004. Mangosteen: General crop Management. DPI's Agency for Food and Fibre Sciences, Horticulture. <http://wmmw.dpi.qld.gov.au/horticulture/5447.html>
- Crop Protection & Plant Quarantine Services Division Department Of Agriculture Kuala Lumpur Malaysia. 2004. Technical Document For Market Access On Mangosteen.
- Juanda D.Js., Cahyono B. 2000. Manggis: Budi Daya & Analisis Usaha Tani. Penerbit Kanisius. Yogyakarta, Indonesia. 80 p.
- Díaz-Fuentes V.H., Díaz-Hernández B.G. 2011. El mangostán (*Garcinia mangostana* L.): Una alternativa para la reconversión productiva en la región tropical húmeda de México. *In: Tecnologías de producción para el trópico. 65 Aniversario del Campo Experimental Rosario Izapa. López G. G.; Iracheta, D. J. y Avendaño, A. C. H. (eds. y comps.). INIFAP. Campo Experimental Rosario Izapa. Libro Técnico No. 7. Tuxtla Chico, Chis., México. 74-78 pp.*
- Díaz-Fuentes V.H., Picón R.L. 2007. Influencia de los factores climáticos en la fenología del mangostán (*Garcinia mangostana* L.) en la zona centro del estado de Veracruz, México. *In: Memoria del II Simposio Internacional de Fruticultura tropical y subtropical. La Habana, Cuba. 98 pp.*
- García E. 1973. Modificación del sistema de clasificación climática (adaptado a las condiciones de la República Mexicana) Instituto de Geografía. UNAM. México. 246 p.
- Kersul S.C. 2001. Mangostanzeiro (*Garcinia mangostana* L.). Serie Frutas Potenciais. Sociedade Brasileira de Fruticultura. Ilhéus, Brasil. 16-19 pp.
- Nakasone H.Y., Paull R.E. 1998. Mangosteen. *In: Tropical Fruits. Nakasone, H. Y. and Paull, R. E. (eds.). CAB International. 359-369 pp.*
- Orwa C., Mutua A., Kindt R., Jamnadass R., Simons A. 2009. Agroforestry Database: a tree reference and selection guide version 4.0 (<http://www.worldagroforestry.org/af/treedb/>)
- Osman M.B.; Milan A.R. 2006. Mangosteen (*Garciana mangostana*). Southampton Centre for Underutilised Crops, University of Southampton. 170p.
- Poonnachat U., Salakpetch S., Chandraparnik S., Hiranpradit H. 1992. Integrated Technology To Improve Mangosteen Production. Chanthaburi Horticultural Researc Center, Thailand. 40p.
- Salakpetch S. 2006. Chanthaburi Horticultural Research Center, Chanthaburi, Thailand. Fifteenth Annual International. Tropical Fruit Conference. October 21-23, 2005. Hilo Hawaiian Hotel. Hilo, Hawaii.
- Sdoodee S., Phonrong K., Ruongying Y. 2008. Mangosteen crop load affects physiological responses, fruit yield and fruit quality. *Acta Hort.* 773: 187-194.
- Verheij E.W.M. 1992. *Garcinia mangostana*. *In: Edible Fruits and Nuts. PROSEA No. 2. Verheij, E. W. M. and Coronel, R. E. (eds.). Bogor, Indonesia. 175-181 pp.*
- Vietmeyer N.D. 1975. Underexploited Tropical Plants with Promising Economic Value. National Academy of Sciences. Washington, D.C. 188 p.
- Yaacob O., Tindall H.D. 1995. Mangosteen Cultivation. FAO Plant Production and Protection Paper No. 129. Rome, Italy. 100 p.



## Herbivory of *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acari: Tarsonemidae) on *Carica papaya* L.

## Herbivoría de *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acari: Tarsonemidae) en *Carica papaya* L.

de Coss-Flores, Martha E.<sup>1</sup>; Otero-Colina, Gabriel<sup>2\*</sup>; Aguilar-Fuentes, Javier<sup>3</sup>; Valle-Mora, Javier<sup>4</sup>

<sup>1</sup>MEKOSS, S de R. L. MI. Tapachula, Chiapas, México. <sup>2</sup>Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México. <sup>3</sup>Universidad Autónoma de Chiapas. Huehuetán, Chiapas, México. <sup>4</sup>El Colegio de la Frontera Sur. Tapachula, Chiapas, México.

\*Autor de correspondencia: gotero@colpos.mx

### ABSTRACT

**Objective:** Characterize malformations caused by the mite *Polyphagotarsonemus latus* Banks, to papaya (*Carica papaya* L.) at three phenological stages.

**Design/methodology/approach:** Papaya seedlings variety Maradol kept at 26±2 °C, R.H. 65-80% and photoperiod 13:11 h (light: darkness), were infested with specimens of *P. latus*, in a completely randomized design with paired plots, at the phenological stages of three, five and seven true leaves, plus an uninfested control. With 10 weekly samplings, measurements were taken of area of the apical leaf, diameter of stems, fresh weight of petioles, stems and roots; number of apical, total and axillary leaves; number of specimens of every developmental stage of *P. latus*.

**Results:** Highly significant differences were recorded for leaf area, weight of total leaves, weight and diameter of the stem and number of leaves, between infested and uninfested plants. *P. latus* caused the so called "monkey's hand", with reduced foliar area; the most susceptible stage was five true leaves. This mite settles for short time on papaya leaves, making difficult to establish a relation between infestation and injuries.

**Limitations of the study/implications:** It is not excluded that other agents may cause similar injuries to papaya; because of that, mite control will not necessarily result on reduced injuries.

**Findings/conclusions:** *P. latus* causes symptoms to papaya plants such as color changes, malformations, reduced foliar area and necrosed apical tissues. In those injuries there is no apparent association of any virus.

**Key words:** broad mite, monkey's hand, Maradol, papaya.

### RESUMEN

**Objetivo:** Caracterizar las deformaciones que el ácaro *Polyphagotarsonemus latus* Banks, causa a papayo (*Carica papaya* L.) en tres etapas fenológicas.

**Diseño/metodología/aproximación:** Plántulas de papayo variedad Maradol mantenidas a 26±2 °C, H.R. 65-80% y fotoperiodo 13:11 h (luz: oscuridad), se infestaron con ejemplares de *P. latus*, en un diseño completamente al azar en parcelas apareadas, en las etapas fenológicas de tres, cinco o siete hojas verdaderas, más un testigo sin infestación. Con diez muestreos semanales, se cuantificó área de la hoja apical, diámetro de tallos, peso fresco de peciolos, tallos y raíces; número de hojas apicales, totales y axilares; número de ejemplares de cada estado de desarrollo de *P. latus*.

**Resultados:** Se registraron diferencias altamente significativas en área foliar, peso de hojas totales, peso y diámetro del tallo y número de hojas, entre plantas infestadas y no infestadas. El ácaro *P. latus* causó la llamada "mano de mono", con reducción de área foliar; la etapa más susceptible fue cinco hojas verdaderas. Este ácaro se establece por corto tiempo en hojas de papayo, lo que dificulta establecer una relación entre su infestación y los daños causados.

**Limitaciones del estudio/implicaciones:** No se excluye que otros agentes puedan causar daños similares a papayo; por ello, el control de los ácaros no necesariamente resultará en reducción de daños.

**Hallazgos/conclusiones:** *P. latus* causa a plántulas de papayo síntomas tales como cambios de color a deformaciones, reducción de área foliar y necrosis de tejidos apicales. En estos daños no hay asociación aparente con algún virus.

**Palabras clave:** ácaro tropical, mano de mono, Maradol, papayo

## INTRODUCCIÓN

El papayo (*Carica papaya* L.) es afectado a nivel mundial por 12 especies diferentes de ácaros (Pantoja *et al.*, 2002), entre éstos se encuentra al ácaro tropical *Polyphagotarsonemus latus* (Banks), que en diversas partes del mundo le causa daños, por ejemplo, en Cuba (Pérez y Almaguel, 1970) y en la Isla Reunión (Aubert *et al.*, 1981) y en México (de Coss, 2006).

Coexisten las plantas de papayo en sistemas de explotación agrícola con el ácaro *P. latus* y un síntoma de plantas del papayo conocido como mano de mono, el cual consiste en una intensa reducción de la superficie de las hojas que deja a las hojas prácticamente sin lámina foliar, de manera que semejan los dedos de un mono. Deformaciones similares a las que en México se conocen como las mencionadas, fueron atribuidas por Aubert *et al.* (1981) al ácaro *P. latus* en la Isla Reunión, mientras que, en México, dichos síntomas son atribuidos al virus de la mancha anular del papayo (Téliz *et al.*, 1991). Gómez y Pedrero (2000) consignan a *P. latus* como uno de los organismos responsables de la "distorsión foliar" y transmisor del virus de la mancha anular de la papaya (VMAP) en México.

El reconocimiento acertado del agente etiológico de una enfermedad es una condición indispensable para combatirla. En la región del Soconusco, Chiapas, México, se han intentado numerosos tratamientos para combatir al complejo de padecimientos que incluyen a la mancha anular y la mano de mono, incluyendo tratamientos acaricidas contra *Tetranychus cinnabarinus* Boisduval y *P. latus* (Gómez y Pedrero, 2000), control de los insectos vectores del virus *Aphis* spp. y *Myzus persicae* Sulzer, así como la destrucción de plantas enfermas (Chalak *et al.*, 2017). La aplicación indiscriminada de técnicas de control de plagas y enfermedades, sin una debida orientación, ocasiona gastos innecesarios, contamina el ambiente y productos de consumo, además, genera plagas y enfermedades con resistencia a plaguicidas e induce la aparición de las plagas secundarias.

El propósito del presente trabajo fue caracterizar los síntomas cualitativos y cuantitativos en plántulas de papaya ocasionados por la herbivoría del ácaro *P. latus* en condiciones de infestación en invernadero y discernir entre los debidos al ácaro y los producidos por el VMAP, ya que el suponer que *P. latus* sea uno de los responsables vectores del VMAP (Gómez y Pedrero, 2000) le confiere una incorrecta posición de agente vector que le lleva a ser combatido inadecuadamente y propiciar con ello el manejo equivocado de las plagas en el cultivo, por lo que la producción de papaya pudiera ser afectada si no se cuenta con estudios básicos referentes a la biología y ecología de las especies de ácaros que lo infestan.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en el Tropical Research and Education Center de la Universidad de Florida, con sede en Homestead, Florida, en los Estados Unidos de América.

**Material biológico.** Se hicieron siembras escalonadas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Pinto en charolas de plástico, usando como sustrato turba comercial, dos charolas cada semana, con el propósito de establecer una cría permanente de los ejemplares de *P. latus* que se utilizarían para el resto del estudio. La siembra de frijol y la cría de los ácaros mencionados se hicieron en una cámara bioclimática a temperatura de  $26 \pm 2$  °C, con 65-89% de HR y fotoperíodo de 13 h luz/11 h oscuridad. Cuando las plantas de frijol habían alcanzado una altura de aproximadamente 10 cm (aproximadamente 8-10 d), se infestaron con ácaros *P. latus*.

Se sembraron semillas de papayo cultivar Maradol, en macetas individuales de plástico, y mantuvieron en un invernadero a  $26 \pm 2$  °C, 65-80% de HR y un fotoperíodo de 13 h de luz y 11 h de oscuridad, en un arreglo completamente al azar de parcelas apareadas.

Las tres etapas fenológicas estudiadas quedaron comprendidas en las siguientes fases de desarrollo: a) tres pares de hojas verdaderas (3HV), b) cinco pares de hojas verdaderas (5HV) y 3) siete pares de hojas verdaderas (7HV).

Los tratamientos fueron cien plantas de papayo en la etapa de 3HV o 5HV, cincuenta como testigos y cincuenta para el tratamiento. Sesenta plantas en la etapa 7HV, treinta como testigos y treinta para el tratamiento. Estas plantas fueron infestadas cuando alcanzaron la etapa fenológica preestablecida; es decir, de 3, 4 y 5HV, y al término de cuatro días se realizó una segunda infestación a las mismas plantas.

Para llevar a cabo la infestación, en cada planta de papayo se colocó una hoja trifoliada de frijol previamente infestada con *P. latus*. Cada una de las hojas trifoliadas presentó una media de  $91.1 \pm 15$  ♀ para 3HV,  $22.7 \pm 2$  ♀ para 5HV y  $33.3 \pm 10$  ♀ para 7HV.

Las plantas de papayo obtenidas de la forma descrita se consideraron libres del VMAP, ya que se ha demostrado repetidamente que este virus no se transmite por semilla (Chalak et al., 2017; dicha afirmación ha sido verificada por Gonzalves (1998). Se utilizaron trampas de color amarillo con pegamento para atraer a los áfidos para asegurar que las plantas de papaya continuaran libres de vectores del VMAP, y además se mantuvieron en secciones protegidas con plástico transparente para dividir a las infestadas de los testigos.

Se realizaron muestreos destructivos semanales. En cada uno se recolectaron al azar diez plantas de cada uno de los tratamientos (3HV, 5HV y 7HV) y diez plantas de cada uno de los testigos correspondientes, para un total de 20 plantas por tratamiento.

Se midieron las siguientes variables a las plantas: altura, área foliar de la hoja apical, diámetro de tallos, peso fresco de peciós, tallos y raíces; número de hojas apicales, hojas totales y hojas axilares. El peso fresco se midió con una balanza analítica y las áreas foliares se obtuvieron por el método de O'Neal et al. (2002),

consistente en colocar las hojas de papaya en un digitalizador conectado a una computadora equipada con un software (Image 4.0.2 para Windows, National Institute of Health, Bethesda, MD), para medir la superficie del área de los objetos en un formato digital. Todas las superficies se guardaron en un formato TIFF para ser analizadas en el software Image, los píxeles se convirtieron a centímetros cuadrados.

Las variables de las poblaciones de los ácaros fueron cantidades totales de número de hembras, machos, ninofocisálidas, larvas y huevecillos.

Los valores numéricos de las variables estudiadas se analizaron estadísticamente por el método de análisis discriminante y análisis discriminante canónico, donde los grupos estuvieron clasificados por fechas de muestreos y tratamientos, donde G1 fue el tratamiento 1 y fecha 1; G2, tratamiento 1, fecha 2; G3, tratamiento 1, fecha 3, y así sucesivamente. Cuando los valores estuvieron representados por ceros, se realizaron transformaciones logarítmicas de  $X+1$ .

Se realizaron descripciones cualitativas de los síntomas de los daños producidos por *P. latus* en las plantas, como resultado de la herbivoría. También se compararon los daños del ácaro con los atribuidos por la literatura a *P. latus* y *Eotetranychus lewisi* (McGregor) en papayo, así como al virus de la mancha anular de la papaya (VMAP).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Síntomas de daño de *P. latus* en *Carica papaya* cv. Maradol

Las manifestaciones del daño provocado por *P. latus* en papayo cv. Maradol se describen a continuación en los niveles que se presentan a continuación. La Figura 1 ilustra hojas sanas y con deformaciones causadas por el ácaro.

Los daños principales fueron: Cambio de coloración, de verde brillante a verde opaco, la venación se torna sinuosa, en hojas formadas se presenta hundimiento del mesófilo y la venación es más aparente. Inicio de la reducción de la lámina foliar en hojas en formación, epinastia en peciós, rizado del borde foliar hacia abajo en hojas formadas, los peciós se observan abatidos. Venación con apariencia de cicatrices, el tejido del limbo se engruesa. Si hay primordios foliares, se deforman como muñones (pata de ganso). Tejido del limbo limitado a nervaduras (mano de mono), supresión de dominancia



**Figura 1.** Hojas de *Carica papaya* L. con daños causados por *Polyphagotarsonemus latus*. A: hojas sin daño y hoja con daño incipiente (circulada). B: hoja con daño intenso.

apical, pecíolos cortos y oscuros, proliferación de brotes, pecíolos de hojas axilares con epinastia. Necrosis de los tejidos apicales.

Existe confusión acerca de la causa de las deformaciones producidas en el papayo. Por lo anterior, en el Cuadro 1 se indica una comparación de la sintomatología de *P. latus*, *E. lewisi* y el VMAP, agentes a los que se atribuyen distorsiones similares. En la sintomatología mostrada en el presente estudio y la presentada por Aubert *et al.* (1981) se identificó a *P. latus* como el agente que las originó. Autores como Andrade *et al.* (1994), Arenas *et al.* (1992), y Téliz *et al.* (1991) confirmaron la presencia del VMAP por medio de ELISA, pero no descartaron la presencia de *P. latus*; mientras que Cook (1975) describió los síntomas sin asociarlos a un organismo determinado.

Es importante hacer notar que la reducción foliar como efecto de la herbivoría de *P. latus*, llamada también "mano de mono", se presentó como característica del daño ocasionado por el ácaro. Esta misma particularidad la observaron Aubert *et al.* (1981) y la atribuyeron al mismo ácaro, en plantas de papaya en la isla Reunión. Los mismos autores observaron que, cuando los brotes foliares eran atacados por el ácaro, las hojas jóvenes tomaban un aspecto de "pata de ganso". Ochoa *et al.* (1991) observaron que el daño de *P. latus* en *C. papaya* se manifiesta por un corrugamiento de las hojas jóvenes, que se tornan de color amarillo y cuyos bordes se doblan hacia el envés; al observar las imágenes presentadas por estos autores se puede apreciar la reducción pronunciada de la lámina foliar ("mano de mono") y el rizado hacia abajo. Téliz *et al.* (1991) mencionan que el VMAP se caracteriza por mosaico, amarillamiento, distorsión de hojas, manchas anulares en frutos y manchas acuosas en tallo y pecíolos del papayo. Sin embargo, Higa y Namba (1971) no consideran esta reducción foliar como síntoma de la virosis, sino afirman que las manifestaciones se restringen a las distintivas manchas anulares en frutos, reducción de la altura de la planta y en el rendimiento. Otros como Pantoja *et al.* (2002) consideran que el daño de este ácaro es confundido con los síntomas del VMAP, pero puede ser distinguido por la ausencia de man-

chas acuosas y en forma de anillo sobre los tallos y frutos, los cuales son característicos de la infección del virus.

Es importante hacer notar el comportamiento de *P. latus* de abandonar las hojas dañadas pocos días después de la infestación inicial, lo que ha propiciado que los síntomas se confundan con virosis; según Aubert *et al.* (1981), en el archipiélago de Hawai el virus del mosaico de la papaya (VMP) coexiste con los ataques de *P. latus*, aunque este último amenaza menos que el virus. Por otra parte, los mismos autores manifiestan que en la isla Reunión no existe ningún tipo de síntoma de virosis, por lo que la reducción foliar encontrada no se asocia con ningún virus, y por lo tanto, debe atribuirse al ataque de *P. latus*.

Síntomas parecidos a los atribuidos a *P. latus* en las plantas de papaya Maradol fueron atribuidos por López (2003) al daño de *E. lewisi* en la misma planta hospedante, y fueron descritos como, la reducción moderada del área foliar sin llegar a "mano de mono", pecíolos cortos, epinastia, bordes rizados de las hojas hacia abajo y necrosis. El mismo autor estudió el daño causado por *E. lewisi* a nivel celular en tejido foliar en papaya Maradol y consignó las siguientes estructuras alteradas: el aparato estomático presentó las células oclusivas cerradas, la epidermis foliar era más gruesa, las células del parénquima empalizada perdieron su forma original y presentaron menor contenido de clorofila, y las células del parénquima esponjoso cambiaron la forma prismática por globosa, y se formaron aglomeraciones celulares, dando la apariencia de "tumores".

**Cuadro 1.** Comparación de síntomas producidos por el virus de la mancha anular del papayo (VMAP) (*Carica papaya* L.), *Eotetranychus lewisi* (McGregor) y *Polyphagotarsonemus latus* (Banks).

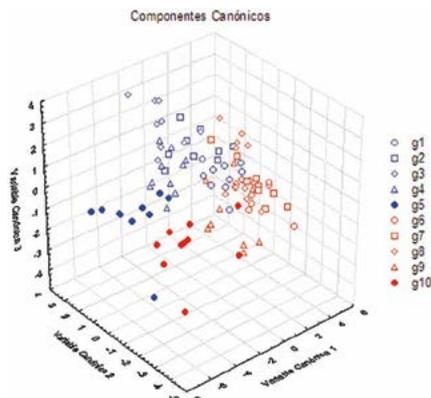
| Síntoma  | Hospedante  | Agente causal               | Lugar   | Prueba   | Referencia                                  |
|--|---|-----------------------------|---|--|---|
| Mosaico, hojas distorsionadas y reducción de lámina foliar ("mano de mono"), copa foliar reducida, defoliación inferior, hojas apicales pequeñas y arrepolladas.   | <i>Carica papaya</i><br>Cv. Maradol                                 | VMAP                        | México (Veracruz)   | ELISA  | Andrade et al. (1994); Arenas et al. (1992) |
| Mosaico, amarillamiento y distorsión de hojas, manchas anulares en los frutos y manchas acuosas en tallo y peciolo.  | <i>Carica papaya</i><br>Cv. Maradol                                 | VMAP                        | México (Veracruz y Guerrero)  | ELISA  | Téliz et al. (1992).                        |
| Clorosis en hojas jóvenes, venas aparentes, rugosidad y moteado en lámina, severa malformación de lámina foliar (filiforme), tiras oscuras en peciolo y tronco, la planta no alcanza la altura normal, manchas anulares verde oscuro en frutos, peciolo acortados. Epinastia.  | <i>Carica papaya</i>  | VMAP                        | África, Australia, área del Caribe, China, Florida, Hawaii, India, y Suramérica | Observaciones  | Cook (1975)                                 |
| Reducción moderada de la lámina foliar, peciolo corto, bajo porte de la planta, epinastia, cambio a color verde opaco.   | <i>Carica papaya</i><br>Cv. Maradol                                 | <i>Eotetranychus lewisi</i> | México (Soconusco, Chiapas), Costa Rica   | Infestaciones con el ácaro y pruebas de control  | López (2003) Ochoa et al. 1991.             |
| Tipo A. Tejidos del limbo se engruesan y se suberifican, hoja muñón ("pata de ganso").<br>Tipo B. Tejido del limbo limitado a las nervaduras.<br>Tipo C. Grabado o estampado en hoja de talla normal.<br>Tipo D. Supresión del meristemo terminal, reducción de la formación de hojas y exposición de los frutos al sol.<br>Tipo E. Necrosis del meristemo terminal que avanza hacia el tallo.<br>Tronco abierto con hinchamiento o dilatación.<br>Frutos sin sabor y bajo contenido de azúcar, se pierden 5/6 de la producción. | <i>Carica papaya</i><br>Variedades hawaianas, australianas y chinas | <i>P. latus</i>             | Isla Reunión, Océano Índico.  | Remisión de síntomas con ausencia del ácaro. No remisión de síntomas con boro y antibióticos, resultados negativos para la transmisión del virus sobre plantas indicadoras | Aubert et al. (1981)                        |
| 1. Cambio de coloración, venación sinuosa, hundimiento del mesófilo.<br>2. Epinastia en peciolo, rizado del borde de la hoja hacia abajo.<br>3. Tejido del limbo se engruesa, primordios como muñones.<br>4. Tejido del limbo limitado a nervaduras, supresión de dominancia apical, peciolo alargado, proliferación de brotes.<br>5. Necrosis de tejidos apicales.  | <i>Carica papaya</i><br>Cv. Maradol                                 | <i>P. latus</i>             | México (Soconusco, Chiapas), Florida, USA.                                      | Infestaciones con el ácaro y pruebas de control  | Datos obtenidos en el presente estudio      |

Pantoja et al. (2002) mencionan que es característica del daño de *P. latus* la reducción y deformación foliar, así como la presencia de abundantes bandas cloróticas en el follaje. Lo anterior coincide con las características definidas en la "mano de mono" que se citan en este trabajo (Cuadro 1).

### ***P. latus* y su efecto en plantas de papayo infestadas en la etapa de tres pares de hojas verdaderas (3HV)**

Del análisis discriminante a las variables fenotípicas de las plantas de papayo, se aprecia que cuando se contrastaron con las variables de las plantas no infestadas, área foliar, peso de hojas totales, peso del tallo, número de

hojas, diámetro del tallo, y peso de las raíces fueron afectadas significativamente por la herbivoría del ácaro. Al realizar el análisis discriminante a las variables de daño, se obtuvieron resultados significativos (Lambda de Wilks=0.00537,  $F_c=7.9854$ , g. l.=81,519;  $p<0.0000$ ). En la Figura 2 se presenta la disposición en el espacio de los componentes canónicos de las variables evaluadas en plantas en la etapa de tres hojas verdaderas y se aprecia la separación de las variables morfométricas entre plantas infestadas y no infestadas (lo cual se corrobora con las distancias de Mahalanobis).



**Figura 2.** Componentes canónicos de las medidas de las variables morfológicas de las plantas de *Carica papaya* L. en tercer par de hojas verdaderas (3HV), como respuesta a la herbivoría del ácaro *P. latus* (g<sup>1</sup>, g<sup>2</sup>, g<sup>3</sup>, g<sup>4</sup>, g<sup>5</sup>, corresponden a las cinco diferentes fechas de los muestreos en 3HV infestadas; g<sup>6</sup>, g<sup>7</sup>, g<sup>8</sup>, g<sup>9</sup>, g<sup>10</sup>, corresponden a las diferentes fechas de los testigos).

**P. latus y su efecto en plantas de papayo infestadas en la etapa de cinco pares de hojas verdaderas (5HV)**

El análisis discriminante a las variables fenotípicas de las plantas de papayo, se apreció que el área foliar, peso de hojas superiores, peso de hojas totales, peso de los tallos, peso de los peciolo, peso de las hojas axilares, número de hojas totales y diámetro del tallo, fueron significativamente afectadas por la herbivoría del ácaro cuando se compararon con las plantas sin daño. En la Figura 3 se presenta la disposición en el espacio de los componentes canónicos de las variables evaluadas en plantas en la etapa de cinco hojas verdaderas y se aprecia la separación de las variables morfométricas entre plantas infestadas y no infestadas (lo cual se corrobora con las distancias de Mahalanobis). Al realizar el análisis discriminante a las variables previamente especificadas, se encontraron efectos significativos (Lambda de Wilks=0.00298,  $F_c=7.7230$ , g. l.=90,512;  $p<0.0000$ ).

**P. latus y su efecto en plantas de papayo infestadas en la etapa de siete pares de hojas verdaderas (7HV)**

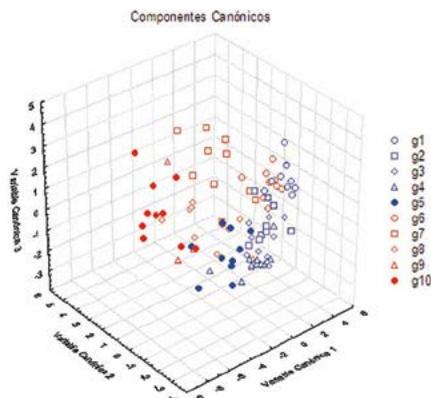
La Figura 4 muestra que el área foliar, número de hojas totales, diámetro del tallo, peso de hojas axilares y peso de hojas totales, fueron significativamente afectadas por

la herbivoría del ácaro cuando se compararon con las plantas no infestadas. Al realizar el análisis discriminante a las variables previamente especificadas, se encontraron efectos significativos (Lambda de Wilks=0.0255349,  $F_c=4.813993$ , g. l.=50,194;  $p<0.0000$ ). En la misma figura se presenta la disposición en el espacio de los componentes canónicos de las variables evaluadas en plantas en la etapa de siete hojas verdaderas y se aprecia la separación de las variables morfométricas entre plantas infestadas y no infestadas (lo cual se corrobora con las distancias de Mahalanobis).

Con base en la consistencia de las observaciones sobre la reducción del área foliar en las tres etapas fenológicas consideradas, sumado a la sintomatología de las hojas, se concluye que el ácaro *P. latus* es causante de deformaciones conocidas en la región del Soconusco, como "mano de mono" en las hojas del papayo, aunque no excluye que otros agentes puedan causar deformaciones similares, tal como el caso descrito por López (2003) para *E. lewisi* en hojas de papayo.

**Respuesta de las poblaciones de los ácaros a la fenología de C. papaya**

Del análisis discriminante a las variables previamente especificadas para las poblaciones de ácaros, se determinó que el número de hembras, ninfocrisálidas, larvas y huevecillos fueron afectadas por la fase fenológica de la planta, la cual influyó en la cantidad y proporción de estos estadios de desarrollo. La Figura 5 muestra los componentes canónicos de las variables de las poblaciones de ácaros para las tres etapas fenológicas (tercer, quinto y séptimo par de hojas verdaderas). No se observaron diferencias claras entre grupos, pero las variables contribuyeron significativamente a tal discriminación, lo cual se corrobora con las distancias de Mahalanobis. Al realizar el análisis discriminatorio a las variables previamente especificadas para las po-

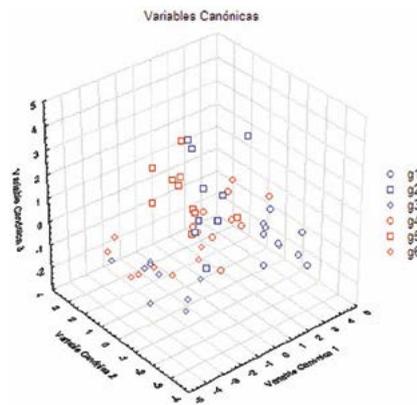


**Figura 3.** Componentes canónicos de las medidas de las variables morfológicas de las plántulas de *Carica papaya* L. en quinto par de hojas, como respuesta a la herbivoría del ácaro *P. latus* (g<sup>1</sup>, g<sup>2</sup>, g<sup>3</sup>, g<sup>4</sup>, g<sup>5</sup>, corresponden a las diferentes fechas de los tratamientos; g<sup>6</sup>, g<sup>7</sup>, g<sup>8</sup>, g<sup>9</sup>, g<sup>10</sup>, corresponden a las diferentes fechas de los testigos).

blaciones de ácaros, se obtuvieron efectos significativos ( $\Lambda$  de Wilks=0.1880827,  $F_c=3.808431$ ,  $g.l.=60,532$ ;  $p<0.0000$ ).

Las infestaciones con *P. latus* fueron más abundantes para la etapa fenológica de 5HV (Figura 6), por lo que la sintomatología de la herbivoría se presentó en los cinco niveles mencionados, con lo que se fortalece la hipótesis de que existe interacción entre la etapa fenológica de las plantas y la capacidad de *P. latus* para establecerse en ellas. Lo anterior ha sido soportado por estudios previos; por ejemplo, DeCoss-Romero y Peña (1998) observaron que las larvas y huevecillos del ácaro se presentaron durante siete semanas en *Capsicum annuum* L. durante las etapas fenológicas vegetativa y de floración, en comparación con las etapas de fructificación temprana y tardía que los contuvieron por cinco semanas solamente.

Las partes bucales de *P. latus* son incapaces de penetrar tejido lignificado (Jeppson et al., 1975), por lo que posiblemente fue más difícil penetrar el tejido del papayo de la fase fenológica de 7HV que las otras

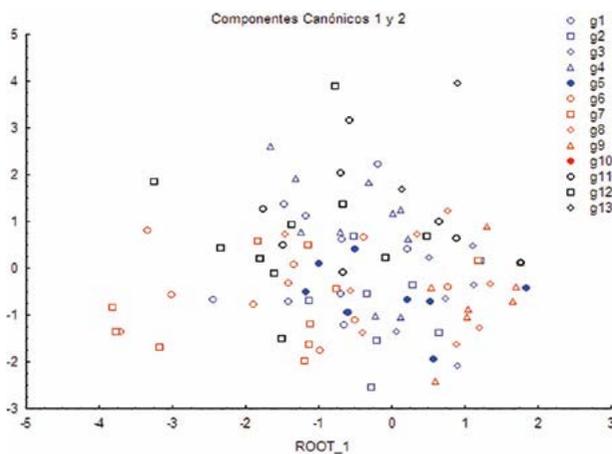


**Figura 4.** Componentes canónicos de las medidas de las variables morfológicas de las plántulas de *Carica papaya* L. en séptimo par de hojas, como respuesta a la herbivoría del ácaro *P. latus* ( $g^1$ ,  $g^2$ ,  $g^3$ , corresponden a las diferentes fechas de los tratamientos  $g^4$ ,  $g^5$ ,  $g^6$ , corresponden a las diferentes fechas de los testigos).

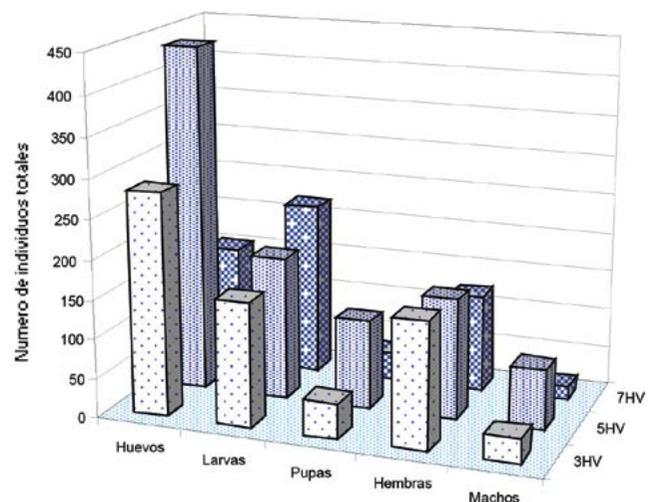
fases, en el entendimiento de que los tejidos jóvenes ya se encontraban dañados. Las toxinas inyectadas durante la alimentación causan alteración de la ontogenia de la planta (Aubert et al., 1981), y depende de la edad de la hoja, notándose que la etapa fenológica de 3HV fue la que manifestó menor daño, ya que éste también depende del grado de desarrollo de la planta, su constitución genética y de los factores ambientales (Peña, 1999).

La Figura 6 muestra el hecho relevante de que las poblaciones de *P. latus* en hojas de papayo fueron más bajas, comparadas con las poblaciones que estos mismos estadios pueden alcanzar en chile pimiento (*Capsicum annuum* L.), que son aproximadamente diez veces más altas (DeCoss-Romero y Peña, 1998). Esta situación sugiere que *P. latus* no prefiere al papayo, como se comprobó en un estudio comparativo de preferencia del ácaro a *Melanthera aspera* (Jacq) Small (saján blanco), *Phaseolus acuminatus* L. (frijol escumite) y *C. papaya*, en condiciones controladas de temperatura y humedad (De Coss et al., 2018).

Es importante señalar la presencia de isotiocianato bencílico como componente de los volátiles de las hojas del papayo cultivar Maradol (De Coss et al., 2009); dicha sustancia fue demostrada como disuasiva de oviposición para *Dacus* sp. (Diptera: Tephritidae) por Seo et al. (1983). Esta misma sustancia es considerada por Malavasi et al. (2004) como disuasivo de oviposición y también como agente de mortalidad de hue-



**Figura 5.** Componentes canónicos de las variables de las poblaciones de *P. latus* para las diferentes fechas de los tratamientos con ácaros:  $g^1$ ,  $g^2$ ,  $g^3$ ,  $g^4$ ,  $g^5$  (3HV);  $g^6$ ,  $g^7$ ,  $g^8$ ,  $g^9$ ,  $g^{10}$  (5HV);  $g^{11}$ ,  $g^{12}$ ,  $g^{13}$  (7HV).



**Figura 6.** Poblaciones totales de *P. latus* en *Carica papaya* L., en los tres tratamientos. Cada barra incluye el total de ácaros colectados a lo largo de los muestreos realizados, con  $n=10$  hojas examinadas en cada uno. De izquierda a derecha: hembras, machos, ninfocri-sálidas, larvas y huevecillos.



vos y larvas de primer ínstar de moscas de la fruta en los frutos verdes del papayo de la variedad Golden Sunrise Solo. Los aleloquímicos han sido considerados la base bioquímica de la resistencia en una planta hospedante, más que los nutrimentos (Slansky y Rodríguez, 1986). La respuesta de defensa directa de la papaya pudiera ser de tipo constitutiva; se sabe, por ejemplo, que la papaya contiene una proteasa cisteínica, la E-64, en la papaina, la cual es un factor crucial en la defensa contra larvas de varios lepidópteros (Konno *et al.*, 2004).

Tomando en cuenta que *P. latus* tiene quelíceros muy cortos, entre 15 y 40 mm de largo, y que éstos solamente pueden traspasar la epidermis hasta el parénquima esponjoso, pero no hasta el parénquima en empalizada (GuiLianYou *et al.*, 2001), sugiere que el daño que causan es además de naturaleza bioquímica, mediante la inyección de toxinas o algún tipo de reguladores de crecimiento con la saliva. Esto concuerda con Peña (1999), quien señala que el daño provocado por *P. latus* pudiera estar asociado a la toxina de la saliva, ya que los daños a las células adyacentes a los estomas en el mesófilo no son resultado de daño mecánico, sino de la acción sistémica de la toxina.

El daño de *E. lewisi* en el parénquima esponjoso del tejido foliar del papayo (López, 2003) puede ser similar al producido por *P. latus*, al producirse el mismo engrosamiento de la epidermis, deformación y proliferación del tejido. En hojas de *Hedera sp.*, el mesófilo aparece homogéneo, sin diferenciación, con proliferación de células y la superficie dañada se torna callosa (Nemesthoty *et al.*, 1982). Al parecer ésta pudiera ser la causa de que el ácaro abandone el tejido dañado, puesto que sus apéndices son incapaces de penetrar paredes gruesas (Peña, 1999); o bien, como fue determinado por De Coss-Romero *et al.* (1993), los ácaros abandonan el chile en etapa de fructificación tardía. Esta condición se presenta ya que las partes bucales del ácaro son incapaces de penetrar el tejido lignificado, circunstancia tal que puede ser utilizada para seleccionar cultivares que pasan rápidamente por etapas altamente susceptibles al daño de este ácaro (Peña, 1999), como pudiera ser el caso de la papaya en vivero. Otro hecho relevante es que las poblaciones de *P. latus* aumentan rápidamente en papayo y así mismo decrecen, esto puede deberse a un tipo de reproducción "bing-bang" el cual es un tipo de reproducción que adoptan ciertos artrópodos para explotar el hospedante donde están y al cual abandonan, pues deben evitar factores que mermarían su crecimiento como la lignificación de tejidos (López, 2003; Nemesthoty *et al.*

1982). Al cabo de unas semanas, los propios daños de la herbivoría del ácaro hacen que la epidermis de las hojas no pueda ser perforada por los estiletos cortos de éste, y como consecuencia, se observa la desaparición completa de la población, similar a lo observado por Aubert *et al.* (1981). Lo anterior se refuerza con los datos reportados de la esperanza de vida de *P. latus* en papaya Maradol a 28 °C; estos fueron 1.4, 2.4 y 0.96 d para  $55 \pm 2$ ,  $67.5 \pm 2.5$  y  $97.5 \pm 2.5$  % de HR, respectivamente, estos valores son muy bajos al compararlos con otros cultivos (De Coss *et al.*, 2010). En las cifras reportadas en las tablas de vida sobre éste ácaro, se registraron de 12.56 a 20.78% más de mortalidad en los estados inmaduros en papaya Maradol que en otros tipos de cultivos a temperaturas y humedades relativas similares (De Coss, 2006), lo cual puede ser un indicativo de un fenotipo resistente si se comparan estos valores en la supervivencia de los estados inmaduros del ácaro (Kennedy y Barbour, 1992), pero no se tienen las referencias en otras variedades o cultivares de papayo.

## CONCLUSIONES

En la respuesta de la herbivoría de *P. latus* a *C. papaya* se definieron cinco niveles de síntomas. Cambio de coloración, de verde brillante a verde opaco, la venación se torna sinuosa, en hojas formadas se presenta hundimiento del mesófilo y la venación es más aparente. Inicio de la reducción de la lámina foliar en hojas en formación, epinastia en peciolos, rizado del borde foliar hacia abajo en hojas formadas, los peciolos se observan abatidos. Venación con apariencia de cicatrices, el tejido del limbo se engruesa. Si hay primordios foliares, se deforman como muñones (pata de ganso). Tejido del limbo limitado a nervaduras (mano de mono), supresión de dominancia apical, peciolos cortos y oscuros, proliferación de brotes, peciolos de hojas axilares con epinastia. Necrosis de los tejidos apicales.

Esta reducción del área foliar o "mano de mono" se interpreta como la manifestación de la herbivoría del ácaro, pero no es exclusiva de esta especie. La etapa fenológica de 5HV fue la más susceptible a las poblaciones de los ácaros y la que presentó la mayor parte de las variables estudiadas como significativas, que contribuyeron a la discriminación entre las plantas infestadas y no infestadas. Las poblaciones de los ácaros son extremadamente bajas comparativamente con las que se pueden desarrollar en otras plantas, y tienden a extinguirse en todas las etapas fenológicas estudiadas, pero principalmente cuando la infestación ocurre en la etapa más madura que fue la de 7HV. Se puede determinar que las pobla-

ciones de hembras, pupas, larvas y huevecillos fueron afectadas por la fase fenológica de la planta y el escaso número de individuos contabilizados en todas las etapas fenológicas estudiadas, correspondieron a poblaciones que no logran colonizar en gran número, probablemente debido a que no hay preferencia, o antibiosis de la planta hospedante, lo que explicaría además la breve permanencia de *P. latus* en el papayo.

## LITERATURA CITADA

- Andrade, H., Ávila, C., García, E., Mora, A., Nieto, D., Téliz, D. y Villanueva, J. 1994. La mancha anular del papayo en Veracruz, México, y su manejo integrado. Séptima Reunión Científica del Sector Agropecuario y Forestal del Estado de Veracruz, Mex. Pp.: 87-92.
- Arenas, L., Avila, C., Cárdenas, E., Etchevers, J., Flores, C., García E., González, V., Matheis, L., Mora, A., Nieto, A., Riestra, D., Téliz, D., Velásquez J. y Villanueva, J. 1992. La virosis del papayo en Veracruz: etiología y control. Quinta Reunión Científica del Sector Agropecuario y Forestal del Estado de Veracruz. Resultados y Avances de Investigación. Pp : 62-71.
- Aubert, B., Lossois, P. y Marchal, J. 1981. Mise en évidence des dégats causés par *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) sur papayers à l'île de la Réunion. Fruits. 36: 9-24.
- Cook, A. A. 1975. Diseases of tropical and subtropical fruits and nuts. Hafner Press. Pp. 318.
- Chalak, S.U., S.N. Hasbnis and V.S. Supe. 2017. Papaya ring spot disease management: A review. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry 6(5): 1911-1914.
- De Coss-Romero, M. y Peña, J. E. 1998. Relationship of broad mite (Acari: Tarsonemidae) to host phenology and injury levels in *Capsicum annuum*. Florida Entomol. 81: 515-526.
- De Coss, M. E. 2006. Bioecología y herbivoría del ácaro *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) en *Carica Papaya* L. Tesis Doctoral, Huehuetán, Chiapas, México, Universidad Autónoma de Chiapas, 126 Pp.
- De Coss-Romero, M., Peña, J. E. y Duncan, R. 1993. Broad mite injury to *Capsicum annuum* at different growth stages. 76th Annual Meeting, FL Entomol. Soc. Aug 9-12. p. 20 (Abstract).
- De Coss, M. E., Reyes, A. E., Cabrera, M. E., Flores, R. y Cruz, L. 2009. Resistance in *Carica papaya* L. Cv. Maradol to the mite *Eotetranychus lewisi* (McGregor) induced by the herbivory of *Estigmene acrea* (Drury). Integrated Control of Plant-Feeding Mites. IOBC/wprs Bulletin Vol. 50, pp 11-12.
- De Coss, M. E., Aguilar, F. J. y Marroquín, A. F.J. 2018. Preferencia de *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acari: Tarsonemidae) a tres hospedantes: *Carica papaya* L., *Phaseolus acuminatus* L. y *Melanthera aspera* (Jacq) Small. Agroproductividad: Vol.11, Núm.12, diciembre. 2018. pp: 9-13
- Gómez, R. y Pedrero, R. 2000. Generalidades de la producción de papaya en México (Trabajo referativo). Plantaciones Modernas. Año 5 No. 1. (27 – 34). AGROSEM.
- Gonsalves, D. 1998. Control of papaya ringspot virus in papaya: a case study. Annual Review of Phytopathology, 36:415-437.
- Gui, L., Gong, X., Meng, G., Gui, L.Y., Gong, X.W. y Meng G.L. 2001. On the relationship between eggplant leaf structure and its resistance to broad mite. Acta Phytophylactica Sinica.Vol. 28, No. 3, Pp. 213-217.
- Jeppson, L. R., Keifer, H. H. y Baker, E.W. 1975. Mites injurious to economic plants. University of California Press, Berkeley, 614 Pp.
- Kennedy, G.G. y Barbour, J.D. 1992. resistance variation in natural and managed systems. In: Plant Resistance to Herbivores and Pathogens. Editores: Fritz, R. S. y S. L. Simms. The University of Chicago Press, Chicago 60637.
- Konno, K., Hirayama, Ch., Nakamura, M., Tateishi, K., Tamura, Y., Hattori, M. y Cono, K. 2004. Papain protects papaya trees from herbivorous insects: role of cysteine proteases in latex. The Plant Journal. Vol. 37: 370.
- León, P. 1999. Selectividad de áfidos (Homoptera: Aphididae) a plantas de sucesión temprana en un cultivar de *Carica papaya* L., en Mazatán, Chiapas. Tesis Maestría en Ciencias, Huehuetán, Chiapas, México, Universidad Autónoma de Chiapas, 95 Pp.
- López, G. S. 2003. Niveles de herbivoría de *Eotetranychus lewisi* (McGregor) en plántulas de *Carica papaya* L. Tesis Licenciatura, Huehuetán, Chiapas, México, Universidad Autónoma de Chiapas, Pp: 55.
- Malavasi, A., K. Uramoto, A. do Nascimento. 2004. Latex exudates of papaya as fruit fly oviposition deterrence factor. 5th Meeting of the Working Group on Fruit Flies of the Western Hemisphere. Ft. Lauderdale, Florida, USA. May 16-21. (Abstract).
- Nemesthoty, K. K., Volcsansky, E. y Simon, N. 1982. Influence of damage of the mites *Tarsonemus pallidus* Banks and *Polyphagotarsonemus latus* Banks (Acari: Tarsonemidae) on the morphological properties of fatshedera and hederia leaves. Novennyvedelem. 18: 437-442.
- Ochoa, R., Aguilar, H. y Vargas. C. 1991. Ácaros fitófagos de América Central. Guía Ilustrada. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 225 p.
- O'Neal, E. M., Landis, A. D. y Isaacs. R. 2002. An inexpensive, accurate method for measuring leaf area and defoliation through digital image analysis. J. Econ. Entomol. 95 (6): 1190-1194
- Pacheco, L.V. M. En prep. Niveles de daño de *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) en cuatro etapas fenológicas del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Autónoma de Chiapas.
- Pantoja, A., Follet, P. y Villanueva-Jiménez, J. 2002. Pest of papaya. En: Peña, J.E., Sharp, J. L., y Wysoki, M. (eds). Tropical Fruit Pests and Pollinators. CABI Publishing, Pp.131-157.
- Pérez, R. y Almaguel, L.1970. Los ácaros fitófagos de Cuba y sus principales plantas hospederas. Ministerio de Agricultura de Cuba, Pp. 65
- Peña, J.E. 1999. Broad mite: damage and control. In: Acarology IX, Vol.2 Symposia. Editores: Needham, G. R., R. Mitchell, D. J. Horn y W.C. Welbourn. The Ohio Biological Survey Columbus, Ohio 43210.
- Seo, S. T., Tang, C.S., Sanidad, S. y Takenaka, T. H. 1983. Hawaiian flies (Diptera: Tephritidae): variation of index of infestation with benzyl isothiocyanate concentration and color of maturing papaya. Journal Econ. Entom. 76: 535-538.
- Slansky, F., y Rodríguez, J. G. 1986. Nutritional ecology of phytophagous mites. En: Nutritional ecology of insects, mites, spiders, and related invertebrates. Editores Slansky y Rodríguez. John Wiley & Sons. Pp. 177-207.
- Téliz D., Mora, A., Nieto, D., Gonsalves, D., García, E., Matheis, L. y Avila, C. 1991. Papaya ringspot virus in Mexico. Rev. Mex. Fitopatología 9: 64-68.



## Physiological time of Japanese Plum (*Prunus cerasifera* EHRH) cv. Methley, calculated in high altitudes with temperate climate

## Tiempo fisiológico del ciruelo japonés (*Prunus cerasifera* EHRH) cv. Methley, calculado en un clima templado de altura intertropical

González-Pérez, Josué S.<sup>1</sup>; Quevedo-Nolasco, Abel<sup>1\*</sup>; Becerril-Román, Alberto E.<sup>1</sup>; Velasco-Cruz, C.<sup>1</sup>; Jaén-Contreras, David<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco Km. 36.5, Montecillo, Texcoco 56230, Estado de México.

\*Autor de correspondencia: anolasco@colpos.mx

### ABSTRACT

**Aim:** determine the physiological time (GDD and CU) of the phenological phases of the Japanese plum cv. Methley, cultivated in high altitudes with temperate climate.

**Design/methodology/approach:** through daily observation, record of the appearance of phenological phases and use of Snyder's method (1985), in twenty plum trees cv. Methley grafted on Mirobolano plum, the GDD of each phenological phase were quantified; CU were determined through three models (Richardson *et al.*, 1974, Vega *et al.*, 1990 and Shaltout and Unrath, 1983).

**Results:** the physiological time of the cultivar had small quantitative variations for the same phenological phases in the studied years (2015 and 2016). The models for the CU calculation quantified different amounts of chilling temperatures.

**Study limitations/implications:** the use of models for CU quantification, typical for temperate latitudes, in intertropical regions, makes difficult to monitor the accumulation of necessary cold to resume the growth of deciduous fruit trees.

**Findings/conclusions:** it is recommended not to use own models from temperate latitudes, in high altitudes with temperate climate intertropical zones; in this case, it is right the use Vega's model *et al.* (1990).

**Key words:** *Prunus salicina*, GDD, Chill Units.

### RESUMEN

**Objetivo:** determinar el tiempo fisiológico (GDD y UF) de las fases fenológicas del ciruelo japonés (*Prunus cerasifera* EHRH) cv. Methley, cultivado en clima templado de altura.

**Diseño/metodología/aproximación:** En árboles de ciruelo cv. Methley injertados sobre ciruelo Mirobolano (n=20) se cuantificaron los GDD de cada fase fenológica; determinando las UF a través de tres modelos usando la observación diaria, registro de la aparición de fases fenológicas y empleo del método de Snyder, durante 2015 y 2016.



**Resultados:** el tiempo fisiológico del cultivar tuvo pequeñas variaciones cuantitativas para mismas fases fenológicas en los años estudiados. Los modelos de cuantificación de UF registraron distintas cantidades de frío.

**Limitaciones del estudio/implicaciones:** el empleo de modelos de cuantificación de UF, propio de latitudes templadas, en regiones intertropicales, dificulta el monitoreo de la acumulación de frío necesario para reanudar el crecimiento de los frutales caducifolios.

**Hallazgos/conclusiones:** se recomienda no emplear modelos propios de latitudes templadas, en zonas intertropicales con clima templado de altura, y emplear en este caso, el modelo de Vega *et al.* (1990).

**Palabras clave:** *Prunus salicina*, GDD, Unidades Frío.

## INTRODUCCIÓN

**Determinar** el tiempo fisiológico de una especie frutal permite monitorear su fenología y el manejo particular de cada fase fenológica. Este tiempo es la acumulación de temperaturas medias diarias superior a una temperatura base ( $T_b$ ) e inferior a la temperatura máxima de crecimiento y desarrollo, y se contabiliza en Grados Día de Desarrollo (GDD) (Snyder, 1985). Cierta cantidad de GDD es necesaria para finalizar una fase fenológica (Trudgill *et al.*, 2005); el endoletargo es liberado mediante la exposición de árboles a bajas temperaturas, ya que, del ciruelo japonés (*Prunus cerasifera* EHRH), sólo ha sido reportado el tiempo fisiológico de la subfase fenológica (De Fina, 1973) 'plena floración' (Tabuenca y Herrero, 1966) en un cultivar no especificado, y se conoce un amplio rango de 150 a 250 Unidades Frío (Arbor Day Foundation, 2016; SFGATE, 2016). A pesar de la existencia de modelos de cálculo del tiempo fisiológico basados en operaciones aritméticas simples (Snyder, 1985), el uso empírico del tiempo calendario sigue siendo empleado para predecir etapas de crecimiento y desarrollo (Mendoza *et al.*, 2004). Lo anterior, provoca la imprecisa predicción de fases fenológicas y dificulta la determinación de fechas de realización de prácticas culturales o agronómicas. El objetivo fue determinar los requerimientos térmicos de las fases fenológicas del ciruelo japonés (*Prunus cerasifera* EHRH) cv. Methley cultivado en una región intertropical con clima templado de altura.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el Colegio de Postgraduados (19° 29' N., 98° 54' O, y 2252 m de altitud) de enero de 2015 a septiembre de 2016. Clima semiseco templado con  $T$  media anual de 15.2 °C, verano cálido lluvioso, precipitaciones todo el año (media anual 590 mm) con porcentaje de lluvias invernales menores al 5% respecto al total anual, poca oscilación térmica y marcha anual de la temperatura tipo Ganges; fórmula 'BS1kw(w)(i)g' (García, 1988). El huerto es de ciruelo japonés cv. Methley injertado sobre ciruelo mirabolano, de cuatro años de edad; riego por goteo (16 L h<sup>-1</sup>), fertilización y mantenimiento de coberteras orgánicas.

A través de un muestreo por cuotas, fueron seleccionados veinte árboles con altura y anchura del dosel de 1.8 y de 1.5 m, respectivamente, notable

sanidad y sin síntomas de trastornos nutricionales. Las temperaturas mínima y máxima diarias, y las horarias de otoño e invierno, se tomaron de la Estación Meteorológica Institucional, a 300 m del huerto. El tiempo fisiológico fue calculado en GDD según Snyder (1985), para cada una de las fases fenológicas. La cuantificación de UF se calculó según Richardson *et al.* (1974), y Shaltout y Unrath (1983) y de Vega *et al.* (1990).

Las fases fenológicas, fueron estudiadas en base a lo propuesto por Burgos (1984) y Meier (1997) para frutales de hueso, y reportadas por González *et al.* (2018) en ciruelo japonés cv. Methley. El registro del inicio y fin de cada fase se realizó a través de la observación diaria.

## Mediciones

El flujo vegetativo, fue medido como el crecimiento longitudinal de ramas, del ciclo fenológico en curso, para calcular los porcentajes relativos según Rocha *et al.* (2011). El hinchamiento de yemas vegetativas y reproductivas, se determinó a través de la observación del aumento continuo de su tamaño (Fernández, 1996). La brotación de yemas vegetativas y reproductivas, en el inicio y fin, fueron observados en yemas basales de cuatro ramas primarias seleccionadas, y en yemas apicales de éstas, respectivamente. La foliación, se obtuvo del área foliar media (cm<sup>2</sup>) de veinte hojas muestreadas semanalmente en cada árbol, desde tres semanas después de la brotación de yemas vegetativas hasta inicio del flujo reverso, con un integrador LI-3100 (LI-COR, Inc. Lincoln, Ne, USA). La floración se registró en cuatro ramas primarias con sus respectivas ramificaciones sucesivas, se contó el número total de botones florales (100% de flores),

y se determinó el inicio, plena y fin de floración de acuerdo a Bellini y Bini (1978). El crecimiento y desarrollo de frutos, fue midiendo el diámetro polar y ecuatorial de siete pericarpios de cada árbol, para calcular su crecimiento relativo acumulado (Rocha et al., 2011). La madurez fisiológica, se registró cuando los pericarpios de la variable 'crecimiento y desarrollo de frutos' dejaron de crecer. La madurez de cosecha, fue monitoreada a través de la ontogenia de los pericarpios fisiológicamente maduros (Watada et al., 1984), y determinada visualmente con base en el color rojo del epicarpio (índice usado en Texcoco, México). La abscisión foliar fue registrada con el inicio de la abscisión de hojas basales de los árboles, y finalizó con la abscisión de la hoja apical distal al cuello de éstos. El ecoletargo fue un día después del fin de abscisión foliar y terminó con la acumulación de UF. Finalmente, el endoletargo, inició con la acumulación de UF, y finalizó con el hinchamiento de yemas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

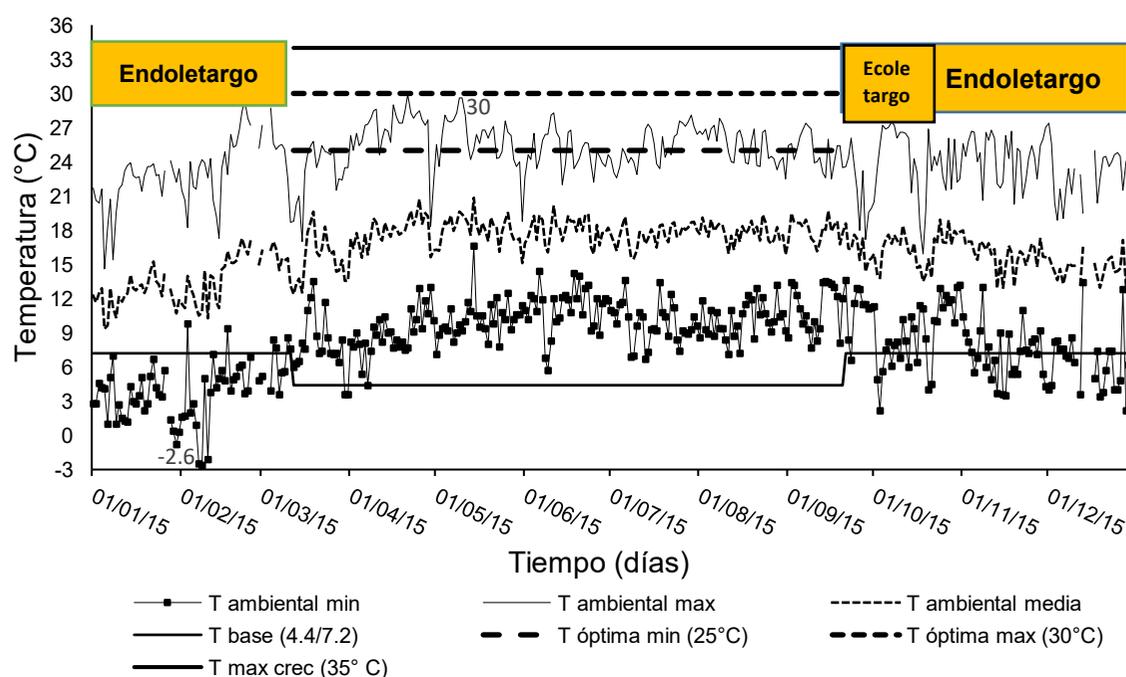
**Temperatura del aire.** Durante 2015, las  $T_{\min}$  y  $T_{\max}$  fueron  $-2.6$  (8/02/2015) y  $30$  °C (11/05/2015), respectivamente (Figura 1).

Durante 2016, las  $T_{\min}$  y  $T_{\max}$  fueron  $-1.4$  (13/02/2016) y  $32.1$  °C (2/05/2016), respectivamente. Desde hinchamiento de yemas (8/02/2016) a inicio de abscisión foliar (18/09/2016), los árboles crecieron principalmente bajo  $T$  medias diarias mayores a su  $T_b$ , y hubo  $T_{\max}$

diarias situadas en el intervalo de  $T$  óptima de la especie (Figura 2).

En el año 2016, una tormenta invernal provocó  $T_{\min}$  diarias menores a la  $T$  base del cultivo, en varios días del 8 de febrero ( $-0.9$  °C) al 2 de abril ( $1.8$  °C), tiempo en que ocurrió el hinchamiento de yemas (8 febrero-2 marzo), brotación de yemas florales (1-10 marzo) y foliares (3-11 marzo), floración (11-30 marzo) e inicio del crecimiento y desarrollo de frutos (a partir del 24 marzo); ningún día de 2015 y 2016 hubo temperaturas que causaran daño a los órganos, ya que, no hubo  $T \leq -10$  °C durante letargo (perjudicial para las yemas durante esta fase (Fernández, 1996),  $T \leq -3.3$  y  $-2.8$  °C durante floración (perjudiciales para botones florales y antesis, respectivamente (Cobianchi et al., 1989),  $T \leq -1$  °C durante fructificación (perjudiciales para frutos que inician crecimiento (Silva y Alonso, 1976) y  $T \geq 38-40$  °C (perjudican al árbol en general Silva y Alonso, 1976). La temperatura del aire en 2015 y 2016, como factor dominante del desarrollo de los cultivos (Yang et al., 1995), permitió la correcta marcha de fases fenológicas.

**Tiempo fisiológico.** La cantidad de GDD fue similar en 2015 y 2016 en mismas fases fenológicas; su diminuta variación (Cuadro 1) se debió a la evolución de la  $T$  del aire en ambos años (Fan et al., 2010) y a diferencias naturales de luz y nutrición (Rahemi y Pakkish, 2009). En términos de tiempo ordinario (civil), la variación de la



**Figura 1.** Temperatura del aire durante 2015, temperaturas cardinales del ciruelo japonés (*Prunus cerasifera*).

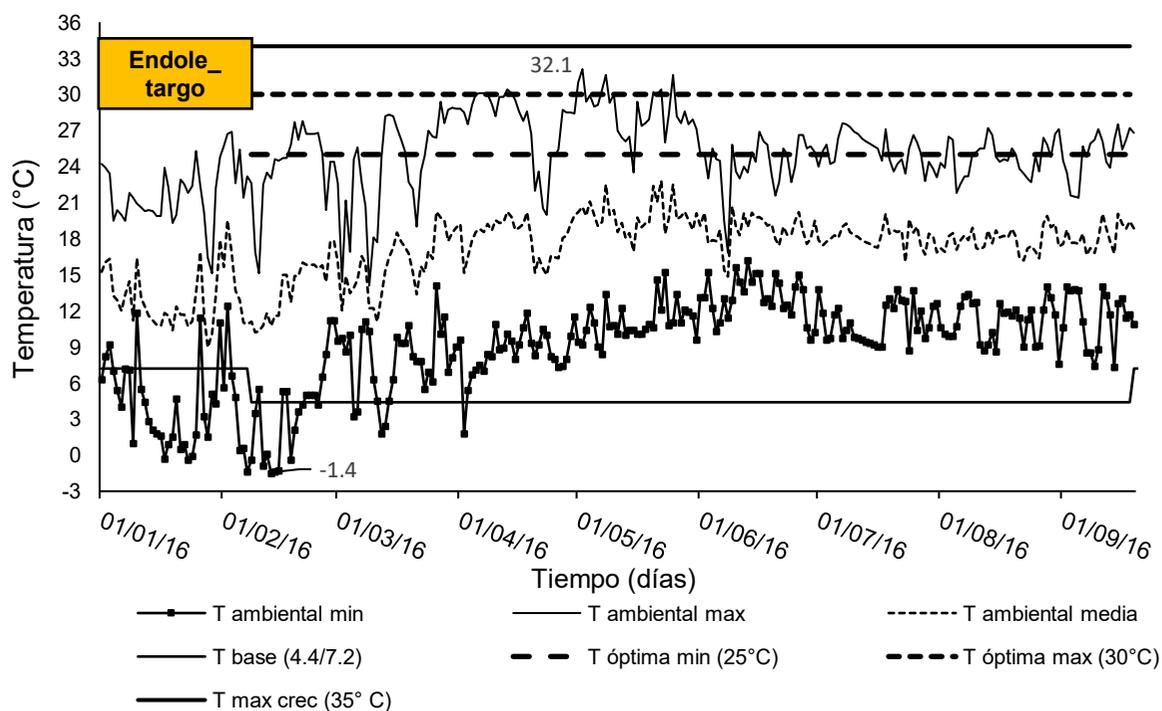


Figura 2. Temperatura del aire durante 2016, temperaturas cardinales del ciruelo japonés (*Prunus cerasifera*).

Cuadro 1. Tiempo fisiológico del ciruelo japonés cv. Methley.

| Fase fenológica                          | Duración en 2015                 | Duración en 2016                | GDD/UF en 2015                 | GDD en 2016                    | ΣGDD en 2015 | ΣGDD en 2016  |
|--|----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------|---------------|
| Hinchamiento de yemas florales           | 12 enero-4 febrero               | 8 - 29 febrero                  | <u>205.15</u>                  | <u>208.7</u>                   |              |               |
| Hinchamiento de yemas foliares           | 12 enero-7 febrero               | 8 febrero - 2 marzo             | 226                            | 228                            |              |               |
| Brotación floral                         | 5-17 febrero                     | 1 - 10 marzo                    | <u>96.9</u>                    | <u>97.8</u>                    | 208.7        | 205.15        |
| Inicio / fin de brotación foliar         | 8-17 febrero                     | 3 - 11 marzo                    | 87.8                           | 85.2                           | 228/313.2    | 226/302.05    |
| Inicio de floración                      | 18-22 febrero                    | 11 - 16 marzo                   | 57.25                          | 51.35                          | <u>306.5</u> | <u>302.05</u> |
| Plena floración                          | 20 febrero -3 marzo              | 14 - 25 marzo                   | 127.45                         | 131.95                         | 357.85       | 359.3         |
| Fin de floración                         | 4-9 marzo                        | 26 - 30 marzo                   | 58.4                           | 59.75                          | 489.8        | 486.75        |
| Crecimiento y Desarrollo de Frutos (CDF) | 3 marzo -28 mayo                 | 24 marzo - 10 junio             | 1115.75<br>969.85 <sup>x</sup> | 1119.65<br>955.75 <sup>x</sup> |              |               |
| Etapas del CDF                           |                                  |                                 |                                |                                |              |               |
| Etapas del CDF                           | 17 marzo-4 abril <sup>x</sup>    | 5 - 21 abril <sup>y</sup>       | 238.35 <sup>x</sup>            | 231.85 <sup>x</sup>            |              |               |
| Etapas del CDF                           | 5-27 abril <sup>x</sup>          | 22 abril - 13 mayo <sup>y</sup> | 318 <sup>x</sup>               | 316 <sup>x</sup>               |              |               |
| Etapas del CDF                           | 28 abril-28 mayo <sup>x</sup>    | 14 mayo - 10 junio <sup>y</sup> | 413.5 <sup>x</sup>             | 407.9 <sup>x</sup>             |              |               |
| Madurez fisiológica                      | 19-28 mayo                       | 31 mayo - 10 junio              | 136.2                          | 138.35                         | 955.75       | 955           |
| Madurez de cosecha                       | 25 mayo-23 junio                 | 6 - 23 jun                      | 411.2 <sup>w</sup>             | 243.2 <sup>w</sup>             |              |               |
| Endoletargo                              | 1 noviembre 2015-21 febrero 2016 | No determinado                  | 191.5 UF <sup>y</sup>          |                                |              |               |
| Endoletargo                              | 23 octubre 2015-20 febrero 2016  | No determinado                  | 235.8 UF <sup>z</sup>          |                                |              |               |

<sup>w</sup>El grado de madurez de cosecha es determinado con base en el grado de maduración de frutos que los consumidores exigen. <sup>x</sup>Calculados mediante frutos utilizados en la variable crecimiento y desarrollo de frutos. <sup>y</sup>UF calculadas con el método de Richardson et al. (1974). <sup>z</sup>UF calculadas con el método de Vega et al. (1990).

duración de mismas fases fenológicas en ambos años, se debió a la diferente marcha anual de la temperatura, variación periódica de la duración del día y régimen pluviométrico (De Fina, 1973), ya que el crecimiento incrementa significativamente cuando la T del aire cae entre las temperaturas mínimas y máximas de crecimiento y desarrollo (Brown, 2013). Antes de este estudio, sólo habían sido reportados 140 GDD para la subfase fenológica 'plena floración' del ciruelo japonés (Tabuenca y Herrero, 1966), pero no se especificó el cultivar estudiado. Lo anterior es contrastante porque los GDD de las fases fenológicas difieren de cultivar a cultivar (Trudgill et al., 2005). En el presente estudio, la 'plena floración' acumuló 127.45 y 131.95 GGD en 2015 y 2016, respectivamente, así, los 140 GDD reportados por Tabuenca y Herrero (1966) corresponden a un cultivar que no es 'Methley'; y se establece un rango de 127-140 GDD para 'plena floración' del ciruelo japonés. El tiempo fisiológico obtenido permitirá reemplazar el uso del tiempo civil en la predicción de fases fenológicas (Mendoza et al., 2004) y precisar el monitoreo fenológico usando operaciones aritméticas simples (Snyder, 1985) que integran efectos de temperatura en la temporización de procesos biológicos (McMaster y Wilhelm, 1997). También permitirá diferenciar cultivares en una huerta, ya que, la cantidad de GDD para mismas fases fenológicas difiere entre cultivares (Chaar y Astorga, 2012).

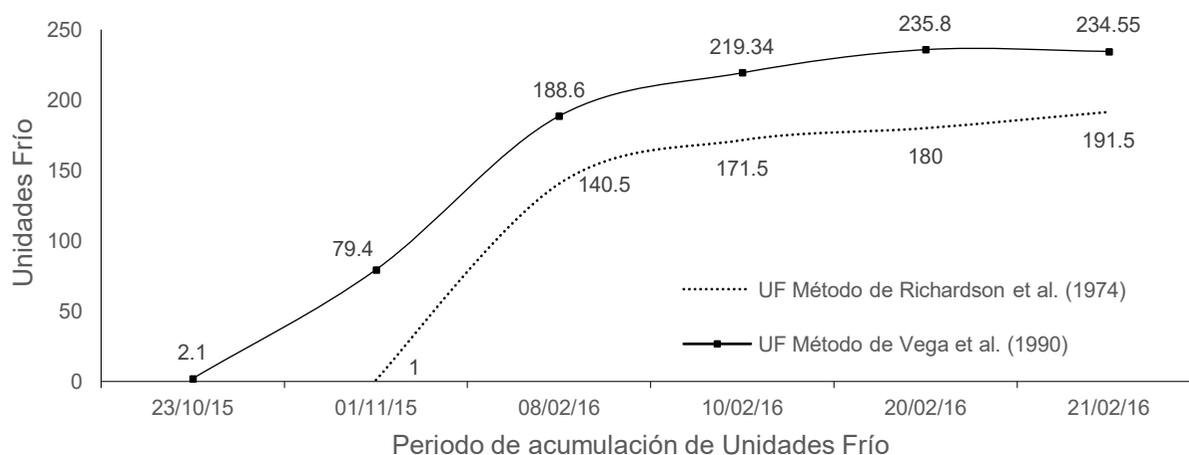
Se presenta el régimen térmico de ciertas fases fenológicas que no dependen de una cantidad específica de GDD para llevarse a cabo, sino de energía calorífica (UC), estado nutricional y otros factores (Cuadro 2).

Empleando el modelo de Richardson et al. (1974), se calculó el requerimiento de frío. El 1/11/15 inició la acumulación de UF. Al 8/02/16 (inicio de hinchamiento de yemas reproductivas y vegetativas) fueron acumuladas 140.5 UF. La máxima cantidad de UF (191.5) ocurrió el 21/02/16. (Figura 3). Algunos árboles llevaron a cabo el hinchamiento de yemas florales y foliares del 22 al 29 de febrero y 2 de marzo, respectivamente (fin del hinchamiento de yemas florales), ya que, posiblemente requirieron la máxima cantidad de frío, ya que, la acumulación de frío restablece la capacidad de crecer pero no promueve el crecimiento (Rohde y Bhalerao, 2007). Así, las yemas aletargadas, para iniciar su hinchamiento, deben estar expuestas a temperaturas frías (período de acumulación de frío) y después a temperaturas moderadas (período de acumulación de calor) (Lang et al., 1987). El cálculo de UF con el modelo de Vega et al. (1990), cuantificó mayor cantidad de UF que el modelo de Richardson et al. (1974), debido a la especificidad del modelo para regiones con clima templado de altura localizadas en latitudes tropicales y subtropicales (Figura 3). El 23/10/15 inició la acumulación de UF, y un día

**Cuadro 2.** Regímenes térmicos (UC) de fases fenológicas del ciruelo japonés cv. Methley.

| Fase fenológica | Crecimiento vegetativo (ramas) | Crecimiento Foliar | Abscisión Foliar | Ecoletargo     |
|-----------------|--------------------------------|--------------------|------------------|----------------|
| RT en 2015      | 1606.95                        | 2396.76            | 1177.35          | 360.8 - 479.9* |
| RT en 2016      | 1711.8                         | 2342.6             | 1220.4           | No calculado   |

\*La variación de UC se debió a que el ecoletargo lo provocó por una infección de roya.



**Figura 3.** Acumulación de UF de acuerdo a los modelos de Richardson et al. (1974) y de Vega et al. (1990).

antes del inicio del hinchamiento de yemas fueron acumuladas 182.03 U.F. La máxima acumulación de UF (235.8) sucedió el 20/02/16 y provocó el hinchamiento de yemas en todos los árboles; esta mayor cantidad de frío, coadyuvó a la actividad metabólica de yemas debido a mejor período de frío (Lang *et al.*, 1987). Ambos modelos cuantificaron 191.5 y 235.8 UF, que es un intervalo más exacto o acotado al reportado previamente (150-259) para el cultivar Methley (Arbor Day Foundation, 2016; SFGATE, 2016). Las UF cuantificadas con los métodos de Richardson *et al.* (1974) y de Vega *et al.* (1990) permiten rechazar la afirmación de Almaguer *et al.* (1987), en la cual, a través del cálculo de HF, aseguran que la prolongada duración de la floración (54-64 d) del cv. Methley en Texcoco, México, se debió a una inadecuada e insuficiente acumulación de frío. Además, la duración de la floración es afectada, en diversos grados, por la insolación (Tabuenca, 1965), portainjerto (Paunovic *et al.*, 1978), tipo de suelo (Westwood, 1978) y riego (Hewett y Young, 1980).

Empleando el modelo de Shaltout y Unrath (1983), o de Carolina del Norte, no fue cuantificado frío suficiente para la reanudación del crecimiento. Esto se debió a que el modelo tiene implícita la sustracción de 1.5-2 UF previamente acumuladas cuando hay  $T \geq 20.8$  °C durante 1 h, y  $T_{\text{máx}}$  diarias mayores a 20.8 °C son comunes en clima templado de altura en regiones intertropicales, debido al incremento de la oscilación térmica por efecto altitudinal.

El modelo de Carolina del Norte sustrajo mayor cantidad de UF que el modelo de Richardson *et al.* (1974), y la máxima cantidad UF fue

66 (obtenida incluso variando experimentalmente las fechas de inicio y término de acumulación de frío, buscando un mayor número de UF). Además, el periodo de acumulación de frío fue corto debido a la continua presencia  $T_{\text{máx}}$  diarias que interrumpían la previa acumulación de UF, y la teoría de estos modelos indica tener que reiniciar la cuantificación de UF una vez que ésta es interrumpida por días con acumulación negativa de UF.

Los modelos de latitudes templadas consideren restar UF previamente acumuladas ante la presencia de  $T \geq 16$  °C durante una hora, dada la baja probabilidad que esto suceda en dichas regiones. No debe pensarse que modelos de acumulación de UF creados para latitudes templadas son aplicables en cualquier lugar del orbe donde existen plantaciones de frutales caducifolias, idea que ha sido adoptada en la fruticultura mexicana hasta la fecha.

Se propone que en climas templados de altura situados en latitudes intertropicales sean empleados modelos de cálculo de UF regionalmente específicos (Vega *et al.*, 1990), que registran acumulación ininterrumpida y adecuada de UF para frutales, incluso, si hay  $T_{\text{máx}}$  diarias  $\geq 16$  °C durante endoletargo. La altitud a la cual fue realizado este estudio, es el límite inferior altitudinal para cultivar especies frutales caducifolias, dada la cantidad de UF cuantificadas y requeridas por cultivares calificados como 'de bajo requerimiento de frío'. El modelo de Vega *et al.* (1990) permitirá estudiar la afección a la acumulación de frío debido al cambio climático.

## CONCLUSIONES

**Se recomienda** emplear el tiempo fisiológico presentado en esta investigación para predecir las fases fenológicas y mejorar el manejo frutícola. La correcta realización del conteo y monitoreo de UF en zonas intertropicales con climas templados de altura, debe emplear modelos de cuantificación de UF con especificidad geográfica; modelos de cuantificación de frío de latitudes templadas empleados en latitudes intertropicales, debe ser reconsiderado en la fruticultura mexicana, y la promoción del empleo del modelo de Vega *et al.* (1990) en climas templados de altura de regiones intertropicales, mejorará el estudio y manejo del endoletargo.

## LITERATURA CITADA

- Agustí, M. (2004). Fruticultura. Ediciones Mundi-Prensa. Barcelona, España. p.p. 33, 62-63, 280-281, 284-285.
- Almaguer VG., Rodríguez AJ, Saucedo VC, Avitia EG. (1987). Caracterización de cuatro cultivares de ciruelo japonés, Methley, Shiro, Prune y Apple (*Prunus salicina* Lindl) en Chapingo, México. I. Evaluación fenológico y de auto e intercompatibilidad. *Agrociencia*, 68: 75-82.
- Arbor Day Foundation. (2016). Methley plum. *Prunus salicina*. Consultado 3/04/2016. Disponible: <https://www.arborday.org/trees/TreeGuide/TreeDetail.cfm?ItemID=907>
- Bellini E, Bini G. (1978). La fertilità nelle piante da frutto. Consiglio Nazionale Ricerdu. Regione Emilia-Romagna. Società Orticola Italian. Milano, Italian. p.p. 403-422.
- Brown PW. (2013). Heat Units. College of agriculture and life sciences. The university of Arizona. Tucson, Arizona. 1 p.
- Burgos LA. (1984). Fases fenológicas de cultivos tropicales y templados. Tirada Interna No. 3. Curso de Meteorología Agrícola (505). Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, México. p.p. 27-29.

- Chaar J, Astorga D. (2012). Determinación del requerimiento de frío y de calor en duraznero [*Prunus persica* (L.) Batsch.] mediante un modelo de correlación. *Revista de Investigaciones Agropecuarias* 38(3):289-298.
- Cobianchi D, Bergamini A, Cortesi A. (1989). El ciruelo. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. p.p. 40, 142-143
- De Fina AL, Ravello AC. (1973). Climatología y fenología agrícolas. EUDEBA. Buenos Aires, Argentina. p.p. 201-224.
- Fan S, Bielenberg D, Zhebentyayeva T, Reighard G, Okie W, Holland D, Abbott A. (2010). Mapping quantitative trait loci associated with chilling requirement, heat requirement and bloom date in peach (*Prunus persica*). *New Phytologist*, 185: 917-930.
- Fernández ER. (1996). Planificación y diseño de plantaciones frutales. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. p.p. 17, 22, 45.
- García E. (1988). Modificaciones al Sistema Climático de Köppen. 4ta ed. Instituto de Geografía. UNAM. 217 p.p.
- González, P. J. S., Quevedo, N. A., Becerril, R. A. E., Velasco, C. C., Jaén, C. D. (2018). Phenology of the japanese plum cv. methley grafted on myrobolan plum, in Texcoco, México. *Agroproductividad*, 11(10):33-41.
- Hewett WE, Young K. (1980). Water sprinkling to delay bloom in fruit trees. *New Zeland Journal of Agricultural Research*, 23: 523-528.
- Lang GA, Early JD, Martin GC, Darnell RL. (1987). Endo, para, and ecodormancy: Physiological terminology and classification for dormancy research. *Hortscience*, 22: 371-377.
- McMaster GS, Wilhelm WW. (1997). Growing degree-days: one equation, two interpretations. *Agricultural and Forest Meteorology*, 87(4): 291-300.
- Meier U. (1997). Growth stages of plants. Blackwell Wissenschaftsverlag, Berlin und Wien. 622 p.p.
- Mendoza LMR, Aguilar AL, Castillo OSF. (2004). Guayaba (*Psidium guajava* L.), su cultivo en el oriente de Michoacán. INIFAP. Campo experimental Uruapan. Folleto técnico No. 4. Uruapan, Michoacan. 49 p.p.
- Paunovic SA, Gaurilovic M, Ogauamoviu D. (1978). Some more important biological and economic properties of new cultivars and hybrids of plums obtained at the fruit research. *Acta Horticulturae*, 74: 143-153.
- Rahemi M, Pakkish Z. (2009). Determination of chilling and heat requirements of pistachio (*Pistacia vera* L.) cultivars. *Agricultural Science in China*, 8(7): 803-807.
- Richardson EA, Seeley SD, Walter DR. (1974). A model for estimating the completion of rest for «Redhaven» and «Elberta» Peach trees. *HortScience*, 9(4): 331-332.
- Rocha A, Salazar GS, Barcenas O, González D, Cossio VLE. (2011). Phenology of 'Hass' Avocado in Michoacán. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2(3): 303-470.
- Rohde A, Bhalerao R. (2007). Plant dormancy in the perennial context. *Trends in Plant Science*, 12(5): 217-223.
- SFGATE. (2016). The Chilling Requirements for a Methley Plum Tree. Consultado el 3 de abril de 2016. Disponible en: <http://homeguides.sfgate.com/chilling-requirements-methley-plum-tree-55867.html>
- Shaltout AD, Unrath CR. (1983). Rest completion prediction model for Starkrimson Delicious Apples. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 108(6): 957-961.
- Silva CF, Alonso HJ. (1976). El ciruelo. *Publicaciones de Extensión Agraria. Serie Técnica No. 54*. Madrid, España. p.p. 10-11, 40.
- Snyder RL, (1985). Hand calculating degree days. *Agricultural Forest Meteorology*, 35: 353-358.
- Tabuena MC, Herrero J. (1966). Influencia de la temperatura en la época de floración en frutales. *An. Aula Dei*. 8: 115-163.
- Trudgill DL, Honek A, Li D, Van Straalen NM. (2005). Thermal time – Concepts and utility. *Annals of Applied Biology*, 146(1): 1-14.
- Vega NR, Aceves N, Trujillo AJ, Arriaga RR. (1990). Generación y aplicación de modelos agroclimáticos a la fenología de la palomilla de la manzana *Cydia pomonella* L. (Lepidoptera: Tortricidae), en Canatlán, Durango. *Agrociencia*, 24: 89-100.
- Watada AE, Herner A, Kader RJ, Romani RJ, Staby GL. (1984). Terminology for the description of developmental stages of horticultural. *Crops. HortScience*, 19:20-21.
- Westwood NW (1978). *Temperature Zone Pomology*. Ed. Freeman Co. San Francisco, California, E.U.A. p.p. 184-188, 299-322.
- Yang S, Logan J, Coffey DL. (1995). Mathematical formulae for calculating the base temperature for growing degree days. *Agricultural and Forest Meteorology*, 74:61-74.



## Cultivation of three aromatic species in a vertical garden with two organic fertilizers

## Cultivo de tres especies aromáticas en un huerto vertical con dos abonos orgánicos

Ramos-González, Roberto<sup>1\*</sup>; Orozco-Almanza, María S.<sup>1</sup>; Monroy-Ata, Arcadio<sup>1</sup>, Rojas-Cortés, María de J.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México. Batalla del 5 de mayo S/N. Col. Ejército de Oriente. C.P. 09230 Ciudad de México.

\*Autor de correspondencia: roberto0804@live.com.mx

### ABSTRACT

**Objective:** It was analysed the establishment of purple basil (*Ocimum basilicum* var. *purpurascens* L. Benth.), oregano (*Origanum vulgare* L.) and chive (*Allium schoenoprasum* L.), in a vertical production system, using vermicompost (T1) and bocashi (T2) as organic fertilizers.

**Design/methodology/approach:** Two treatments (organic bocashi and vermicompost fertilizers) and one control (forest soil) were applied to plant cultures. For this, three walls were installed, each with a different substrate and with five individual plants per species. After, an Analysis of Variance was applied for the height and fresh aerial biomass and the means were compared by a Tukey test ( $p \leq 0.05$ ). Also, a Principal Components Analysis was carried out to evaluate the correlation between the nutrient concentration in each substrate and in aerial biomass of the plant species.

**Results:** The basil was functional in the vertical production system, where the highest productivity was obtained using bocashi fertilizer; likewise, chives were fitted for the vertical production system, growing better with vermicompost fertilizer than with the other treatments.

**Limitations of the study/implications:** Oregano was not fitted for the proposed vertical system because its root needs more soil volume, so oregano culture is not recommended for this production model.

**Findings/conclusions:** The organic culture of basil and chives can be fitted to the vertical production system. Results showed that basil had high biomass production using an organic fertilizer rich in nitrogen and calcium (bocashi), while chive had it using a fertilizer rich in phosphorus (vermicompost).

**Key words:** Basil, oregano, chive, vermicompost, bocashi.

### RESUMEN

**Objetivo:** Analizar el establecimiento de albahaca morada (*Ocimum basilicum* var. *purpurascens* L. Benth.), orégano (*Origanum vulgare* L.) y cebollín (*Allium schoenoprasum* L.) en un sistema de producción vertical, utilizando lombricomposta (T1) o bocashi (T2) como abonos orgánicos.

**Agroproductividad:** Vol. 12, Núm. 3, marzo, 2019. pp: 41-46.

**Recibido:** octubre, 2018. **Aceptado:** marzo, 2019.



**Diseño/metodología/aproximación:** Se aplicaron dos tratamientos (bocashi y lombricomposta) y un control (suelo forestal) a los cultivos de cada una de las especies. Para esto, se instalaron tres muros verdes (T1, T2 y testigo), cada uno con distinto sustrato y con cinco plantas por especie. Después, se realizó un análisis de varianza con los datos de altura y de biomasa húmeda aérea; las medias se compararon con la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). También, se realizó un análisis de componentes principales para evaluar la correlación entre la concentración de los nutrientes de cada sustrato y la biomasa aérea de las plantas por especie.

**Resultados.** La albahaca fue funcional en el sistema de producción vertical, obteniendo el mayor rendimiento al aplicar bocashi; de la misma manera, el cebollín se ajustó al sistema de producción vertical, creciendo mejor con lombricomposta que con los otros tratamientos.

**Limitaciones del estudio/implicaciones:** El orégano no se adaptó al sistema de producción propuesto debido a que su raíz requiere de un mayor espacio.

**Hallazgos/conclusiones:** Es factible cultivar plantas medicinales y aromáticas en sistemas de producción vertical; usando para la albahaca un abono orgánico con concentraciones altas de nitrógeno y potasio (bocashi), y para el cebollín un abono alto en fósforo (lombricomposta).

**Palabras clave:** Albahaca, orégano, cebollín, lombricomposta, bocashi.

Se evaluaron los abonos orgánicos bocashi y lombricomposta, a los cuales se les determinó su contenido nutrimental (N, P, K, Ca y Mg) (Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000). Se evaluaron tres tratamientos: 1) tierra de monte-lombricomposta-tezontle (1:1.1) (T1); 2) tierra de monte-bocashi-tezontle (1:1:1) (T2) y tierra de monte-tezontle (2:1) (Testigo).

Para cada tratamiento se utilizaron bolsas zapateras como sistemas verticales de producción. El tamaño del sistema fue de  $1.13 \times 0.42$  m con 20 cavidades de 1.5 L. Se cultivaron cinco plantas de cada especie por tratamiento utilizando plantones enraizados de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) de 10 cm de altura, bulbos de cebollín (*Allium schoenoprasum*) y esquejes (previamente enraizados) de orégano (*Origanum vulgare* L.), resultando en un total de 45 unidades experimentales. Los sistemas de producción se instalaron en una pared expuesta a la luz solar directa ( $6 \text{ h d}^{-1}$ ), con una orientación al oeste. Las especies se colocaron en las bolsas zapateras con un patrón diagonal, para evitar la competencia por luz.

### Biofertilización

Quincenalmente a cada planta se le aplicó, en forma alternada, 50 ml de lixiviado de lombricomposta y de microorganismos eficientes. Durante 225 días, se midió la altura de la albahaca y el orégano, y cuando éstas alcanzaron 25 cm de altura, se podaron para mantener una altura de 10 cm, y al mismo tiempo estimular el crecimiento lateral. En el cebollín se cuantificó el número de hojas. El rendimiento se calculó con la biomasa húmeda total por especie y tratamiento por  $\text{m}^2$ .

## INTRODUCCIÓN

En las grandes ciudades, generalmente las viviendas cuentan con espacios muy reducidos para el establecimiento de huertos. Los traspatios prácticamente han desaparecido y los habitantes sólo cuentan con las áreas verdes de camellones, banquetas y parques. Una alternativa, para crear espacios verdes bajo estas condiciones, es la implementación de huertos en pared, que permitan a las familias obtener alimento y otros beneficios como la mitigación del efecto de isla de calor, el mejoramiento de la calidad local del aire, la captura de  $\text{CO}_2$  y la gestión de residuos orgánicos (Manso y Castro 2015). Los muros verdes, que se encuentran en el mercado son costosos y, están diseñados para especies ornamentales, tal como helechos o suculentas, pero no para plantas aromáticas o medicinales, además de que no se manejan bajo principios de la agricultura orgánica. El objetivo de este trabajo fue caracterizar el efecto de dos abonos orgánicos (lombricomposta y bocashi) en el rendimiento de tres especies aromáticas y medicinales, en un sistema de huerto vertical, con el fin de generar un modelo de manejo para hogares ciudadanos con espacios reducidos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el Centro de Capacitación en Agricultura Urbana "Chimalxochipan" (CCAUCH) en el Campo II de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza de la Universidad Nacional Autónoma de México (FES-Zaragoza, UNAM), en la Delegación Iztapalapa de la Ciudad de México ( $19^\circ 22' 23.7'' \text{ N}$ ,  $99^\circ 02' 04.6'' \text{ O}$ ).

### Diseño y análisis estadístico

A las variables de biomasa húmeda total y altura, se les aplicó un análisis de varianza y, las medias se compararon por Tukey ( $p \leq 0.05$ ) (Programa estadístico NCSS, 2007 e INFOESTAT, 2016). También se aplicó un análisis de componentes principales (ACP) por especie (Correlación de Pearson) entre el peso húmedo y la concentración de macronutrientes (N, P, K, Ca y Mg) de los abonos orgánicos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Composición nutrimental de los abonos y de la tierra de monte

El bocashi (T2) y la lombricomposta, (T1), presentaron concentraciones de N, P, K, Ca altos y óptimos para el desarrollo de los cultivos, similares a lo reportado por Trinidad (1987) y Bautista-Cruz et al. (2014), pero con valores bajos de Mg. La tierra de monte presentó una concentración muy baja de nitrógeno, media de P, alta de K y Ca y muy alta de Mg (NOM-021-SEMARNAT-2000) (Cuadro 1).

### Crecimiento y potencial regenerativo después de la poda

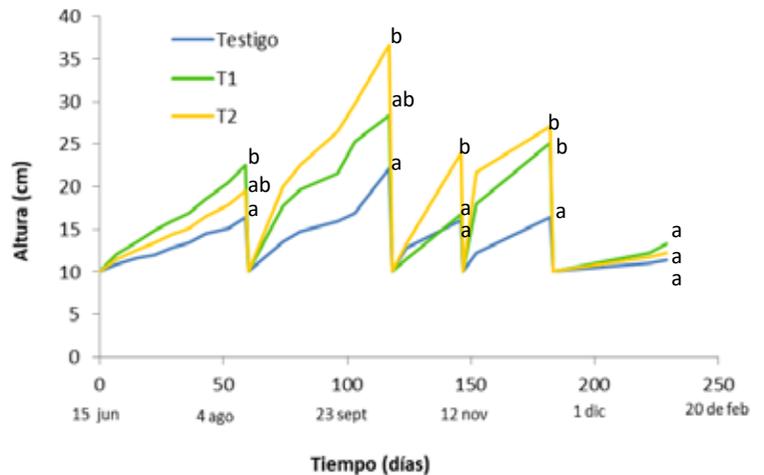
Las plantas de albahaca (*O. basilicum*) cultivadas con lombricomposta (T1) y bocashi (T2), alcanzaron mayores alturas después de las podas, en comparación con el testigo ( $p \leq 0.05$ ) (Figura 1). En los primeros 60 días el crecimiento fue lento, comparado con el crecimiento de los días posteriores y, a partir del día 182 después de la poda, se observó la disminución del potencial regenerativo (elongación de las ramas), tanto del testigo como de los tratamientos. En el día 222 las plantas presentaron síntomas de senescencia, alcanzando el fin de su ciclo de vida, lo cual coincide con lo reportado por Echeverry (1990) quien registró 257 días para las plantas obtenidas por semilla, y 205 días para las multiplicadas por esqueje.

### ACP, biomasa húmeda y rendimiento

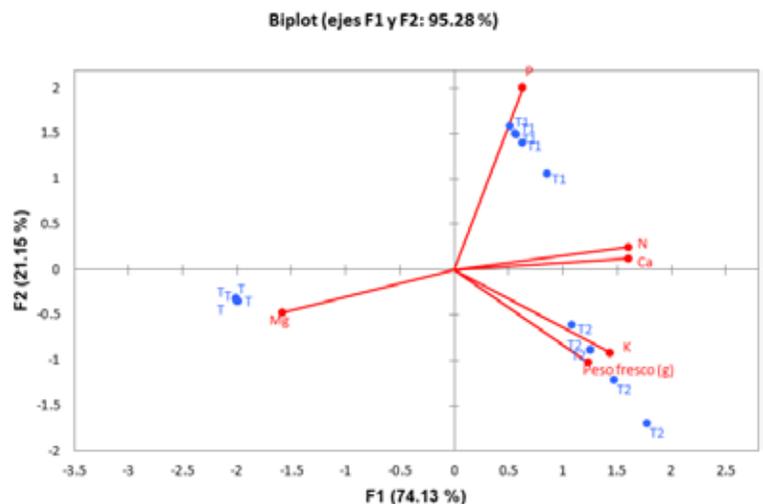
El análisis de componentes principales (ACP) explicó un 95% de la varianza y separó los trata-

mientos en función de la biomasa húmeda para cada tratamiento con relación al contenido de nutrientes de los abonos orgánicos (Figura 2).

Tanto el T1 como el T2 presentaron la mayor biomasa húmeda asociada a un mayor contenido de nitrógeno (N) y calcio (Ca) y a menor concentración de magnesio (Mg); sin embargo, el T2 presentó alto contenido de potasio (K), factor que pudo favorecer mayor biomasa



**Figura 1.** Crecimiento promedio de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) después de la poda. Literales distintas entre tratamientos indican diferencias significativas, Tukey ( $p \leq 0.05$ ). T1 sustrato con lombricomposta, T2 sustrato con bocashi.



**Figura 2.** Análisis de Componentes Principales (ACP) para biomasa húmeda de *O. basilicum*, y composición nutrimental de los abonos orgánicos.

**Cuadro 1.** Análisis nutrimental de los sustratos empleados.

|                 | N (%)    | P ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) | K ( $\text{Cmol}^+\text{kg}^{-1}$ ) | Ca ( $\text{Cmol}^+\text{kg}^{-1}$ ) | Mg ( $\text{Cmol}^+\text{kg}^{-1}$ ) |
|-----------------|----------|---------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Tierra de monte | 0.000045 | 10.07                     | 5.52                                | 65.66                                | 314.26                               |
| Lombricomposta  | 1.70     | 50.00                     | 51.90                               | 293.14                               | 4.90                                 |
| Bocashi         | 1.89     | 14.00                     | 131.51                              | 346.16                               | 0.08                                 |

de albahaca en el muro. López-Martínez *et al.* (2017) registraron que al aumentar la concentración de K se obtienen mayores rendimientos. El potasio es un elemento esencial para muchos procesos fisiológicos, tales como la fotosíntesis, la osmoregulación, turgencia celular, y la homeostasis en la célula vegetal (Mohd Zain e Ismail, 2016), mientras que niveles óptimos de nitrógeno tienden a promover una rápida división y elongación celular (Alcántar-González, 2009).

El rendimiento de albahaca en el T2 en el sistema de muro, fue de 5.29 kg m<sup>-2</sup>, valor superior a lo reportado por Juárez Rosete *et al.* (2013) (0.82 kg m<sup>-2</sup> en suelo) y Moncayo-Lujan *et al.* (2015) (0.56 a 0.90 kg planta<sup>-1</sup> en macetas bajo condiciones de invernadero con soluciones nutritivas de composta y vermicomposta), por lo que se puede recomendar su cultivo en este sistema (Cuadro 2).

### Orégano

Para el caso del orégano (*O. vulgare*) tanto el testigo como las plantas del T1 y T2 mostraron una respuesta muy variable en su crecimiento (Figura 4) por lo que no se detectaron diferencias significativas entre tratamientos. El promedio de longitud máximo alcanzado por las ramas fue de 24 cm y se obtuvo, tanto en las plantas del T1 como en el T2, el valor es cercano al reportado por Davidenco *et al.* (2012), quienes lograron longitudes de 27 a 28 cm. Aún con la variabilidad de respuesta en los tratamientos y el testigo, las plantas cultivadas con lombri-

| Cuadro 2. Atributos de la albahaca ( <i>Ocimum basilicum</i> L. var. <i>purpurascens</i> ). |                   |                                 |   |
|---|-------------------|---------------------------------|---|
| Tratamiento   | Supervivencia (%) | Biomasa húmeda promedio n=5 (g) | Rendimiento promedio n=5 (kg m <sup>2</sup> ) |
| Testigo   | 100               | 13.62±2.04 b                    | 0.59±0.07 b                                   |
| T1  | 100               | 53.48±30.1 b                    | 2.32±1.00 b                                   |
| T2  | 100               | 121.66±60.54 a                  | 5.29±2.01 a                                   |

Literales distintas entre columnas indican diferencias significativas (p≤0.05).

composta y bocashi se recuperaron mejor después de la poda, no así las plantas del testigo (Figura 3).

Aunque no se detectaron diferencias en la biomasa entre los tratamientos aplicados, el ACP indicó que la biomasa húmeda del orégano se relacionó de forma significativa con el Mg, N y Ca, pero no con el K ni el P (Figura 4). La mayor concentración de N y Ca de T2 y T1, así como las menores concentraciones de Mg, pudieron favorecer el desarrollo de la biomasa. En otros estudios se ha reportado que una mayor concentración de nitrógeno favorece la producción de biomasa de orégano (Azizi *et al.*, 2009; Said-Al Ahl *et al.*, 2009), debido a los efectos positivos del nutriente, tanto en la activación de la fotosíntesis, como en los procesos metabólicos de los compuestos orgánicos que a su vez, estimulan el crecimiento vegetativo.

La tierra de monte usada para la elaboración del sustrato presentó una elevada concentración de Mg (Cuadro 1), elemento que afectó de manera especial al orégano, ya que los esquejes utilizados eran recientes, con un sistema radicular joven; sin embargo, al mezclar la tierra de monte con lombricomposta o bocashi, ricos en calcio, se favoreció la mayor asimilación de este elemento, que se reflejó en mejor desarrollo, aunque muy variable. El calcio cumple diversas funciones como, reforzar las membranas y paredes celulares, favorecer la división y extensión celulares, la modulación de las acciones hormonales y el crecimiento radicular (Díaz, 2007). Es importante resaltar que, el orégano a diferencia de la albahaca, desarrolla un sistema radical más amplio, que se ve limitado por el espacio del contenedor.

El 100% de supervivencia en el muro fue sólo para las plantas del T1, mientras que, el T2 y el testigo registraron 67 y 71.4 % respectivamente (Cuadro 3). La biomasa húmeda cosechada fue muy baja, dando un rendimiento máximo de

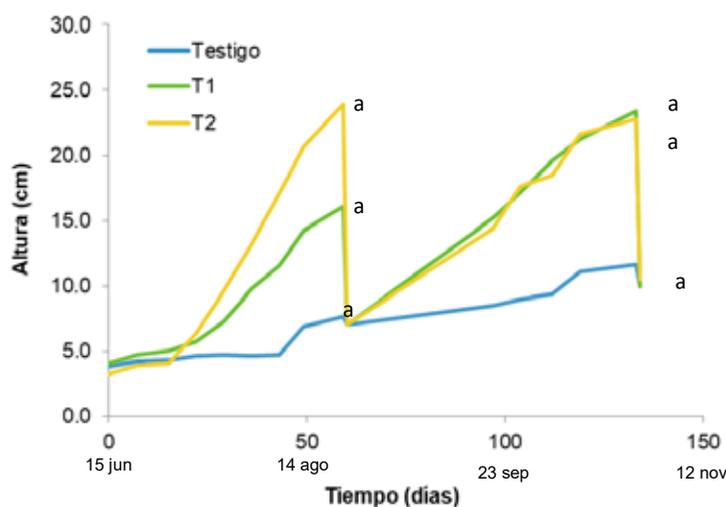
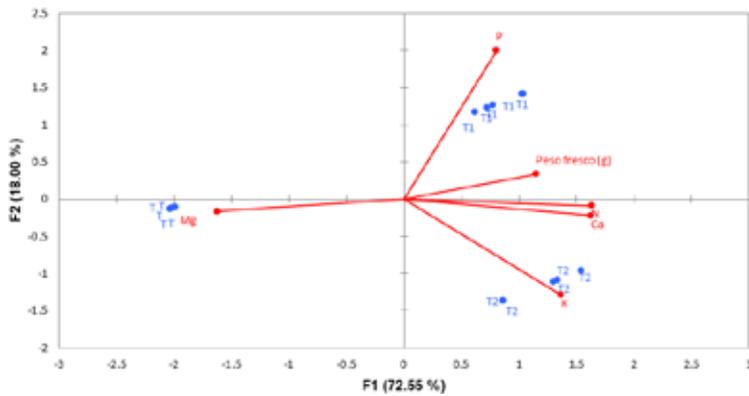


Figura 3. Crecimiento promedio de plantas de orégano (*Origanum vulgare* L.) después de podas. Literales distintas en cada poda indican diferencias significativas, Tukey (p≤0.05), entre tratamientos. T1 sustrato con lombricomposta, T2 sustrato con bocashi.



**Figura 4.** Análisis de Componentes Principales (ACP) para biomasa húmeda de orégano (*Origanum vulgare* L.) y composición nutricional de los abonos orgánicos.

**Cuadro 3.** Atributos de Orégano (*Origanum vulgare* L.)

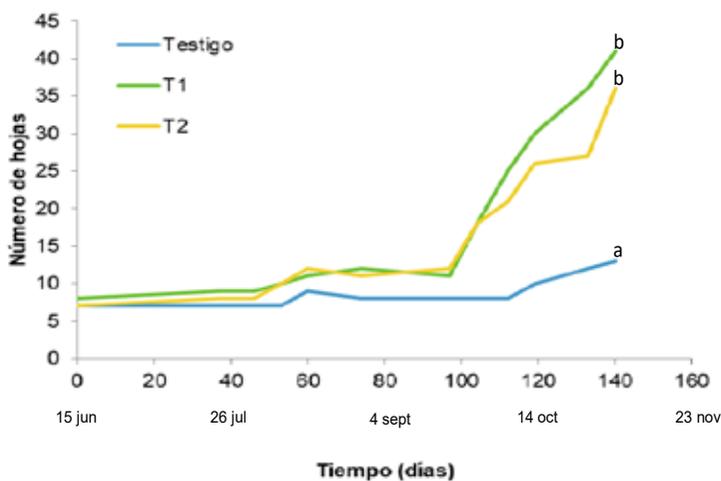
| Tratamiento | Supervivencia (%) | Peso húmedo promedio n=5 (g) | Rendimiento promedio (kg m <sup>2</sup> ) |
|-------------|-------------------|------------------------------|---|
| Testigo     | 71.40             | 0.42±0.41 a                  | 17.69±17.39 a                             |
| T1          | 100.00            | 6.16±3.58 a                  | 259.58±150.93 a                           |
| T2          | 67.00             | 6.06±5.81 a                  | 255.00±245.06 a                           |

Literales distintas en la columna indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) entre tratamientos.

**Cuadro 4.** Atributos del cebollín (*Allium schoenoprasum* L.).

| Tratamiento | Supervivencia (%) | Peso fresco promedio por contenedor n=5 (g) | Rendimiento promedio (kg m <sup>2</sup> ) |
|-------------|-------------------|---|---|
| Testigo     | 100               | 1.94±0.34 b                                 | 0.082±0.01 b                              |
| T1          | 100               | 4.56±1.67 a                                 | 0.192±0.07 a                              |
| T2          | 100               | 2.54±0.76 b                                 | 0.110±0.03 b                              |

Literales distintas en la columna indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ), entre tratamientos.



**Figura 5.** Número de hojas promedio de cebollín (*Allium schoenoprasum* L.). Literales distintas entre tratamientos indican diferencias significativas, Tukey ( $p \leq 0.05$ ). T1 sustrato con lombricomposta, T2 sustrato con bocashi.

0.426 kg m<sup>-2</sup>, valor mucho menor al reportado por Burgos et al. (2016) que fue de 0.7 hasta 1.3 kg m<sup>-2</sup> al aplicar urea.

### Cebollín (*Allium schoenoprasum* L.)

Tanto el tratamiento con lombricomposta como el de bocashi, registró un mayor número de hojas en las plantas (41 y 36 respectivamente), en comparación con el testigo al día 140 después del trasplante (Figura 5). En los meses de junio a septiembre el número de hojas se mantuvo entre 10 y 12, posteriormente se presentó un aumento en su número hasta el mes de noviembre, situación que pudo verse favorecida por la disminución de la temperatura (18 °C mínima).

El ACP (Figura 6) explicó el 95.36% de la varianza en función de la biomasa húmeda y las concentraciones nutrimentales de los abonos orgánicos. La mayor biomasa húmeda en el T1 (Cuadro 4), se explica por mayor concentración de fósforo disponible, en comparación con el testigo y el T2 que presentaron menores concentraciones (Cuadro 1). Estos resultados coinciden con lo reportado por Bernal et al. (2008), quienes observaron que el fósforo es un macronutriente importante para el desarrollo del cebollín, además de que altas concentraciones de Mg disminuyen el número y biomasa húmeda de hojas.

El rendimiento alcanzado por esta especie fue inferior (Cuadro 4), en comparación con lo reportado para cultivos en suelo (220 a 850 g m<sup>-2</sup>) (Villegas-Espinoza et al., 2013, Juárez-Rosete, 2013), lo cual fue resultado de las características de los bulbos del cebollín, ya que se multiplican de manera radial, y el tamaño del recipiente puede ser limitante para lograr mayor producción (Figura 7). Una alternativa es cosechar las hojas, y los bulbos, dejando únicamente los más jóvenes en el sistema vertical, para producciones posteriores.

## CONCLUSIONES

Las tres especies evaluadas se pueden cultivar en sistemas de producción vertical con un rendimiento diferencial, pero suficiente para el consumo de una familia pequeña. Sin embargo, la albahaca es la

especie con mayor funcionalidad en el sistema de producción vertical, al utilizar bocashi como abono orgánico rico en N, K y Ca. El orégano y el cebollín se ven limitados en su desarrollo por el tamaño del contenedor. El orégano requiere de abonos orgánicos ricos en N y Ca para la producción de altos rendimientos, mientras que el cebollín requiere de abonos orgánicos ricos en fósforo. El magnesio en grandes cantidades en el sustrato puede limitar el crecimiento para las tres especies.

### LITERATURA CITADA

Alcántar-González G. y Trejo-Téllez L.I. (eds.) (2009). Nutrición de Cultivos. Ed. Mundi-Prensa, México, D.F. 454 p.

Azizi A., Yan F., Honermeier B. 2009. Herbage yield, essential oil content and composition of three oregano (*Origanum vulgare* L.) populations as affected by soil moisture regimes and nitrogen supply. *Industrial Crops and Products* 29:554-561.

Bautista-Cruz A., Cruz, G., Rodríguez-Mendoza, M. 2015. Efecto del bocashi y fertilizantes de liberación lenta en algunas propiedades de suelos con maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 6(1): 217-222.

Bernal D., Morales L., Fischer G., Cuervo J. y Magnitskiy S. 2008. Caracterización de las deficiencias de macronutrientes en plantas de cebollín (*Allium schoenoprasum* L.). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* 2 (2) 192-204.

Burgos, A., Schroeder M. y Cañete-García M. 2016. Producción de orégano (*Origanum* sp) con fertilización nitrogenada en suelos arenosos de Corrientes. *Agrotecnia* 24:5-10

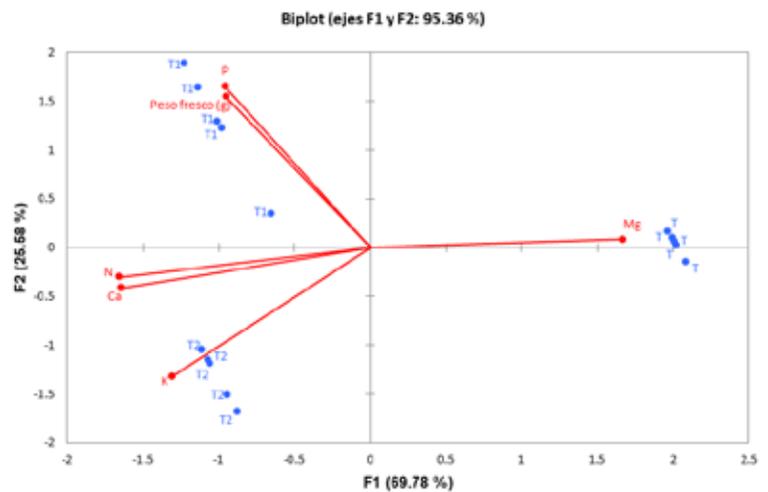
Davidenco V., Vega C. y Argüello J. 2012. Respuesta fotoperiódica en *Origanum vulgare* ssp. vulgare y ssp. hirtum letsw.: impacto sobre su desarrollo y crecimiento. *Rev. Fac. Cienc. Agrar.* 44(1):1-12.

Diario Oficial de la Federación. NOM-021-RECNAT-2000. Establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreos y análisis. DOF 31 de diciembre del 2002.

Díaz A., Cayón G. y Mira J.J. 2007. Metabolismo del calcio y su relación con la "mancha de madurez" del fruto del banano. Una revisión *Agronomía Colombiana* 25(2): 280-287.

Juárez-Rosete, C., Aguilar-Castillo J., Juárez-Rosete M., Bugarín-Montoya R., Juárez-López P., Cruz Crespo E. (2013). Hierbas aromáticas y medicinales en México: tradición e innovación. *Revista Bio Ciencias* 2(3), 119-129 (2013).

Manso M. and Castro-Gomes J. 2015. Green Wall systems: A review of their characteristics. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 41, 863-871.



**Figura 6.** Análisis de Componentes Principales (ACP) para biomasa húmeda y composición nutricional de los abonos orgánicos.



**Figura 7.** Muro con albahaca (*O. basilicum*), orégano (*O. vulgare*) y cebollín (*A. schoenoprasum*) en el día 103 de cultivo.

Moncayo-Luján M., Álvarez V., González G., Salas L. y Chávez J. 2015. Producción orgánica de albahaca en invernadero en la Comarca Lagunera. *Terra Latinoamericana* 33(1). 69-77.

Said-Al Ahl H., Hasnaa A., Ayad & Hendawy S. 2009. Effect of potassium humate and nitrogen fertilizer on herb and essential oil of oregano under different irrigations intervals. *Journal of Applied Sciences* 23: 319-323.

Villegas-Espinoza J.A., Aguilar García, M., Briseño-Ruiz, S.E., Sosa y Silva Carballo, R.A. 2013. Guía para el cultivo de cebollín. Edit. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. La Paz, Baja California Sur, México. 24 p.

# Arbuscular mycorrhizal fungi and vermicompost on papaya (*Carica papaya* L.) plant growth in greenhouse

## Hongos micorrizicos arbusculares y vermicomposta en el crecimiento de papaya (*Carica papaya* L.) en invernadero

Quiñones-Aguilar, Evangelina E.<sup>1</sup>; Rincón-Enríquez, Gabriel<sup>1</sup>; López-Pérez, Luis<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, Unidad de Biotecnología Vegetal. Camino el Arenero 1227, 45019. Zapopan, Jalisco, México. <sup>2</sup>Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Km. 9.5, Carretera Morelia-Zinapécuaro, 58880. Tarimbaro, Michoacán, México.

\*Autor de correspondencia: lexquilax@yahoo.com.mx

### ABSTRACT

**Objective:** To evaluate arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) inoculation and the application of vermicompost (V), on papaya (*Carica papaya* L.) plant growth in greenhouse.

**Design/methodology/approach:** *Rhizophagus intraradices* (RI), a Barranca de las Nueces (BN) native consortium and without AMF with three proportions of vermicompost in the substrate (0, 1 and 10% v/v), were evaluated using a completely randomized bifactorial design. After 90 days of establishment, variables of plant growth and mycorrhizal colonization were recorded. A variance analysis and Tukey test ( $P \leq 0.05$ ) of data were made.

**Results:** A significant effect of the vermicompost factor and the interaction of the factors (AMF×V) was found. The largest size of the plants with the highest proportion of vermicompost was recorded. The highest colonization was achieved with the BN inoculum. Regarding the interaction, it was found that the growth of the plants was greater as the vermicompost increased, but this was affected by the AMF inoculum.

**Limitations on study/implications:** No significant effect of the inoculum factor on the growth of the plants was found and the application of vermicompost to the substrate limits the AMF plant growth promoting.

**Findings/conclusions:** The growth of papaya plants was favored by inoculation with AMF, but is determined by the amount of organic matter present in the substrate. High concentrations of vermicompost limit the benefit that mycorrhiza can contribute to the growth of papaya in greenhouse.

**Keywords:** Biopromotion, organic fertilizer, mycorrhization, native consortium.

### RESUMEN

**Objetivo:** Evaluar la inoculación con Hongos Micorrizicos Arbusculares (HMA) y aplicación de vermicomposta (V), en el crecimiento de plantas de papaya (*Carica papaya* L.) en invernadero.

**Diseño/metodología/aproximación:** Se estableció un diseño bifactorial completamente al azar, y se evaluó a *Rhizophagus intraradices* (RI), un consorcio nativo Barranca de las Nueces (BN) y sin HMA con tres proporciones de vermicomposta en el sustrato (0, 1 y 10% v/v). A los 90 d del establecimiento, se registraron variables de crecimiento de las plantas y la colonización micorrizica. A los datos se les realizó un análisis de varianza y pruebas de comparación de medias ( $P \leq 0.05$ ).

**Resultados:** Se encontró efecto significativo del factor vermicomposta y de la interacción de los factores (HMA×V). Se registró el mayor tamaño de las plantas a mayor proporción de vermicomposta. Se alcanzó la mayor colonización con el inóculo BN. Respecto a la interacción, el crecimiento de las plantas fue mayor a medida que se incrementó la vermicomposta, pero fue afectado por el inóculo de HMA.

**Limitaciones del estudio/implicaciones:** No se obtuvieron efectos significativos del factor inóculo en el crecimiento de las plantas; y la aplicación de vermicomposta al sustrato limita el efecto promotor de crecimiento de los HMA.

**Hallazgos/conclusiones:** El crecimiento de plantas de papaya es favorecido por la inoculación con HMA, pero es determinado por la cantidad de materia orgánica presente en el sustrato. Altas concentraciones de vermicomposta, limitan el beneficio que la micorriza puede aportar en el crecimiento de la papaya en invernadero.

**Palabras Clave:** Biopromoción, abono orgánico, micorrización, consorcio nativo.

## INTRODUCCIÓN

**La papaya** (*Carica papaya* L), es un cultivo de importancia agrícola a nivel nacional pues es una fruta de alta demanda; por lo que es importante desarrollar tecnología para incrementar el crecimiento de la planta tanto en condiciones de vivero como de campo, que garanticen plantas sanas y altamente productoras. Es conocido el efecto promotor del crecimiento que tienen los hongos micorrízicos en la mayoría de las plantas cultivadas, y también que, la papaya es una planta altamente dependiente de la micorrización para su crecimiento y desarrollo (Quiñones *et al.*, 1998). La vermicomposta es considerada como un material idóneo para la propagación de plantas ya que aporta nutrientes y mejora las propiedades físicas y químicas de los sustratos de propagación (López-Moctezuma *et al.*, 2005). Existen diferentes trabajos donde se evalúan diferentes condiciones nutricionales del medio de crecimiento de las plantas, en combinación con inóculos micorrízicos. Los resultados muestran efectos contradictorios sobre el efecto simple y combinado de estos factores (Quiñones *et al.*, 1998, 2014, 2015). Las contradicciones en estos resultados, pueden ser por el tipo de inóculo utilizado (generalmente monoespecíficos), y el tipo de abastecimiento nutricional (orgánico o químico). Por lo que en este trabajo se planteó evaluar el efecto de hongos micorrízicos arbusculares y vermicomposta, en el crecimiento y colonización micorrízica de plantas de papaya en invernadero.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se desarrolló en un invernadero tipo cenital de plástico, del Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (19° 45' 95" N, 101° 09' 16" O, y 1900 m de altitud), bajo condiciones de luminosidad, temperatura y humedad ambiental. Se evaluó el tipo de Hongo Micorrízico Arbuscular (HMA) y la adición de vermicomposta al sustrato de crecimiento (arena de río). Los HMA evaluados fueron, un producto comercial a base de *Rhizophagus intraradices*

y un consorcio nativo denominado Barranca de las Nueces, obtenido de plantaciones de agave del estado de Michoacán (Trinidad-Cruz *et al.*, 2017); el cual ha mostrado efectividad en la promoción de crecimiento en varios cultivos (Reyes-Tena *et al.*, 2015; 2016). Las diferentes proporciones de vermicomposta evaluadas fueron 0, 1 y 10% v/v. Estas mezclas fueron utilizadas como sustrato para el crecimiento de las plantas de papaya.

## Características del sustrato

La arena fue de textura franco arenosa, pH 6.6, 1.2% de materia orgánica, 5 mg kg<sup>-1</sup> de nitrógeno en forma de amonio, 13 mg kg<sup>-1</sup> de fósforo, 38 mg kg<sup>-1</sup> de potasio y 218 mg kg<sup>-1</sup> de calcio. La vermicomposta tenía un pH 7.6, materia orgánica superior al 50%, 1% de nitrógeno total, 0.3% de fósforo, 1.1% de potasio, 1.6% de calcio. Las mezclas que se generaron se esterilizaron (120°C/1.05464 kg cm<sup>-2</sup>/3 h), con la finalidad de eliminar los microorganismos presentes.

## Establecimiento, inoculación y manejo de plantas en el invernadero

Plantas de papaya germinadas en sustrato estéril que presentaban un tamaño similar y las primeras dos hojas verdaderas, se trasplantaron a bolsas de plástico negra para vivero llenas con 2 kg de las diferentes mezclas de arena y vermicomposta. Al momento del trasplante, se realizó la inoculación con los diferentes inóculos de HMA evaluados; para esto, se hizo una cavidad en el centro de la bolsa donde se colocó la planta y se aplicó el inóculo directamente a la raíz. La cantidad de inóculo que se aplicó fue de 80 esporas de HMA. Las plantas que no fueron inoculadas, al momento del

trasplante se les aplicó 50 g de arena estéril para que tuvieran la misma manipulación que las inoculadas. Una vez establecido el experimento, las plantas se mantuvieron en invernadero y el manejo consistió únicamente en proporcionar riegos con agua des ionizada, cada vez que fuera necesario para mantener el sustrato a capacidad de campo.

Se estableció un diseño bifactorial completamente al azar con los inóculos de HMA: *Rhizophagus intraradices* (RI), consorcio nativo Barranca de las Nueces (BN) y sin HMA; y tres proporciones de vermicomposta adicionada al sustrato (0, 1 y 10% v/v). Se generaron nueve tratamientos y cada uno se repitió seis veces. La unidad experimental fue una bolsa con una planta de papaya. Las variables respuesta se analizaron mediante un análisis de varianza factorial, considerando cada factor independiente además de la interacción a un nivel de significancia de  $P < 0.05$ . Se realizó una prueba de separación de medias con la prueba de Tukey ( $P < 0.05$ ); todos los análisis se realizaron utilizando el paquete estadístico Statgraphics Centurion v. XV (StatGraphics, 2005).

### Variables

A los 90 d después del trasplante, se registró la altura de planta (AP, con una regla graduada en cm); diámetro del tallo (DT, medido en mm con un vernier en la base del tallo); volumen de raíz (VR, en  $\text{cm}^3$  por volumen desplazado); área foliar (AF, determinado en  $\text{cm}^2$  con un integrador de área foliar LI-3100); peso seco total (PST, secado en estufa a 72 °C hasta peso constante y expresado en g). Así mismo, se determinó el porcentaje de colonización micorrízica (PCM), para lo cual una muestra de raíz de cada planta (5 g), fueron clareadas y teñidas mediante una combinación de las técnicas propuestas por Phillips y Hayman (1970). Para estimar el PCM se utilizó la técnica propuesta por Mc.Gonigle et al. (1990).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Efecto de la inoculación con HMA, vermicomposta y su interacción, en el crecimiento de plantas de Papaya

Para el tipo de inóculo, no se encontró efecto significativo, sobre las variables de crecimiento a los 90 d después del trasplante (Cuadro 1). En promedio las plantas alcanzaron una altura 12 cm, un área foliar  $47 \text{ cm}^2$  y peso seco total de 1.4 g.

A pesar de que no se encontró diferencia en el crecimiento de las plantas entre los inóculos, los mayores valores

en las variables de crecimiento evaluadas se encontraron donde no se inoculó con HMA. Esta falta de respuesta en el crecimiento por efecto de la inoculación, se ha reportado en varios trabajos. Quiñones et al. (2015), encontraron que plantas de papaya inoculadas con diferentes especies de HMA, mostraron un crecimiento similar o menor, en algunas variables que en plantas sin micorrizar. La falta de respuesta en el crecimiento por los HMA, puede deberse a diversos factores entre los cuales uno podría ser la especificidad hongo-planta (Sharda et al., 2010), tiempo de colonización de las plantas (Bitterlich et al., 2018), o la presencia de materia orgánica en el sustrato. Al respecto Quiñones et al. (1998) reportan un incremento en el crecimiento del 1000% en papayas inoculadas con *Glomus* sp. Zac-2 y *Gl. aggregatum* (Schenck & Smith) FS-39, cultivadas en un sustrato enriquecido con humus de pulpa de café. Sin embargo, cuando la fuente de materia orgánica del sustrato fue cachaza de caña, no registró efecto de la micorrización en el crecimiento de las plantas. Los resultados sugieren que la adición de materia orgánica al sustrato, tiene una fuerte influencia en el crecimiento de las plantas independientemente de que se encuentren micorrizadas; ya sea por la mayor disponibilidad de nutrientes que aportan, o en la mejora de las propiedades físicas del sustrato (Vieira-Neto, 1995; Costa & Martin, 2018). A pesar de que no se encontró un aparente beneficio en el crecimiento de las papayas micorrizadas, la asociación simbiótica que se estableció puede resultar benéfica en otros aspectos, tales como mayor velocidad de absorción de nutrientes, mayor resistencia a factores abióticos como sequías (Augé, 2001) y bióticos como el control contra diferentes fitopatógenos (Kapoor, 2008; Al-Askar y Rashad, 2010), que al momento del trasplante de las plantas de vivero a campo pueda resultar en mayor éxito de supervivencia a las nuevas condiciones de crecimiento.

Para el factor dosis de vermicomposta se encontró efecto significativo en todas las variables evaluadas. El mejor crecimiento de las plantas de papaya, fue con 10% de vermicomposta en el sustrato, y disminuyó conforme la proporción de ésta fue menor (Cuadro 1). Para las variables AP, DT y LR, no hubo diferencia significativa entre la proporción de 1 y 10%; sin embargo, para AF, VR y PST si hubo diferencia significativa entre dosis. En las plantas donde no se aplicó vermicomposta se observó en menor crecimiento de las plantas, incluso se presentaron problemas de supervivencia en algunas unidades experimentales (datos no mostrados). Resultados similares por la adición de materia orgánica al sustrato han

**Cuadro 1.** Efecto de los factores evaluados y su interacción, sobre el crecimiento de plantas de papaya (*Carica papaya* L.) a 90 días después del trasplante.

| Factor  | Variables de crecimiento |           |           |                 |                 |         |
|---------|--------------------------|-----------|-----------|-----------------|-----------------|---------|
|         | AP                       | DT        | LR        | AF              | VR              | PST     |
|         | cm                       | mm        | cm        | cm <sup>2</sup> | cm <sup>3</sup> | g       |
| Sin HMA | 13.2 a                   | 0.68 a    | 14.9 a    | 57.5 a          | 8.7 a           | 1.7 a   |
| RI      | 11.1 a                   | 0.61 a    | 11.5 a    | 56.8 a          | 8.3 a           | 1.2 a   |
| BN      | 12.6 a                   | 0.64 a    | 12.5 a    | 30.4 a          | 4.5 a           | 1.3 a   |
| V (%)   |                          |           |           |                 |                 |         |
| 0       | 7.9 b                    | 37.4 b    | 6.7 b     | 6.3 c           | 0.9 c           | 0.2 c   |
| 1       | 13.3 a                   | 68.5 a    | 13.5 a    | 37.9 b          | 5.5 b           | 1.0 b   |
| 10      | 14.1 a                   | 79.9 a    | 16.6 a    | 92.5 a          | 14.7 a          | 2.8 a   |
| HMA×V   |                          |           |           |                 |                 |         |
| S / HMA |                          |           |           |                 |                 |         |
| 0       | 7.1 d                    | 31.9 e    | 6.3 c     | 6.7 c           | 0.4 b           | 0.1 c   |
| 1       | 13.3 abc                 | 65.4 abcd | 12.2 abc  | 31.8 c          | 5.6 b           | 1.2 abc |
| 10      | 16.1 a                   | 89.7 a    | 19.8 a    | 118.9 a         | 16.0 a          | 2.8 a   |
| RI      |                          |           |           |                 |                 |         |
| 0       | 7.4 d                    | 37.2 de   | 5.3 c     | 3.0 c           | 1.1 b           | 0.2 c   |
| 1       | 14.5 ab                  | 81.0 ab   | 11.62 abc | 44.8 abc        | 6.8 b           | 1.0 abc |
| 10      | 11.4 bcd                 | 68.0 abc  | 17.6 ab   | 109.8 ab        | 16.9 a          | 2.5 ab  |
| BN      |                          |           |           |                 |                 |         |
| 0       | 9.9 cd                   | 43.6 de   | 9.3 abc   | 12.9 c          | 1.3 b           | 0.3 c   |
| 1       | 12.1 abc                 | 59.0 cde  | 13.8 abc  | 39.8 bc         | 4.5 b           | 0.7 c   |
| 10      | 14.5 ab                  | 79.9 ab   | 12.5 abc  | 31.8 c          | 7.9 b           | 2.9 a   |

HMA, Hongo Micorrízico Arbuscular; RI, *Rhizophagus intraradices*; BN, Barranca de las Nueces, V, vermicomposta; AP, altura de planta; DT, diámetro de tallo; LR, longitud de raíz, AF, área foliar; VR, volumen de raíz, PST, peso seco total. Letras diferentes en columnas indican diferencia significativa (Tukey<0.05).

sido reportados por Quiñones *et al.* (2014). Este menor crecimiento en las plantas pudo ser debido a que fueron establecidas en un medio pobre en nutrientes. Por otro lado, se sabe que, en etapas tempranas de crecimiento, es indispensable que las plantas cuenten con una adecuada disponibilidad de nutrientes en el medio de cultivo para potencializar su desarrollo (Taiz y Zeiger, 2007). Cuando se analizó la interacción del inoculo de HMA y la proporción de vermicomposta aplicada al sustrato, se encontró que, para todas las variables de crecimiento evaluadas, hubo efecto significativo (Cuadro 1). A pesar de haber resultado significativa la interacción entre los factores evaluados,

los datos mostraron un efecto más determinante por la proporción de vermicomposta en el sustrato que de la inoculación con los HMA, ya que para la mayoría de las variables evaluadas en cada uno de los inóculos tienden a incrementar su valor a media que aumentó la proporción de vermicomposta. Sin embargo, se puede observar que los valores de todas las variables evaluadas en plantas de papaya inoculadas con el consorcio BN y sin vermicomposta, resultaron ser en promedio un 40% mayor, respecto a los valores de plantas que crecieron en un sustrato sin vermicomposta y sin HMA. Los mayores valores en las variables de crecimiento se encontraron en las plantas que crecieron en el sus-

trato con la mayor proporción de vermicomposta y sin HMA, aunque no hubo diferencias significativas respecto a las plantas que crecieron en el mismo medio de crecimiento y con inoculación de HMA.

En LR, AF y VR, se encontró un efecto negativo de la inoculación con HMA pues disminuyó su valor con la proporción de 10%, resultando significativa esta disminución en plantas inoculadas con el consorcio BN donde para el AF, la disminución fue de 73% y para VR del 50% respecto a plantas sin micorrización y con la misma proporción de vermicomposta en su medio de crecimiento. En trabajos previos, se han encontrado efectos similares en papaya



- fungi for rapid assessment to infection. Transactions of the British Mycological Society 55: 158-161.
- Quiñones-Aguilar, E.E., Trejo-Aguilar, D., Aguas-Rendón, T., Ferrera-Cerrato, R., & González-Chávez, M.C. (1998). Hongos endomicorrízicos arbusculares y diferentes sustratos en el crecimiento de plantas de papaya (*Carica papaya* L.) en vivero. pp. 126-140. In: Zulueta, R.R., Escalona, M.A., & Trejo-Aguila, D. (eds.). Avances de la investigación micorrízica en México. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz.
- Quiñones-Aguilar, E.E., Hernández-Acosta, E., Rincón-Enríquez, G., & Ferrera-Cerrato, R. (2012). Interaction of arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus fertilization in papaya. Terra Latinoamericana 30: 165-176.
- Quiñones-Aguilar, E.E., López-Pérez, L., Hernández-Acosta, E., Ferrera-Cerrato, R., & Rincón-Enríquez, G. (2014). Simbiosis micorrízica arbuscular y fuentes de materia orgánica en el crecimiento de *Carica papaya* L. Interciencia. 39(3): 198-204.
- Quiñones-Aguilar, E.E., Rincón-Enríquez, Gabriel., Hernández-Cuevas, L., & López-Pérez, Luis. (2015). Influence of arbuscular mycorrhizal fungi and nitrogen concentrations on *Carica papaya* plant growth. International Journal of Agriculture & Biology. 17: 119-126.
- Reyes-Tena, A., López-Pérez, L., Quiñones-Aguilar, E.E., & Rincón-Enríquez, G. (2015). Evaluación de consorcios micorrízicos arbusculares en el crecimiento vegetal de plantas de maíz, chile y frijol. Biológicas 17(2): 35-42.
- Reyes-Tena, A., Quiñones-Aguilar, E.E., Rincón-Enríquez, G., & López-Pérez, L. (2016). Mycorrhizae in *Capsicum annum* L. to promote growth and biosecurity against *Phytophthora capsici* L. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 7(4): 857-870.
- Sharda, W.K., Rodrigues, B.F., & Sharma, P.K. (2010). Arbuscular mycorrhizal status and root phosphatase activities in vegetative *Carica papaya* L. varieties. Acta Physiologiae Plantarum 32 (3): 565-574.
- StatGraphics. 2005. StatGraphics Centurion: ver. XV (User Manual). USA: Stat-Point, Inc.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2007). Fisiología vegetal (Vol. 10). Universitat Jaume I.
- Trinidad-Cruz, J.R., Quiñones-Aguilar, E.E., Hernández-Cuevas, L.V., López-Pérez, L., & Rincón-Enríquez, G. (2017). Arbuscular mycorrhizal fungi associated in the rhizosphere of *Agave cupreata* in mezcal regions from Michoacán, Mexico. Scientia Fungorum 45: 13-25.
- Vieira-Neto, V.R.D. (1995). Green manuring of papaya trees. Acta Horticulturae. 370: 117-119.



# Evaluation of biofertilizers based on microorganisms and vermicompost leachate in crops of economic interest in Mexico

## Evaluación de biofertilizantes a base de microorganismos y lixiviado de vermicomposta en cultivos de interés económico en México

Guardiola-Márquez, Carlos Esteban<sup>1</sup>, Pacheco Moscoa, Adriana<sup>2</sup>, Senés-Guerrero, Carolina<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico de Monterrey, Centro de Biotecnología-FEMSA, Escuela de Ingeniería y Ciencias, Campus Guadalajara. General Ramón Corona 2514, Zapopan, Jalisco, México. C. P. 45138. <sup>2</sup>Tecnológico de Monterrey, Centro de Biotecnología-FEMSA, Escuela de Ingeniería y Ciencias, Campus Monterrey. Eugenio Garza Sada 2501, Monterrey, Nuevo León, México. C. P. 64849.

\*Autor para correspondencia: carolina.senes@tec.mx

### ABSTRACT

**Objective:** Characterize the effect of a biofertilizer based on vermicompost leachate (VCL) on valuable Mexican crops, formulated in combination with: i) a recommended dose of chemical fertilizer (NPK), ii) a mixture of two commercial products containing plant growth promoting microorganisms and arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and iii) molasses.

**Design/methodology/approach:** Four treatments were evaluated: T1 (VCL, microorganisms, without molasses and without NPK), T2 (VCL, microorganisms, without molasses and with NPK), T3 (only with NPK) and T4 (VCL, microorganisms, molasses and without NPK), distributed in 128 pots where eight species of crops with 4 replicates each were planted (tomato, pepper, sorghum, bean, peas, corn, squash and watermelon) at greenhouse conditions. After 6 weeks of cultivation, the effect of the biofertilizers was quantified according to the parameters of plant height and number of leaves. Analysis of variance (ANOVA) and the Tukey test were used to determine statistical significance.

**Results:** Treatments T1 and T2 presented the best effects in plant growth for most plants. Watermelon showed better response to T3 whereas in corn insignificant effects were observed. Treatment T4 showed a negative influence on the development of all crops, attributed to the incorporation of molasses.

**Limitations on study/implications:** The study was carried out in a short period of time where it was not possible to evaluate fruit production.

**Findings/conclusions:** VCL combined with plant growth promoting bacteria and AMF, have positive effects on growth of tomato, pepper, sorghum, bean, pea and squash; being able to reduce traditional chemical fertilization by 35% without reducing crop yields.

**Keywords:** Arbuscular mycorrhizal fungi, biofertilizers, *Eisenia foetida*, plant growth promoting microorganisms, vermicompost leachate.

## RESUMEN

**Objetivo:** Caracterizar el efecto de un biofertilizante a base de lixiviado de vermicomposta (VCL) en cultivos de relevancia en México, formulado en combinación con: i) fertilizante químico (NPK), ii) una mezcla de dos productos comerciales con microorganismos promotores del crecimiento de las plantas y hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y iii) melaza.

**Diseño/metodología/aproximación:** Cuatro tratamientos fueron evaluados: T1 (VCL, microorganismos, sin melaza y sin NPK), T2 (VCL, microorganismos, sin melaza y con NPK), T3 (únicamente con NPK) y T4 (VCL, microorganismos, melaza y sin NPK), distribuidos en 128 macetas sembradas con ocho especies de cultivos (tomate, chile, sorgo, frijol, chícharo, maíz, calabaza y sandía) (4 réplicas por cultivo) bajo condiciones de invernadero. Después de 6 semanas, se midió la altura de la planta y número de hojas. La significancia estadística se determinó mediante análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de Tukey.

**Resultados:** Los tratamientos T1 y T2 presentaron los mejores efectos en la mayoría de las plantas. La sandía mostró una mejor respuesta a T3 y en maíz no se observaron efectos significativos. T4 tuvo una influencia negativa en el desarrollo de todos los cultivos, atribuido a la incorporación de melaza.

**Limitaciones del estudio/implicaciones:** El estudio se llevó a cabo en un corto período de tiempo y no fue posible evaluar la producción de fruto.

**Hallazgos/conclusiones:** El VCL combinado con bacterias promotoras de crecimiento y HMA tiene efectos positivos en el crecimiento de tomate, chile, sorgo, chícharo y calabaza; pudiendo reducir la fertilización química en un 35% sin disminuir el rendimiento.

**Palabras Clave:** Biofertilizantes, *Eisenia foetida*, hongos micorrízicos arbusculares, lixiviado de vermicomposta, microorganismos promotores del crecimiento de plantas.

que regulan numerosas vías metabólicas involucradas en el desarrollo de la planta (Bidabadi *et al.*, 2017; Ayyobi *et al.*, 2014; Gutiérrez-Miceli *et al.*, 2008). Esta mezcla además incorpora microorganismos involucrados en procesos de nitrificación, solubilización de minerales del suelo, degradación de materia orgánica y eliminación de patógenos (Donohoe, 2017; Fritz *et al.*, 2012; Casco e Iglesias, 2005).

Generalmente, el lixiviado se usa diluido para evitar el daño a las plantas, ya que se ha demostrado que a alta concentración inhibe la germinación y el crecimiento de las plantas, sin embargo, esta dilución disminuye la cantidad de nutrientes, por lo que debe complementarse con fertilizantes químicos para obtener un desarrollo óptimo de la planta (Gutiérrez-Miceli *et al.*, 2017; Ayyobi *et al.*, 2014). Gutiérrez-Miceli *et al.* (2008, 2017) encontraron que la aplicación de lixiviado de vermicomposta combinado con dosis de 140 a 170 g L<sup>-1</sup> de fertilizante químico NPK Triple 17 incrementó el desarrollo y rendimiento de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) y caña de azúcar (*Saccharum* sp.). Ansari (2008) reportó que el VCL tiene un efecto significativo en el rendimiento de espinaca (*Spinacia oleracea*) y cebolla (*Allium cepa*) utilizado en dilución 1:5 y 1:10 (v/v) en agua, respectivamente. Aremu *et al.* (2012) evaluó la aplicación de VCL en plátanos cultivados en condiciones de invernadero, concluyendo que la aplicación de diluciones 1:5 y 1:10 es positiva para la planta. Resultados similares fueron reportados por Ayyobi *et al.* (2014) y Singh *et al.* (2014) en el rendimiento y desarrollo del frijol enano francés (*Phaseolus vulgaris* L.). Otras investigaciones que atribuyen buenos resultados al efecto de VCL

## INTRODUCCIÓN

**El incremento** masivo de la población y la creciente demanda de alimentos ha conducido a la intensificación de la agricultura, lo cual ha tenido consecuencias negativas en el medio ambiente. Actualmente, se diseñan estrategias dirigidas hacia la agricultura sostenible con rendimientos de producción competitivos mediante la aplicación de sustancias orgánicas y biofertilizantes (Bender *et al.*, 2016; Gupta *et al.*, 2015; Kumar *et al.*, 2015).

El lixiviado de vermicomposta (VCL), también se conoce como "té de lombriz" o "té de humus", es un líquido resultante del paso del agua a través de un sistema donde las lombrices producen la vermicomposta, generada por el proceso de descomposición de sustancias orgánicas complejas y de alta energía (Gutiérrez-Miceli *et al.*, 2017, 2008). El VCL contiene una combinación de sustancias excretoras y secretoras de las lombrices y micronutrientes y moléculas del suelo tales como potasio, nitrógeno, manganeso y zinc (Kandari *et al.*, 2011; Ansari, 2008). Además, contiene ácidos húmicos y fúlvicos

incluyen especies de *Eucalyptus* (Kandari et al., 2011), *Eucomis autumnalis*, *Tulbaghia ludwigiana* y *Tulbaghia violacea* (Aremu et al., 2014), maíz (*Zea mays* L.) (García-Gómez et al., 2008), tomate (Arthur et al., 2012), chile (*Capsicum annuum*) y cebolla (*Allium cepa*) (Álvarez-Solis et al., 2016). El lixiviado de vermicomposta también se ha asociado con la tolerancia al estrés abiótico, principalmente estrés salino (Bidabadi et al., 2017), estrés hídrico y térmico (Chinsamy et al., 2014, 2013).

Debido a los efectos positivos reportados del lixiviado de vermicomposta en el crecimiento y desarrollo de las plantas, el objetivo de esta investigación es evaluar el efecto de VCL en diferentes cultivos de interés económico en México. Así como probar diferentes formulaciones para aumentar la efectividad del VCL, incluyendo una dosis recomendada de fertilizante químico (NPK), una mezcla de microorganismos benéficos del suelo producidos comercialmente y melaza como aditivo para mejorar el desarrollo de los microorganismos aplicados a los cultivos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Lixiviado de vermicomposta.** Para la producción del lixiviado de vermicomposta (VCL) se cultivó lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) en una cama de cemento de 8.5×3.0 m y 0.8 m de profundidad. La estructura posee una pendiente de 0.4 m para facilitar la recolección del lixiviado, el cual es drenado hasta un contenedor de 1000 L donde posteriormente es bombeado y filtrado para su utilización. El sustrato para el compostaje consistió en 70% de composta de estiércol de vaca, 10% de cáscara de nuez y 20% de paja, cada 15 días se agregó una capa de 10-15 cm de espesor de sustrato nuevo. Se instaló un sistema de riego por aspersión que fue activado cada 3 días durante 10 minutos. La temperatura se mantuvo entre 20 y 30 °C, y la humedad entre 65 y 80 %.

El inóculo inicial fue de 10 sacos de 25 L de una mezcla de sustrato y lombrices.

Después de 2 meses, el lixiviado presentó un pH de 6.3, densidad de 1 g cm<sup>-3</sup>, 0.34% de materia orgánica, 0.19% de carbono y 1.06% de nitrógeno total.

**Compuestos químicos y biofertilizantes.** El fertilizante químico se formuló a partir de urea, ácido fosfórico y sulfato de potasio en relación 3:1:1 (p/v/p), disuelto en 20 L de agua. Los compuestos fueron obtenidos a granel de Agroquímicos Palmar S. de R.L. (Guadalajara, Jalisco, México). Se utilizó el producto Biobacil<sup>®</sup> como fuente de bacterias promotoras del crecimiento de las plantas, el cual posee como ingrediente activo 10 millones UFC mL<sup>-1</sup> de *Bacillus subtilis*. El producto Glumix<sup>®</sup> formulado con esporas de *Glomus geosporum*, *G. fasciculatum*, *G. constrictum*, *G. tortuosum* y *G. intraradices*, fue empleado como fuente de hongos micorrízicos arbusculares. La melaza fue adquirida de Forrajera San Cristóbal S.A. de C.V. (Zapopan, Jalisco, México).

**Formulación de tratamientos de fertilizantes.** Los tratamientos de fertilizantes se prepararon en contenedores de 20 L según la demanda. La formulación de cada tratamiento se presenta en el Cuadro 1, considerando 20 L como el 100%.

**Diseño de experimento.** El experimento consta de un total de 128 macetas (bolsa de plástico para invernadero de 20×20×30 cm) donde se evaluó el efecto de cuatro formulaciones de fertilizante a base de lixiviado de vermicomposta en 8 especies de cultivos agrícolas que representan cuatro familias de plantas (Cuadro 2). Se seleccionaron aquellos cultivos con un periodo de desarrollo aproximado de 2 a 3 meses. Cada experimento se realizó con cuatro replicas por cultivo.

El efecto del fertilizante en el desarrollo de las plantas fue evaluado considerando los parámetros de altura de la planta (medida en centímetros) y número de hojas a las seis semanas de cultivo.

**Cuadro 1.** Porcentaje de cada componente en la formulación de los tratamientos.

| Componente                   | Tratamiento 1 | Tratamiento 2 | Tratamiento 3 | Tratamiento 4 |
|------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Lixiviado de vermicomposta   | 25%           | 25%           | -             | 25%           |
| Microorganismos <sup>a</sup> | 2.5%          | 2.5%          | -             | 2.5%          |
| Melaza                       | -             | -             | -             | 2.5%          |
| Fertilizante químico (NPK)   | -             | 65%           | 100%          | -             |
| Agua                         | 72.5%         | 7.5%          | -             | 70%           |

<sup>a</sup> La dosis de microorganismos fue establecida según las indicaciones del producto.

### Establecimiento y cultivo de plantas en invernadero.

Cada maceta contenía una mezcla 3:1 perlita y turba (v/v). Se sembraron tres semillas por maceta, a una profundidad de 2 a 4 cm. Se emplearon semillas certificadas obtenidas de Distribuidora Rancho los Molinos, S.A. de C.V. (Jalisco, México).

El experimento se mantuvo en condiciones de invernadero sin control de temperatura, con una temperatura ambiental media de 26 °C. El riego se estandarizó a 500 mL dos veces por semana utilizando agua potable. La fertilización se inició posterior a la emergencia de las dos primeras hojas verdaderas, inicialmente se aplicaron 500 mL de fertilizante semanalmente durante tres semanas. Luego, la dosis se incrementó a un litro por semana durante otras tres semanas, completando el experimento en un total de 6 semanas.

**Análisis estadístico.** Los datos de altura de la planta y número de hojas fueron analizados por especie, utilizando análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de Tukey para comparar las medias y determinar si existe un efecto significativo de los tratamientos sobre el crecimiento de la planta. El nivel de significancia fue  $P < 0.05$ .

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se evaluó el efecto de cuatro tratamientos a base de lixiviado de vermicomposta en el crecimiento (altura y número de hojas) de plantas de tomate, chile, sorgo, frijol, chícharo, maíz, calabaza y sandía. En general, en cinco de los ocho cultivos (tomate, chile, sorgo, chícharo y calabaza), los tratamientos T1 (VCL, microorganismos, sin melaza y sin NPK) y T2 (VCL, microorganismos, sin melaza y con NPK) fueron los que presentaron los valores más elevados en la altura de las plantas (Figura 1). En los cultivos de maíz y frijol los tratamientos no tuvieron una diferencia significativa en la altura (Figura 1d-e).

El mayor número de hojas se registró con T1 en los cultivos de tomate, sorgo, frijol, chícharo y sandía, y con T2 para el chile (Figura 2). El número de hojas en los cultivos de maíz y calabaza no mostró un efecto estadísticamente significativo de las diferentes formulaciones de fertilizantes (Figura 2d, g). En todas las plantas, el tratamiento T4 (VCL, microorganismos, melaza y sin NPK) fue el que mostró los menores rendimientos en altura y número de hojas (Figura 1 y 2), provocando la muerte del 47% del total de plantas, donde los cultivos más afectados fueron tomate, chile y chícharo (Figura 1a-b, f y 2a-b, f).

**Cuadro 2.** Familias y especies de los cultivos agrícolas evaluados.

| Familia       | Especie                     | Nombre común |
|---------------|-----------------------------|--------------|
| Poaceae       | <i>Zea mays</i>             | Maíz         |
|               | <i>Sorghum bicolor</i>      | Sorgo        |
| Fabaceae      | <i>Phaseolus vulgaris</i>   | Frijol       |
|               | <i>Pisum sativum</i>        | Chícharo     |
| Cucurbitaceae | <i>Citrullus lanatus</i>    | Sandía       |
|               | <i>Cucurbita pepo</i>       | Calabaza     |
| Solanaceae    | <i>Solanum lycopersicum</i> | Tomate       |
|               | <i>Capsicum annum</i>       | Chile        |

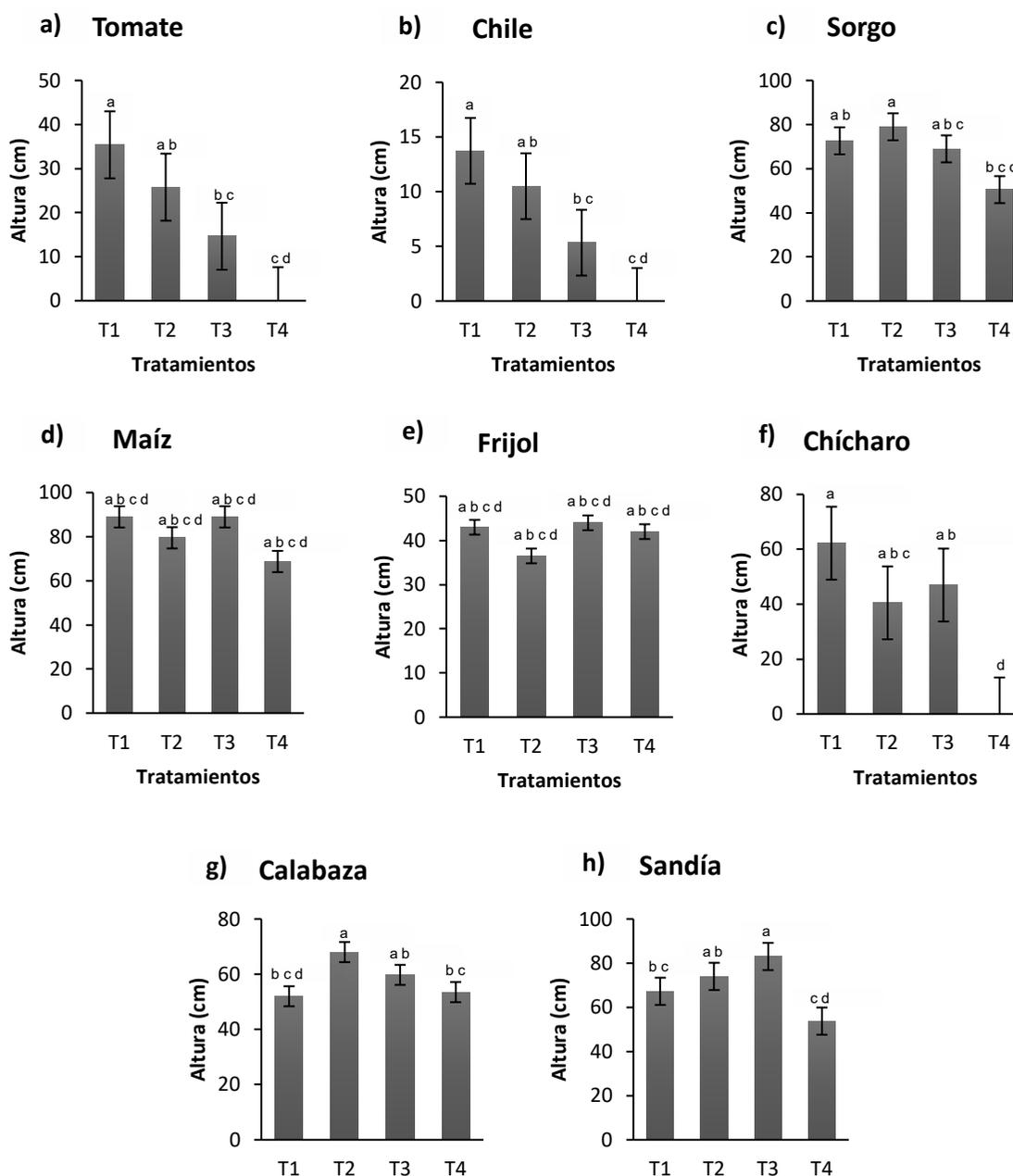
Las plantas de tomate alcanzaron una altura en promedio, según el tratamiento, en un rango de 3.4 a 39.8 cm, donde T1 y T2 presentaron los mejores rendimientos, sin diferencia estadística entre estas dos formulaciones de fertilizante (Figura 1a). Sin embargo, T1 se diferenció estadísticamente de T3 y T4. Respecto al número de hojas, T1 y T2 también destacan significativamente en comparación con T3 y T4 (Figura 2a).

El cultivo de chile alcanzó una altura entre 2 y 16 cm, y el efecto de los tratamientos fue semejante al del tomate. Los tratamientos T1 y T2 mostraron el mayor crecimiento, pero únicamente T1 se diferencia estadísticamente de T3 y T4 (Figura 1b). El número de hojas del cultivo presenta mejores resultados con T2, sin mostrar semejanza estadística con alguno de los tratamientos (Figura 2b).

El crecimiento del sorgo se mantuvo entre los 26 y 86 cm, a pesar de que los tratamientos presentan efectos estadísticamente similares, el T2 resultó con una media de valores más altos (Figura 1c), así como T1 respecto al número de hojas (Figura 2c).

Respecto a las diferentes formulaciones de fertilizante, el maíz y frijol no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos con respecto a la altura (Figura 1d-e). El número de hojas no resultó un parámetro significativo para diferenciar los tratamientos en maíz (Figura 2d), sin embargo, en el cultivo de frijol si hubo una diferencia estadística, destacando T1 con los mejores resultados, que a pesar de tener el mismo efecto estadístico respecto a T2 y T3, hay una reducción en el número de hojas del 34 y 27%, respectivamente (Figura 2e).

Las plantas de chícharo crecieron entre 14 y 71 cm, donde la mayor altura se obtuvo con el tratamiento T1, a pesar de que no hubo diferencia significativa entre T1, T2



**Figura 1.** Altura de la planta (cm) como parámetro para cuantificar el efecto de las formulaciones de fertilizante. a) Tomate, b) Chile, c) Sorgo, d) Maíz, e) Frijol, f) Chicharo, g) Calabaza, h) Sandía.

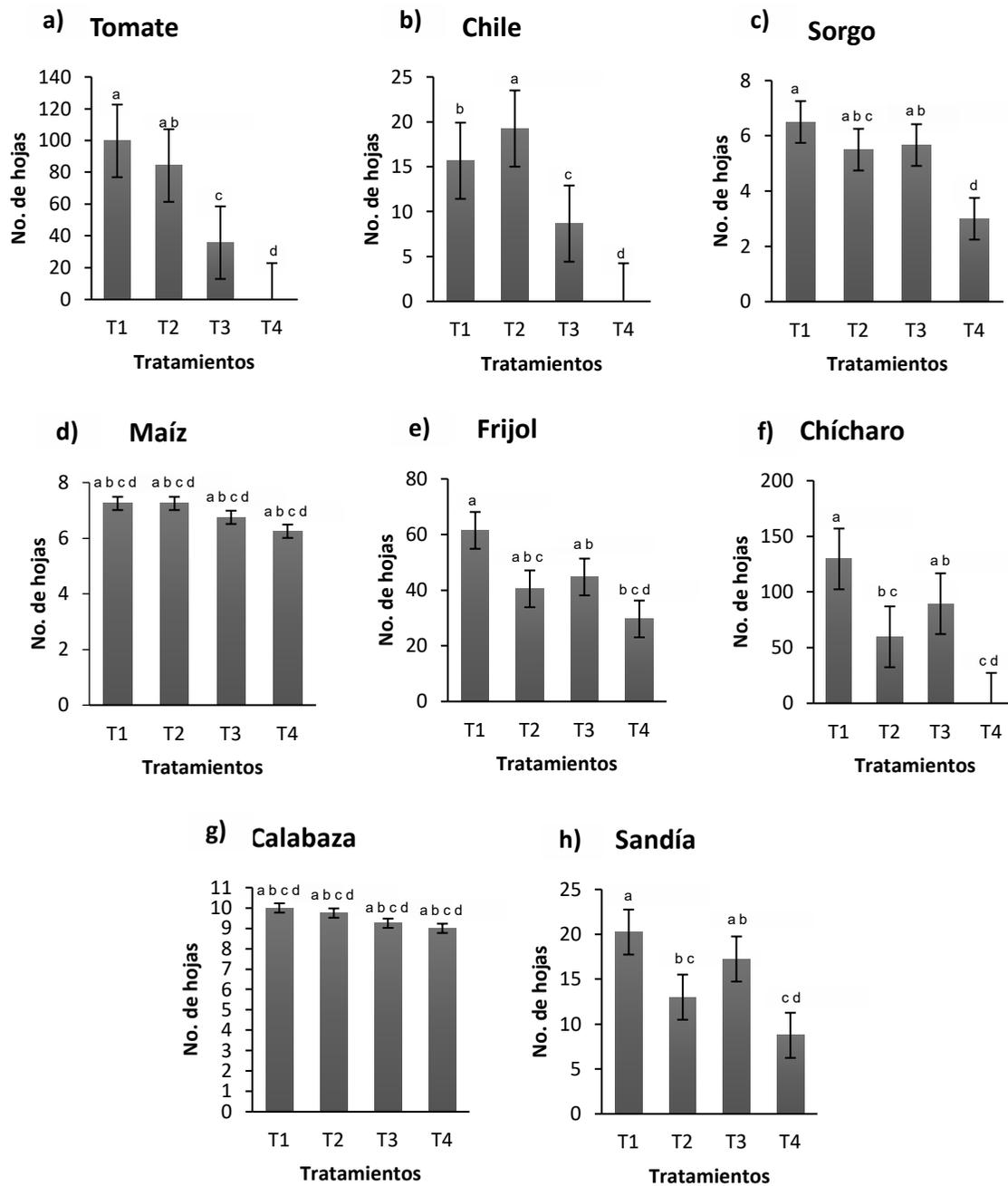
y T3, la media de la altura tiene una diferencia de 18 cm con respecto a T2 y 10 cm con T3 (Figura 1f). El número de hojas exhibe valores máximos con T1, aunque no hay diferencia significativa contra T3 (Figura 2f).

La calabaza mantuvo su desarrollo entre los 45 y 70 cm, mostrando una respuesta sobresaliente con T2 y T3 (Figura 1g). El número de hojas fue similar entre todos los tratamientos (Figura 2g).

Debido a la anatomía de la planta de sandía, los parámetros evaluados se midieron de manera paralela al suelo

partiendo del eje central de la planta, alcanzando entre 49 y 98 cm. Los valores máximos fueron con T3, sin arrojar una diferencia significativa con T2 (Figura 1h). T1 y T3 cuentan con los valores más altos de número de hojas (Figura 2g).

En general, los tratamientos que destacaron por ser más efectivos en promover el crecimiento y desarrollo de los cultivos fueron T1 y T2. Su composición es en base a compuestos orgánicos (lixiviado de vermicomposta y la adición de microorganismos benéficos del suelo) y en el tratamiento T2 también se cuenta con una fracción



**Figura 2.** Número de hojas como parámetro para cuantificar el efecto de las formulaciones de fertilizante. a) Tomate, b) Chile, c) Sorgo, d) Maíz, e) Frijol, f) Chícharo, g) Calabaza, h) Sandía.

química (NPK) del 65%. Esta formulación fue diseñada siguiendo lo indicado por Gutiérrez-Miceli *et al.* (2017, 2008) y García-Gómez *et al.* (2008) en donde se recomienda complementar el lixiviado de vermicomposta con una solución nutritiva de NPK para lograr alcanzar el máximo rendimiento de los cultivos. Al utilizar VCL como fertilizante líquido deben realizarse diluciones para evitar dañar a las plantas dado que el lixiviado puro contiene elevadas concentraciones de sales y ácidos húmicos que pueden comprometer el desarrollo de las plantas al reducir parcialmente la absorción de N, P y K.

Esto es debido al incremento en los niveles de sustancias similares a auxinas y giberelinas presentes en el lixiviado que inhiben el metabolismo de sales y ácidos húmicos (Gutiérrez-Miceli *et al.*, 2017, 2008; García-Gómez *et al.*, 2008). Por otro lado, diluir el lixiviado también puede restringir el crecimiento de las plantas debido a que se reduce la concentración de elementos esenciales (Gutiérrez-Miceli *et al.*, 2017, 2008; Jarecki *et al.*, 2005). En contraste, en este estudio empleando la dilución recomendada 1:4 de VCL en el tratamiento T1 no se observaron síntomas de deficiencia nutricional en las plantas. Por el

contrario, fue uno de los tratamientos que lograron los valores más altos con efectos estadísticamente significativos en los parámetros cuantificados. Este efecto podría atribuirse a la función del suplemento compuesto de microorganismos del suelo y a las condiciones controladas en las que crecieron las plantas (tipo de sustrato, riego y temperatura), ya que, de haberse llevado a cabo en campo, en suelos posiblemente degradados o con deficiencia de nutrientes, el aporte extra de NPK pudiera ser significativo. Sin embargo, en suelos sobrefertilizados, o con un exceso de nutrientes, el efecto microbiano no se distinguiría (Aremu et al., 2012). Cabe mencionar que se ha demostrado que el lixiviado de vermicomposta también se ha asociado con la tolerancia al estrés abiótico, principalmente estrés salino (Bidabadi et al., 2017), estrés hídrico y térmico (Chinsamy et al., 2014, 2013), por lo que las variaciones en las condiciones medioambientales pueden ser amortiguadas por el efecto del VCL.

Los microorganismos del suelo colonizan las raíces y desempeñan funciones muy importantes para las plantas; mejoran la fertilidad y estructura del suelo, participan en la descomposición de materia orgánica, promueven el crecimiento de las plantas, combaten patógenos del suelo, etc. Específicamente, las bacterias promotoras de crecimiento, como la cepa de *Bacillus subtilis* utilizada en este estudio, facilitan la disponibilidad y captación de nutrientes mediante mecanismos de fijación de nitrógeno, solubilización de nutrientes minerales, producción de fitohormonas y mineralización de compuestos orgánicos (Bender et al., 2016; Gupta et al., 2015; Kumar et al., 2015). Así mismo, los hongos micorrízicos arbusculares incrementan la movilización y transporte de nutrimentos, proveen tolerancia a estrés abiótico (estrés hídrico y salino), estimulan la producción de hormonas vegetales, optimizan el enraizamiento y establecimiento de las plantas y mejoran la fertilidad y calidad del suelo (Lauriano-Barajas y Vega-Frutis, 2018; Armada et al., 2016; Azcón et al., 2013; Azcón y Barea, 2010).

El uso excesivo de fertilizantes químicos es nocivo para el establecimiento de la microbiota del suelo (Gupta et al., 2015) dado que más del 50% del fertilizante aplicado no es aprovechado por las plantas y causa severos problemas de contaminación de agua, suelo y aire (FAO, 2015). Por tal motivo, la respuesta positiva de los tratamientos T1 y T2, que mostraron mejores rendimientos en la mayoría de los cultivos con respecto a T3 y T4, permite establecer que los biofertilizantes (T1 y T2) tienen efectos comparables en el rendimiento de las plan-

tas con respecto al tratamiento T3 (NPK). Si T2 se toma como referencia, significa que con una reducción del 35% en la dosis de fertilizante químico, combinándose con lixiviado de vermicomposta y microorganismos del suelo, se logra una respuesta igual o mayor en el desarrollo de las plantas con respecto al tratamiento de 100% de fertilizante químico (Tratamiento 3).

Como se mencionó previamente, tanto los microorganismos como los ácidos húmicos presentes en el lixiviado de lombriz son de relevancia para mejorar la absorción y el aprovechamiento de micro y macronutrientes, y hacer posible la reducción de la dosis química (Manyuchi et al., 2013; Gutiérrez-Miceli et al., 2008).

Finalmente, argumentando el efecto negativo del tratamiento T4, que a pesar de ser muy similar a T1, el componente de la melaza fue el factor determinante en el bajo rendimiento de las plantas, posiblemente debido a la concentración empleada, siendo el 2.5% (0.5 L en 20 L). El uso y dosificación de la melaza fueron basados en los trabajos de Suliasih y Widawati (2017), Cáceres Ortuño (2017), Álvarez-Solís et al. (2016), Álvarez-Hernández et al. (2011) y Lee (2010), sin embargo, se han reportado investigaciones que señalan que elevadas concentraciones de melaza reducen el crecimiento de las raíces y las plantas, posiblemente debido a la concentración de solutos en exceso y la modificación del pH de la solución (Suliasih y Widawati, 2017; Şanlı et al., 2015).

Futuras investigaciones serán necesarias para evaluar el efecto del biofertilizante en suelos donde se practica regularmente la agricultura, ya que se estima que una cuarta parte de los suelos del planeta presenta algún grado de degradación; se trata de suelos con pérdida en la capacidad productiva y fertilidad, bajo porcentaje de materia orgánica y nutrimentos, desertificación y reducción de la biodiversidad (Bender et al., 2016). En este sentido, se plantea la hipótesis de que posiblemente en este escenario sí exista una diferencia más marcada entre la efectividad del tratamiento 1 y 2, ya que en estas condiciones prevalece la necesidad de aporte de nutrimentos debido al empobrecimiento del suelo.

## CONCLUSIONES

La agricultura sostenible es una práctica que ha ganado importancia en los últimos años debido al impacto ambiental generado por la agricultura tradicional. El uso de compuestos nutritivos como el lixiviado de vermicomposta y los microorganismos benéficos del suelo ayudan

a reducir el uso de fertilizantes químicos y a restaurar la estructura del suelo y los ecosistemas. En este estudio, se llegó a la conclusión de que los dos tratamientos más efectivos para mejorar el desarrollo de los cultivos evaluados fueron T1 y T2, ambos biofertilizantes compuestos por lixiviado de vermicomposta, microorganismos del suelo [bacterias promotoras de crecimiento (*Bacillus subtilis*) y hongos micorrízicos arbusculares (consorcio de especies del género *Glomus*)], diferenciados únicamente por la dosis química presente en T2. A lo largo del experimento, el T4, a pesar de ser muy similar al T1, diferenciándose únicamente por el contenido de melaza, produjo los peores efectos para las plantas, causando la muerte de un elevado porcentaje de ellas, atribuyendo este efecto a la cantidad de solutos adicionales al añadir la melaza, así como su influencia sobre el pH de la solución final.

## LITERATURA CITADA

- Álvarez-Hernández, J.C., Venegas-Flores, S., Soto-Ayala, C., Chávez-Vargas, A., & Zavala-Sánchez, L. (2011). Uso de fertilizantes químicos y orgánicos en cebolla (*Allium cepa* L.) en Apatzingán, Michoacán, México. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 15(2).
- Álvarez-Solis, J.D., Mendoza-Núñez, J.A., León-Martínez, N.S., Castellanos-Albores, J., & Gutiérrez-Miceli, F.A. (2016). Effect of bokashi and vermicompost leachate on yield and quality of pepper (*Capsicum annum*) and onion (*Allium cepa*) under monoculture and intercropping cultures. *Ciencia e Investigación Agraria*, 43(2), 243-252.
- Ansari, A.A. (2008). Effect of vermicompost and vermishash on the productivity of spinach (*Spinacia oleracea*), onion (*Allium cepa*) and potato (*Solanum tuberosum*). *World Journal of Agricultural Sciences*, 4(5), 554-557.
- Aremu, A.O., Kulkarni, M.G., Bairu, M.W., Finnie, J.F., & Van Staden, J. (2012). Growth stimulation effects of smoke-water and vermicompost leachate on greenhouse grown-tissue-cultured 'Williams' bananas. *Plant Growth Regulation*, 66(2), 111-118.
- Aremu, A.O., Masondo, N.A., & Van Staden, J. (2014). Physiological and phytochemical responses of three nutrient-stressed bulbous plants subjected to vermicompost leachate treatment. *Acta Physiologiae Plantarum*, 36(3), 721-731.
- Armada, E., Probanza, A., Roldán, A., & Azcón, R. (2016). Native plant growth promoting bacteria *Bacillus thuringiensis* and mixed or individual mycorrhizal species improved drought tolerance and oxidative metabolism in *Lavandula dentata* plants. *Journal of plant physiology*, 192, 1-12.
- Arthur, G.D., Aremu, A.O., Kulkarni, M.G., & Van Staden, J. (2012). Vermicompost leachate alleviates deficiency of phosphorus and potassium in tomato seedlings. *HortScience*, 47(9), 1304-1307.
- Ayyobi, H., Hassanpour, E., Alaqemand, S., Fathi, S., Olfati, J. A., & Peyvast, G. (2014). Vermicompost leachate and vermishash enhance French dwarf bean yield. *International Journal of Vegetable Science*, 20(1), 21-27.
- Azcón, R., & Barea, J.M. (2010). Mycorrhizosphere interactions for legume improvement. In *Microbes for legume improvement* (pp. 237-271). Springer, Vienna.
- Azcón, R., Medina, A., Aroca, R., & Ruiz-Lozano, J.M. (2013). Abiotic stress remediation by the arbuscular mycorrhizal symbiosis and rhizosphere bacteria/yeast interactions. *Molecular Microbial Ecology of the Rhizosphere*, 1, 991-1002.
- Bender, S.F., Wagg, C., & van der Heijden, M.G. (2016). An underground revolution: biodiversity and soil ecological engineering for agricultural sustainability. *Trends in Ecology & Evolution*, 31(6), 440-452.
- Bidabadi, S.S., Dehghanipoodeh, S., & Wright, G.C. (2017). Vermicompost leachate reduces some negative effects of salt stress in pomegranate. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 6(3), 255-263.
- Cáceres Ortuño, J. M. (2017). Evaluación del efecto de *Trichoderma harzianum* y bokashi en la producción de cebolla *Allium cepa* utilizando el método de investigación participativa en el cantón Santa Isabel, Azuay como un sistema alternativo de producción (Master's thesis).
- Casco, C. A., & Iglesias, C.M. (2005). Producción de biofertilizantes líquidos a base de lombricompost. Trabajo final para obtener el título de Ingeniero Agrónomo Universidad Nacional del Nordeste. Argentina.
- Chinsamy, M., Kulkarni, M.G., & Van Staden, J. (2013). Garden-waste-vermicompost leachate alleviates salinity stress in tomato seedlings by mobilizing salt tolerance mechanisms. *Plant Growth Regulation*, 71(1), 41-47.
- Chinsamy, M., Kulkarni, M. G., & Van Staden, J. (2014). Vermicompost leachate reduces temperature and water stress effects in tomato seedlings. *HortScience*, 49(9), 1183-1187.
- Donohoe, K. (2017). Chemical and Microbial Characteristics of Vermicompost Leachate and their Effect on Plant Growth. University of Sydney. Recuperado de <http://hdl.handle.net/2123/18212>
- FAO. (2015). El uso de fertilizantes sobrepasará los 200 millones de toneladas en 2018. Recuperado de <http://www.fao.org/news/story/es/item/277654/icode/>
- Fritz, J.I., Franke-Whittle, I.H., Haindl, S., Insam, H., & Braun, R. (2012). Microbiological community analysis of vermicompost tea and its influence on the growth of vegetables and cereals. *Canadian Journal of Microbiology*, 58(7), 836-847.
- García-Gómez, R.C., Luc D., & Gutiérrez-Miceli, F.A. (2008). Vermicomposting leachate (worm tea) as liquid fertilizer for maize (*Zea mays* L.) forage production. *Asian Journal of Plant Sciences*, 7(4), 360-367.
- Gupta, G., Parihar, S.S., Ahirwar, N. K., Snehi, S.K., & Singh, V. (2015). Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): current and future prospects for development of sustainable agriculture. *Journal of Microbial and Biochemical Technology*, 7(2), 96-102.
- Gutiérrez-Miceli, F.A., García-Gómez, R.C., Oliva-Llaven, M.A., Montes-Molina, J.A., & Dendooven, L. (2017). Vermicomposting leachate as liquid fertilizer for the cultivation of sugarcane (*Saccharum* sp.). *Journal of Plant Nutrition*, 40(1), 40-49.
- Gutiérrez-Miceli, F.A., García-Gómez, R.C., Rosales, R.R., Abud-Archila, M., Angela, O. L.M., Cruz, M.J.G., & Dendooven, L. (2008). Formulation of a liquid fertilizer for sorghum (*Sorghum bicolor*

- (L.) Moench) using vermicompost leachate. *Bioresource Technology*, 99(14), 6174-6180.
- Jarecki, M.K., Chong, C., & Voroney, R.P. (2005). Evaluation of compost leachates for plant growth in hydroponic culture. *Journal of Plant Nutrition*, 28(4), 651-667.
- Kandari, L.S., Kulkarni, M.G., & Van Staden, J. (2011). Vermicompost leachate improves seedling emergence and vigour of aged seeds of commercially grown *Eucalyptus* species. *Southern Forests: a Journal of Forest Science*, 73(2), 117-122.
- Kumar, A., Bahadur, I., Maurya, B.R., Raghuvanshi, R., Meena, V.S., Singh, D.K., & Dixit, J. (2015). Does a plant growth-promoting rhizobacteria enhance agricultural sustainability? *Journal of Pure and Applied Microbiology*, 9(1), 715-724.
- Lauriano-Barajas, J., & Vega-Frutis, R. (2018). Infectivity and effectivity of commercial and native arbuscular mycorrhizal biofertilizers in seedlings of maize (*Zea mays*). *Botanical Sciences*, 96(3), 395-404.
- Lee, J. (2010). Effect of application methods of organic fertilizer on growth, soil chemical properties and microbial densities in organic bulb onion production. *Scientia Horticulturae*, 124(3), 299-305.
- Manyuchi, M. M., Phiri, A., Muredzi, P., & Chitambwe, T. (2013). Comparison of vermicompost and vermiwash bio-fertilizers from vermicomposting waste corn pulp. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 78, 365-368.
- Şanlı, A., Karadoğan, T., & Tosun, B. (2015). The effects of sugar beet molasses applications on root yield and sugar content of sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 24(2):103-108.
- Singh, S., Kulkarni, M.G., & Van Staden, J. (2014). Biochemical changes associated with gibberellic acid-like activity of smoke-water, karrikinolide and vermicompost leachate during seedling development of *Phaseolus vulgaris* L. *Seed Science Research*, 24(1), 63-70.
- Suliasih, S., & Widawati, S. (2017). Effect of Plant Growth Promoting Rhizobacteria and Molasses on Seed Germination and Seedling Growth of *Sorghum bicolor* L. Moench. In *Proceedings The 1st SATREPS Conference (Vol. 1)*.





## Rooting of cuttings in three blueberry cultivars (*Vaccinium corymbosum* L.)

### Enraizamiento de estacas en tres cultivares de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.)

Castro-Garibay, Sandra L.<sup>1</sup>; Villegas-Monter, Angel<sup>1\*</sup>; Contreras-Maya, Rosalba<sup>1</sup>

Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Programa Fisiología Vegetal. Texcoco, Estado de México, México.

\*Autor para correspondencia: avillega@colpos.mx

#### ABSTRACT

**Objective:** To evaluate the effect of indolbutyric acid (IBA) on rotting of three blueberry cultivars (*Vaccinium corymbosum* L.) Biloxi, Victoria and Ventura.

**Design/methodology/approach:** The experimental design was the completely randomized with factorial arrangement 3x4. Herbaceous cuttings of blueberry cultivars Biloxi, Victoria and Ventura, with 7 cm length and 2 mm diameter, were collected at the end in April 2017. The IBA concentrations were tested 0, 1000, 2000 and 3000 mg L<sup>-1</sup>. The cuttings were placed in peat and perlite substrate (50:50, v:v). Forty days after, the variables evaluated were rooting percent, cuttings died percent, number and length of primary roots, number of secondary roots, and survival percent after the transplant. Test of medians comparison Tukey (0.05) was did for the variables, except for all percent.

**Results:** The cv Victoria presented the higher average rooting percent with 61 %, moreover it obtained the less cuttings died percent. For the variables evaluated from roots, only number of primary roots and number of secondary roots had differences, the cv Victoria had 4.3 primary roots and cv Biloxi had 12.65 secondary roots. The survival percent was higher 95 % to all cultivars after the transplant.

**Limitations on study/implications:** In some cultivars, the high concentrations of auxins inhibit rooting.

**Findings/conclusions:** The proposed protocol let the rooting blueberry cuttings.

**Keywords:** Indolbutyric acid, *Vaccinium corymbosun*, number of roots, length of roots.

#### RESUMEN

**Objetivo:** Evaluar el efecto de ácido indolbutírico (AIB) en el enraizamiento de tres cultivares de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) Biloxi, Victoria y Ventura.

**Diseño/metodología/aproximación:** Fue empleado un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3x4. Estacas herbáceas de arándano cultivares Biloxi, Victoria y Ventura, con 7 cm longitud y 2 mm de diámetro, fueron recolectadas a finales de abril de 2017. Las concentraciones de AIB utilizadas fueron 0, 1000, 2000 y 3000 mg L<sup>-1</sup>. Las estacas se colocaron en sustrato de turba y perlita (50:50, v:v). Cuarenta días después se evaluó porcentaje de enraizamiento y de estacas muertas, número y longitud de raíces primarias, número de raíces secundarias, y porcentaje de sobrevivencia después del trasplante. Se realizó prueba de comparación de medias Tukey (0.05), excepto a los datos de porcentaje.



**Agroproductividad:** Vol. 12, Núm. 3, marzo. 2019. pp: 63-68.

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

**Resultados:** El cultivar con mayor porcentaje de enraizamiento promedio fue Victoria con 61%, también presentó el menor porcentaje de estacas muertas. Para las características de raíces evaluadas, solo existió diferencia para número de raíces primarias y secundarias; donde el cv. Victoria presentó 4.3 raíces primarias y el cv Biloxi 12.65 raíces secundarias. El porcentaje de sobrevivencia en todos los cultivares después del trasplante fue mayor al 95%.

**Limitaciones del estudio/implicaciones:** En algunos cultivares, la concentración alta de auxinas inhibió el enraizamiento.

**Hallazgos/conclusiones:** El protocolo propuesto permite el enraizamiento de estacas de arándano.

**Palabras clave:** Ácido indolbutírico, *Vaccinium corymbosum*, número de raíces, longitud de raíces.

tacas, por lo que el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de las concentraciones de ácido indolbutírico (AIB), en el enraizamiento de estacas de tres cultivares de arándano.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Material Vegetal.** Estacas herbáceas de tres cultivares de *Vaccinium corymbosum* L. "Biloxi", "Victoria" y "Ventura", fueron recolectadas de ramas laterales, a finales de marzo de 2017. Al momento de obtener las estacas, fueron colocadas en bolsas de plástico debidamente identificadas y trasladadas al laboratorio de Cultivo *in vitro*, Genética, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados.

Las estacas fueron seleccionadas con longitud de 7 cm y 2 mm de diámetro aproximadamente; las hojas se eliminaron con bisturí, dejando un par en la parte superior (Figura 1), se utilizó solución de Manzate® (Mancozeb 80 %) 2 g L<sup>-1</sup>, para desinfección por cinco minutos. Se utilizó ácido indolbutírico (AIB) en polvo (Radix® 10000), en concentraciones 0, 1000, 2000 y 3000 mg L<sup>-1</sup>. Una vez preparadas las estacas, se colocaron en domos de plástico 25×14.5×9 con mezcla de turba y perlita (1:1, v/v), el cual fue pasteurizado con vapor durante 30 minutos.

Diez estacas de cada cultivar fueron colocadas con la misma concentración de AIB por domo de plástico (Figura 1). Cinco domos (repeticiones), 50 estacas en total por cultivar y concentración. Las estacas se colocaron en cuarto de incubación en condiciones controladas con temperatura promedio de 24 °C, 16 horas luz y 8 horas oscuridad.

## INTRODUCCIÓN

La producción de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) (Ericaceae) ha incrementado en los últimos años, debido a sus propiedades nutraceuticas, principalmente alto contenido de antocianinas, lo cual le confiere gran potencial antioxidante (Peña *et al.*, 2012). En México, la superficie cultivada en el año 2000 era de 60 ha, mientras que para 2017 se incrementó a 3 334 ha (FAOSTAT, 2019) lo que pone en evidencia la importancia de esta frutilla para nuestro país.

La propagación de arándano se puede realizar por semillas, injertos y estacas; aunque para producción comercial se utilizan principalmente estacas semi-leñosas y herbáceas; sin embargo, el enraizamiento de algunos cultivares es bajo (Fachinello, 2008; Peña *et al.*, 2012).

Existen factores que afectan la capacidad de enraizamiento de estacas, entre los que destacan tipo de sustrato, reguladores de crecimiento exógenos y endógenos, nutrición y condición fisiológica de las plantas madre, tipo de estaca, época de enraizamiento, condiciones climáticas (Trevisan *et al.*, 2008; Peña *et al.*, 2012; Picoletto *et al.*, 2015).

Las auxinas juegan un papel importante en la diferenciación de raíces, y son utilizadas en propagación vegetativa por estacas, para estimular y uniformizar el enraizamiento. La auxina más utilizada es el ácido indolbutírico (AIB), ya que tiene la característica de ser estable y traslocarse fácilmente en las estacas (Villa *et al.*, 2003; Fogaça y Fett-Neto., 2005; Lobato de Oliveira *et al.*, 2008).

Se han realizado diversos trabajos con el propósito de enraizar estacas de arándano; Wagner *et al.* (2004) probaron tipos de lesión en la base de las estacas y concentración de 2000 mg L<sup>-1</sup> de AIB; mientras que Pelliza *et al.* (2011) utilizaron diferentes sustratos con 2000 mg L<sup>-1</sup>, de AIB, determinaron que el sustrato compuesto por Plantmax® y cáscara de arroz carbonizada fue donde se obtuvieron resultados mejores. Peña *et al.* (2012) probaron cinco concentraciones de AIB en líquido y talco, la aplicación líquida fue mejor. En México, se carece de un protocolo para el enraizamiento de es-



**Figura 1.** Selección de estacas de arándano (A) y domo de plástico utilizado para enraizamiento (B).

**Variables evaluadas.** Después de 40 días del establecimiento se evaluó: porcentaje de estacas enraizadas, número y longitud de raíces primarias, número de raíces secundarias. Para estacas muertas la evaluación fue semanal.

**Análisis estadístico.** El diseño utilizado fue factorial completamente al azar, producto de tres cultivares de arándano y cuatro concentraciones de AIB. Para las variables número y longitud de raíces primarias, número de raíces secundarias se realizó análisis de varianza, 10 estacas por combinación fue la muestra. Los datos se analizaron con el software SAS 9.4. Para estacas enraizadas y muertas, solo se obtuvo porcentaje.

**Trasplante de estacas enraizadas.** Después de realizar la evaluación las plantas se trasladaron en macetas de un litro. Previo al trasplante, las estacas se trataron con Manzate® 2 g L<sup>-1</sup>, durante 5 minutos. El sustrato mezcla de corteza de pino, tezontle, lombricomposta (60:20:20, v:v:v). Posteriormente, las macetas se metieron en bolsas de plástico transparente, cerrándola con liga (Figura 2), para evitar que las plantas sufrieran deshidratación.

Retiradas las bolsas, las plantas fueron mantenidas en malla sombra (50 %), regándolas una vez por semana durante 3 meses, las plantas se fertilizaron cada dos semanas, aplicando 50 mL de solución de DAP® (3 g L<sup>-1</sup>). Después los riegos y fertilizaciones fueron realizados cada que la planta lo necesitó.

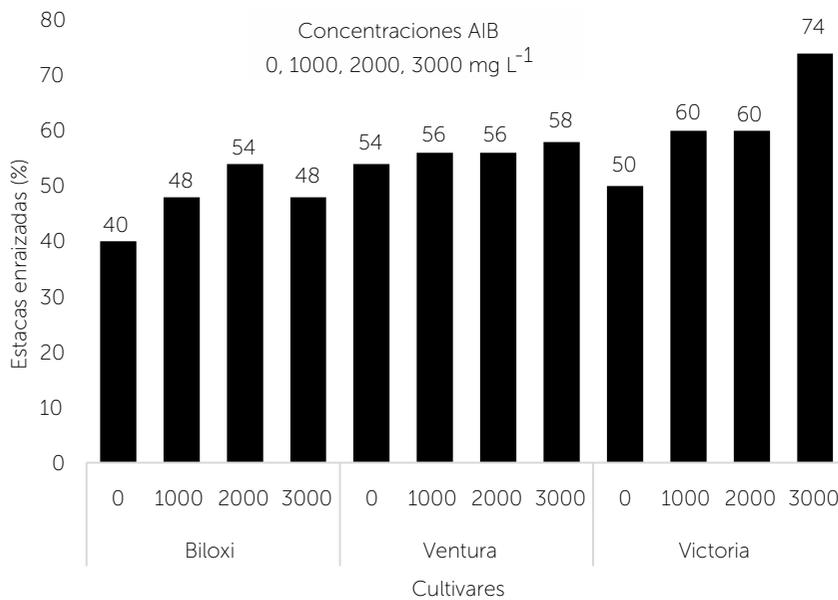
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Enraizamiento.** Todos los cultivares mostraron respuesta al tratamiento de auxina con diferente magnitud, así en cv. Victoria el enraizamiento incrementó con la concentración, mientras que en Biloxi disminuyó; sin embargo, en el cv. Ventura, el efecto fue mínimo (Figura 3), lo anterior muestra que además de la concentración de auxina, el cultivar tiene efecto importante en la respuesta al enraizamiento.



**Figura 2.** Estacas de arándano trasladadas en mezcla de sustrato corteza de pino, tezontle y lombricomposta (60:20:20, v:v:v).

Peña et al. (2012) determinaron que AIB en concentraciones de 8000 mg L<sup>-1</sup> obtuvieron hasta 52.1 % promedio de enraizamiento en estacas semi-leñosas de arándano, sin embargo, los porcentajes de enraizamiento para el cultivar Climax fue 50.6 % y Florida 30.4 %. Los resultados obtenidos en trabajos previos y en esta investigación muestran que es necesario continuar trabajando para tener pro-



**Figura 3.** Porcentaje de estacas enraizadas en tres cultivares de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.).

tración de auxina en los cultivares Biloxi y Ventura, que fueron igual estadísticamente, pero en el cv. Victoria existieron diferencias, donde el testigo fue superior a 3000 mg L<sup>-1</sup>, lo que muestra el efecto inhibitorio de la auxina en el enraizamiento de este cultivar (Cuadro 1). Datos similares obtuvo Lobato de Oliveira et al. (2008) donde con 1000 mg L<sup>-1</sup> presentó mayor número y longitud de raíces, 8 y 4.8 cm; que 4000 mg L<sup>-1</sup> con 6.7 raíces y 4 cm.

Para longitud de raíces, no existieron diferencias significativas para las concentraciones de AIB utilizadas (Cuadro 1). Sin embargo, existen evidencias donde muestran que auxina en altas concentraciones inhibe el número y longitud de raíces (Eliasson et al., 1989; Fachinello et al., 2005).

Para el número de raíces secundarias, solo las estacas del cultivar Biloxi, mostraron diferencias significativas, con rango de 6.38 a 12.65;

tolos más eficientes de enraizamiento de estacas en arándano.

Cabe mencionar que factores como el cultivar, manejo de la planta madre y las características fisiológicas de las estacas al momento de ser recolectadas afectó el porcentaje de enraizamiento de las estacas utilizadas.

De acuerdo con Fachinello et al. (2005) el aumento en concentración de auxina exógena estimula crecimiento de raíces hasta cierto valor máximo, pero a partir de ese punto puede tener efecto inhibitorio. En el presente trabajo, en las estacas del cv. Biloxi, la concentración más alta de AIB inhibió el proceso de enraizamiento, mientras que el cv. Victoria; no mostró la misma respuesta.

**Número y longitud de raíces.** En el análisis de varianza se determinó que existen diferencias significativas tanto para los factores cultivar y dosis de AIB, con valores de  $p=0.00538$  y  $p=0.04863$ , respectivamente, mientras que para la interacción no hubo

diferencias significativas. Al no existir interacciones entre los factores, las pruebas de medias se realizaron para determinar la mejor concentración de AIB para los cultivares utilizados.

Para número de raíces, no hubo efecto significativo de la concen-

**Cuadro 1.** Prueba de comparación de medias con relación al cultivar de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) y la concentración de AIB (mg L<sup>-1</sup>).

| Cultivar | AIB mg L <sup>-1</sup> | NR      | LR (cm) | NRS      |
|----------|------------------------|---------|---------|----------|
| Biloxi   | 0                      | 3.10 a  | 1.96 a  | 6.38 b   |
|          | 1000                   | 2.10 a  | 2.15 a  | 10.02 ab |
|          | 2000                   | 3.40 a  | 2.25 a  | 10.45 a  |
|          | 3000                   | 2.90 a  | 2.25 a  | 12.65 a  |
| DMS      |                        | 1.56    | 1.03    | 6.65     |
| Ventura  | 0                      | 2.80 a  | 1.33 a  | 4.97 a   |
|          | 1000                   | 3.10 a  | 2.03 a  | 6.37 a   |
|          | 2000                   | 3.00 a  | 2.03 a  | 7.32 a   |
|          | 3000                   | 3.30 a  | 2.00 a  | 6.69 a   |
| DMS      |                        | 1.97    | 1.00    | 4.71     |
| Victoria | 0                      | 4.30 a  | 1.53 a  | 5.22 a   |
|          | 1000                   | 3.90 ab | 1.70 a  | 6.28 a   |
|          | 2000                   | 3.80 ab | 1.81 a  | 6.55 a   |
|          | 3000                   | 2.80 b  | 2.09 a  | 8.67 a   |
| DMS      |                        | 2.12    | 1.03    | 4.40     |

NR: Número de raíces; LR: Longitud de raíces; NRS: Número de raíces secundarias. Medias con letras distintas en cada variable por cultivar, indican que existen diferencias estadísticas significativas (Tukey, 0.05).

mientras que en el cultivar Ventura fue de 4.97 a 7.32, y en el cultivar Victoria osciló de 5.22 a 8.67 (Cuadro 1).

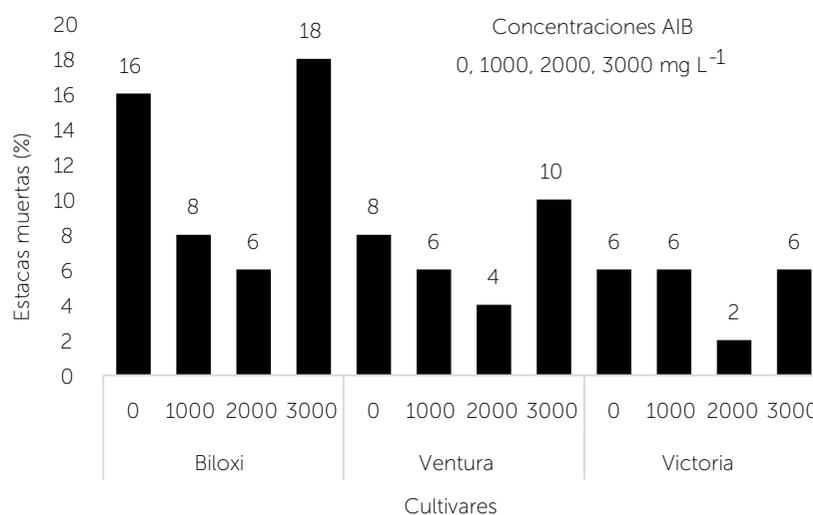
Wagner et al. (2004) utilizaron 2000 mg L<sup>-1</sup> de AIB en cuatro cultivares de arándano, donde el número mayor de raíces por estaca fue 4.54 de 2.13 cm de longitud; en este trabajo, con la misma dosis de AIB las estacas presentaron 3.80 raíces de 2.25 cm.

Lobato de Oliveira et al. (2008) mencionan el cultivar influye en el enraizamiento, ya que en estacas de arándano de los cultivares Delite y Bluebelle el número de raíces fue de 14 y 0.2, utilizando 2000 mg L<sup>-1</sup> de AIB.

Vignolo et al. (2012) utilizaron 0, 1500, 3000, 4500 y 6000 mg L<sup>-1</sup> de AIB, para enraizar estacas de arándano, y observaron raíces de 5 y 7 cm de longitud aproximadamente en las concentraciones baja y alta, respectivamente.

**Estacas muertas.** Respecto al porcentaje de estacas muertas, el cv. Victoria presentó menor promedio (5 %), seguido de Ventura con 7 % y Biloxi con 12 %. Con relación a las concentraciones de AIB utilizadas, con 2000 mg L<sup>-1</sup> se obtuvo menor porcentaje de estacas muertas en todas las cultivares utilizados (Figura 4). Sin embargo, con 3000 mg L<sup>-1</sup> de auxina, el porcentaje de estacas muertas aumentó, desconocemos las causas de la respuesta observada, dado que no hay reportes que informen del efecto de auxinas en la muerte de estacas de arándano. Cabe indicar que, Pacholczak y Nowakowska (2015) mencionan que en estacas de arándano enraizadas con AIB, el contenido aminoácidos libres aumenta, lo cual hace que las plantas sean más susceptibles a ataque de patógenos.

Los síntomas que presentaron las estacas fueron necrosamiento de hojas y tallos (Figura 5), posteriormente pudrición y muerte de éstas. Tejido de las estacas se colocaron en PDA (papa-dextrosa-agar) para aislar el patógeno, una vez aislado, se cultivó en medio B de King. Se



**Figura 4.** Porcentaje de estacas muertas en tres cultivares de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.).

identificó que los síntomas y posterior muerte de las estacas se debió a una bacteria.

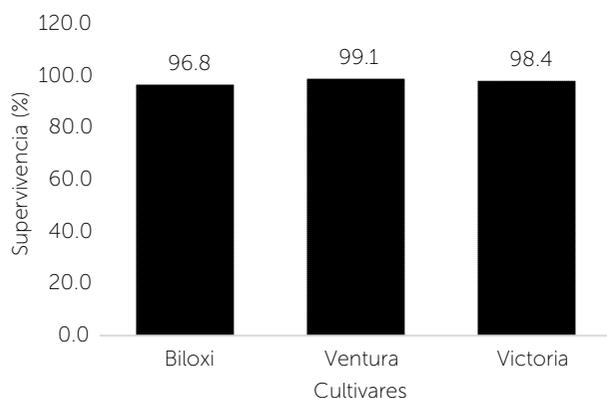
Los síntomas que presentaron las estacas en el presente trabajo coinciden con los reportados por Vaughan (1956), Guerrero y Lobos (1989), Kobayashi (1995) y Kaluzna et al. (2013), por lo que probablemente la muerte de las estacas se debió a la presencia de *Pseudomonas* spp.

**Trasplante.** Un mes después de trasplante, se evaluó el porcentaje de sobrevivencia de las estacas de arándano (Figura 6). El alto porcentaje de sobrevivencia muestra que el número y tamaño de raíces no afecta la sobrevivencia en esta especie. Otro factor importante es el manejo, donde la utilización de bolsas de plástico (Figura 2), mantuvo alta la humedad relativa, evitando la transpiración excesiva de la estaca; además de temperatura favorable, que aumentó el metabolismo de la

planta y con esto su establecimiento. En trabajos previos con plantas micropropagadas de vid (Ravidra y Thomas, 1995) y crisantemo (Panicker et al., 2009), que fueron aclimatadas con bolsa de plástico, obtuvieron de 90 a 100% de sobrevivencia, por lo que este método para aclimatizar plantas es simple, de bajo costo y eficiente en cuanto a trabajo ya que las plantas no se riegan durante este proceso.



**Figura 5.** Necrosamiento en hojas y tallos de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.).



**Figura 6.** Supervivencia de estacas enraizadas de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) un mes después del trasplante.

## CONCLUSIONES

El protocolo propuesto, permite el enraizamiento de estacas de *V. corymbosum*. El cv. Victoria presentó mayor porcentaje de enraizamiento y tolerancia al ataque de la bacteria. El manejo de plantas durante y después del trasplante es de vital importancia para obtener altos porcentajes de supervivencia.

## LITERATURA CITADA

- Eliasson, L., Bertell, G., and Bolander, E. (1989). Inhibitory action of auxin on root elongation not mediated by ethylene. *Plant Physiology*, 91(1), 310-314.
- Fachinello, J.C. (2008). Mirtilo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, 30(2), 285-289. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452008000200001>
- Fachinello, J. C., Hoffmann, A., Nachtigal, J.C., & Kersten, E. (2005). Propagação vegetativa por estaquia. In: Fachinello, J.C., Hoffmann, A., Nachtigal, J. C. Propagação de plantas frutíferas. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas. pp. 69-109.
- FAOSTAT. (2019). Food and Agricultural Organization of the United Nations. Recuperado de <http://www.fao.org/faostat/en/#search/Blueberries>
- Fogaça, C.M., & Fett-Neto, A. G. (2005). Role of auxin and its modulators in adventitious rooting of *Eucalyptus* species differing in recalcitrance. *Plant Growth Regulation*, 45, 1-10. doi: 10.1007/s10725-004-6547-7
- Guerrero, C.J. & Lobos, A.W. (1989). Determinación de *Pseudomonas syringae* en arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L.), en el sur de Chile. *Agricultura Técnica (Chile)*, 49(3), 224-227.
- Kaluzna, M., Pulawska, J., & Mezka, B. (2013). A new bacterial disease on blueberry (*Vaccinium corymbosum*) caused by *Pseudomonas* spp. *Journal of Plant Protection Research*, 53(1), 32-36. doi: 10.2478/jppr-2013-0004
- Kobayashi, D. Y. (1995). A bacterial leaf spot on highbush blueberry hardwoods cuttings caused by *Pseudomonas andropogonis*. *Plant Disease*, 79(8), 839-842.
- Lobato de Oliveira, F.D., Fachinello, J.C., Corrêa, A.L.E., Fiss, T.C.R., & Giacobbo, C.L. (2008). Enraizamiento de estacas semilenhosas de mirtilo sob o efeito de diferentes concentrações de ácido indolbutírico. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, 30(2), 557-559. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452008000200051>
- Pacholczak, A., and Nowakowska, K. (2015). The *ex vitro* rooting of blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) microcuttings. *Folia Horticulturae*, 27(2), 145-150. doi: 10.1515/fhort-2015-0024
- Panicker, B., Thomas, P., and Jnakiram, T. (2009). Acclimatization and field evaluation of micropropagated plants of chrysanthemum cv. 'Arka Swarna'. *Journal Horticultural Science*, 4(1), 32-35.
- Pelizza, T.R., Damiani, C.R., Rufato, A.D.R., De Souza, A.L.K., Ribeiro, M.F., & Schuch, M.W. (2011). Microestaquia em mirtilo com diferentes porções do ramo e substratos. *Bragantia*, Campinas, 70(2), 319-324.
- Peña, M.L.P., Gubert, C., Tagliani, M.C., Bueno, P.M.C., & Biasi, L.A. (2012). Concentrações e formas de aplicação do ácido indolbutírico na propagação por estaquia dos mirtilos cvs. Flórida e Clímax. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, 33(1), 57-64. doi: 10.5433/1679-0359.2012v33n1p57
- Picolotto, L., Kleinick, V.G., Dos Santos, P.I., Aldrighi, G.M., & Corrêa A.L.E. (2015). Enraizamiento de estacas de amoreira-preta em função da adubação nitrogenada na planta matriz. *Revista Ceres*, Viçosa, 62(3), 294-300. <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737X201562030009>.
- Ravindra, M. B., and Thomas, P. (1995). Sachet technique -an efficient method for the acclimatization of micropropagated grapes (*Vitis vinifera* L.). *Current Science*, 68, 546-548.
- Trevisan, R., Franzon, R.C., Fristche, N.R., Da Silva, G.R., & Corrêa A.L.E. (2008). Enraizamiento de estacas herbáceas de mirtilo: influenciada lesão na base e do ácido indolbutírico. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, 32(2), 402-406. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542008000200009>.
- Vaughan, E.K. (1956). A strain of *Pseudomonas syringae* pathogenic on cultivated blueberry. *Phytopathology*, 46(11), 640.
- Villa, F., Pio, R., Chalfun, N.N.J., Almeida, G.T.C., & Ferreira, D.L. (2003). Propagação de amoreira-preta utilizando estacas lenhosas. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, 27(4), 829-834. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542003000400013>
- Vignolo, K., G., Lobato de Oliveira F., D., Fernandes A., V., Jeske K., R., y Corrêa A., L. E. (2012). Enraizamiento de estacas lenhosas de três cultivares de mirtilo com diferentes concentrações de AIB. *Ciência Rural*, Santa Maria, 42(5), 795-800. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782012005000017>.
- Wagner, J.A., Couto, M., Raseira, M. do C. B., & Franzon, R.C. (2004). Efeito da lesão basal e do ácido indolbutírico no enraizamiento de estacas herbáceas de quatro cultivares de mirtilo. *Revista Brasileira de Agrocência*, 10(2), 251-253. DOI: <http://dx.doi.org/10.18539/cast.v10i2.954>

## Evaluation of 11 hybrids of sugar cane (*Saccharum* spp.) in the central region of Veracruz, Mexico

### Evaluación de 11 híbridos de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en la región central de Veracruz, México

Cervantes-Preciado J.F.<sup>1</sup>; Milanés-Ramos, N.<sup>2</sup> y Castillo, M.A.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Tecomán. Carretera Colima-Manzanillo km 35, Tecomán, Colima, México. C. P. 28930.

<sup>2</sup>Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar Mayabeque-Artemisa. INICA, AZCU-BA. Cuba. <sup>3</sup>Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Peñuela, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. C. P. 94945.

\*Autor para correspondencia: cervantes.jeovani@inifap.gob.mx

#### ABSTRACT

**Objective:** The objective of this study was to select new hybrids of sugarcane (*Saccharum* spp.) adapted to the area supply of the Central Progreso sugar mill located in Paso del Macho, Veracruz, Mexico.

**Design/methodology/approach:** A group of 11 new hybrids were established in the agroindustrial phase, in order to compare their adaptation and field and industrial performance using the commercial hybrids Mex 69-290 and CP 72-2086 as controls.

**Results:** The results obtained indicated that during the plant cycle and under local soil conditions, the ColMex 98-100 hybrid showed the highest field yield (144.34 t ha<sup>-1</sup>) and the higher value for the theoretical sugar per hectare (20.26 t), even though it had the lowest values of percentage of sucrose (Pol) (14.64). Regarding the percentage of sucrose, the highest records were obtained by the ColMex 95-27 (16.97), ColMex 05-627 (16.29), and ColMex 05-47 (16.27) hybrids, with values above the commercial control CP 72-2086 (16.11).

**Limitations on study/implications:** An important limitation for the investigation was the abundance of stones in the top soil.

**Findings/conclusions:** It can be concluded that after analyzing the agricultural and industrial performance that, the best hybrids were: ColMex 98-100, ColMex 05-47, ColMex 05-627, and CP 71-1038, surpassing the commercial controls.

**Keywords:** evaluation, hybrids, sugar cane, performance and quality.

## RESUMEN

**Objetivo:** El objetivo de este estudio fue seleccionar nuevos híbridos de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) adaptados al área de abasto del Ingenio Central Progreso localizado en Paso del Macho, Veracruz, México.

**Diseño/metodología/aproximación:** Se estableció en fase agroindustrial un grupo de 11 nuevos híbridos, los cuales fueron comparados por su adaptación y rendimiento de campo e industrial con los híbridos comerciales Mex 69-290 y CP 72-2086.

**Resultados:** Los resultados obtenidos indicaron que durante el ciclo planta y bajo las condiciones edafoclimáticas del lugar, el híbrido ColMex 98-100 resultó ser el mejor en rendimiento de campo ( $144.34 \text{ t ha}^{-1}$ ) y mayor valor en azúcar teórica por hectárea (20.26 t), aun teniendo los valores más bajos en porcentaje de sacarosa (Pol) (14.64%). En cuanto a la variable % de sacarosa, los mayores porcentajes lo obtuvieron los híbridos ColMex 95-27 (16.97%), ColMex 05-627 (16.29%) y ColMex 05-47 (16.27%), con valores por encima del testigo comercial CP 72-2086 (16.11%).

**Limitaciones del estudio/implicaciones:** Una limitación importante para la investigación fue la abundancia de piedras sobre la capa arable del suelo.

**Hallazgos/conclusiones:** Se puede concluir que después de analizar el comportamiento agrícola e industrial, los mejores híbridos fueron: ColMex 98-100, ColMex 05-47, ColMex 05-627 y CP 71-1038, superando a los testigos comerciales.

**Palabras clave:** Evaluación, híbridos, caña de azúcar, rendimiento y calidad.

bajo, dado que cada región cañera presenta su problemática particular. En el caso de Veracruz comparte un problema con casi todas las regiones cañeras del país, que consiste en que su producción depende de la plantación principalmente de tres variedades, Mex 69-290 y CP 72-2086 290 y Mex 79-431, las cuales conjuntan el 65% de la superficie sembrada del país (Senties-Herrera *et al.*, 2016; Senties-Herrera *et al.*, 2017). La primera de ciclo medio y la segunda precoz, ambas actualmente presentan un declive productivo natural, el cual se cree se debe a alguna degradación genética natural, ya que tienen más de 25 años de uso comercial, de tal manera que presentan rendimientos de campo muy variables en una misma zona, siendo este desde  $40$  a  $125 \text{ t ha}^{-1}$ . Además, presentan mayor susceptibilidad a plagas y enfermedades comunes y de comportamiento esporádico.

Por lo antes expuesto, se deben buscar alternativas que ayuden a no seguir inmersos en la hibernación que se ha permanecido desde la desaparición del IMPA en 1990, perdiendo cada vez la oportunidad de ser competitivos en el mundo globalizado y sobre todo con una agroindustria frágil y vulnerable ante problemas fitosanitarios, agroecológicos, entre otros. Una de las alternativas más importantes es el mejoramiento genético, el cual se originó por la necesidad de obtener variedades resistentes a las enfermedades importantes como el sereh, mosaico, carbón, gomosis y otras, empleando diferentes estrategias dependientes de las características específicas de cada enfermedad y de las condiciones ambientales de los países correspondientes (China, 1997).

## INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar (*Saccharum* spp. Híbrido) es actualmente cultivada por más de 100 países en más de 20 millones de hectáreas en el mundo, en donde se producen 1,300 millones de toneladas de caña (CEN-GICAÑA, 2010). En México es el cultivo agroindustrial más importante desde el punto de vista económico y social, puesto que se encuentra presente en 15 estados del país, participa con el 0.5% del Producto Interno Bruto del país. Se producen 50.9 millones de toneladas de caña y alrededor de 5.8 millones de toneladas de azúcar y un rendimiento medio en campo de  $75 \text{ t ha}^{-1}$ . (CONADESUCA, 2016a).

El estado de Veracruz ha sido durante décadas el principal productor de caña de azúcar en México. Lo anterior se debe principalmente a que en dicho estado se encuentran concentrados 22 de los 51 ingenios activos en el país. Según datos de CONADESUCA (2016b), durante la zafra 2015-2016 se cosecharon 323,650 ha, de las cuales se obtuvieron 20,861,246 toneladas de caña de azúcar, con una producción de 2,320,901 toneladas de azúcar, equivalente al 37.94 % de la producción total del país. El rendimiento de campo promedio para el estado fue de  $64.45 \text{ t ha}^{-1}$ , cinco toneladas por hectárea menos que el rendimiento nacional ( $69.56 \text{ t ha}^{-1}$ ). En México este rendimiento es

Por lo anterior, y con la finalidad de incrementar los rendimientos agroindustriales e impulsar la economía y bienestar para los sectores campesinos, obreros e industriales, es de vital importancia la evaluación de nuevos híbridos de caña de azúcar con altos rendimientos por hectárea, resistentes a plagas y enfermedades y adaptadas a las condiciones ecológicas del lugar. Asimismo es importante regionalizar las diferentes áreas cañeras de acuerdo con su productividad natural, a fin de conocer su potencialidad productiva (Morril, 1993). En este contexto, este estudio tuvo como objetivo evaluar y seleccionar nuevos híbridos de caña de azúcar en fase de evaluación agroindustrial por su adaptación y rendimiento de campo e industrial, en el área de influencia del Ingenio Central Progreso, S. A. de C. V., localizado en Paso del Macho, Veracruz, México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La evaluación de nuevos híbridos de caña de azúcar se realizó en terrenos del Campo Experimental del Ingenio Central Progreso S. A. de C. V., ubicado en la localidad de Paso de Macho, Veracruz, con las siguientes coordenadas geográficas: 18° 50' de LN y 96° 43' de LO. Las condiciones edafoclimáticas del lugar son: Suelos Feozem poco profundos, con un exceso de piedras a una profundidad no mayor de 30 cm. El sitio de estudio se encuentra a una altitud de 500 m, con una temperatura media anual de 26.5 °C, precipitación pluvial anual de 1650 mm. La siembra se realizó con un surcado a 1.20 metros de distancia.

**Fase en evaluación.** La evaluación agroindustrial es la última etapa de investigación en el proceso de selección de variedades que provienen tanto de la producción de nuevas variedades híbridas a partir de semilla verdadera (Fuzz), como de las variedades de introducción nacionales y extranjeras.

En esta fase se evalúan un número reducido de híbridos con sus respectivos testigos regionales, la particularidad de esta fase es que los ensayos se establecen bajo diseño experimental y el número de variables agronómicas, calidad, tolerancia a los agentes bióticos y sobre todo de rendimiento potencial de biomasa y azúcares, se intensifica en relación con las etapas previas.

**Híbridos evaluados.** Se evaluaron un grupo de 11 nuevos híbridos de caña de azúcar procedentes de semilla Fuzz y estaca de diferentes generaciones, los cuales fueron comparados con los testigos comerciales CP

72-2086 y Mex 60-290. Estos nuevos híbridos seleccionados se han evaluado por su alto rendimiento agroindustrial por ocho a diez años en distintas fases de selección.

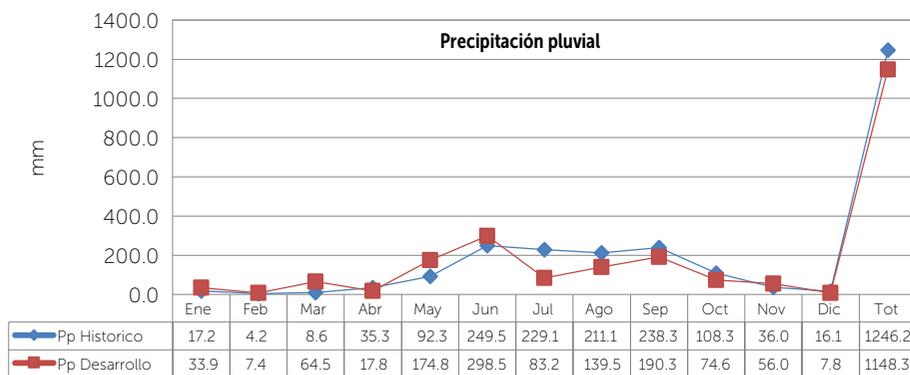
**Diseño experimental.** El diseño experimental utilizado en este estudio fue bloques al azar con cuatro replicas. La unidad o parcela experimental fue de seis surcos de 12 m de longitud por 1.20 m de ancho, siendo la parcela útil de cuatro surcos de 12 m de longitud, donde se realizaron los muestreos de variables agronómicas, así como la estimación de rendimiento final por hectárea para cada variedad a los 15 meses de edad. Por otro lado, en los dos surcos laterales se llevaron a cabo los análisis de variables de calidad a partir de los 12-15 meses de edad y con ello la realización de la curva de madurez por híbrido.

**Variables evaluadas.** Las características evaluadas en esta fase fueron: porcentaje de brotación, estimación del rendimiento de campo por cada variedad a los 15 meses de edad de la planta y porcentaje de sacarosa en caña. Además de las condiciones edafoclimáticas del lugar.

**Análisis estadístico.** Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) entre tratamientos (híbridos) y repeticiones (SAS). Para la comparación de medias se utilizó la prueba de diferencias de Tukey al 5% y comprobación de hipótesis por la prueba de F.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Caracterización del clima histórico y durante el desarrollo del estudio.** El 50 % de la zona de abasto de Central Progreso está clasificada como zona seca ya que llueve menos de 1,100 mm. El 19% del área se clasifica como de transición (1,100 a 1,300 mm) y solo el 25 % de la zona se clasifica como húmeda al recibir de 1,300 a 1,800 mm anuales de precipitación o misma que es regada por los ríos Jamapa o Atoyac. En la Figura 1 se observa el comportamiento de la precipitación pluvial mensual histórica (2000-2013), comparado con las lluvias durante los meses en que se desarrolló el cultivo. Históricamente los meses con mayor cantidad de lluvia fueron junio a septiembre; pero en el año del desarrollo del cultivo fue menor, sin embargo, se mantuvo una mayor humedad en el suelo, debido a una mejor distribución de las lluvias, es decir, en el periodo de mayor sequía (marzo-mayo) se registraron 257.1 mm comparado con 136.3 mm que se obtuvieron históricamente.



**Figura 1.** Promedios históricos mensuales y durante el desarrollo del estudio de híbridos de caña de azúcar en Ingenio Central Progreso S. A. de C. V.

**Brotación a los 45 días después de la plantación.**

De acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis de varianza, en la variable porcentaje de brotación hubo diferencia altamente significativa entre híbridos, más no así para repeticiones, arrojando un coeficiente de variación de 15.476%. Asimismo, se observa que, los híbridos CP 71-1038 y ColMex 98-100, si bien no fueron estadísticamente distintos a los testigos comerciales Mex 69-290 y CP 72-2086, fueron los únicos que los superaron en 3 y 5% de brotación, respectivamente. Nueve de los 13 híbridos en estudio son estadísticamente iguales entre ellos y solamente 4 híbridos (30.7%) son inferiores al resto. De acuerdo con lo anterior, Cervantes *et al.* (2013), mencionan que existen condiciones edafoclimáticas, tales como: humedad, temperatura y la aireación del suelo que intervienen en la brotación del cultivo.

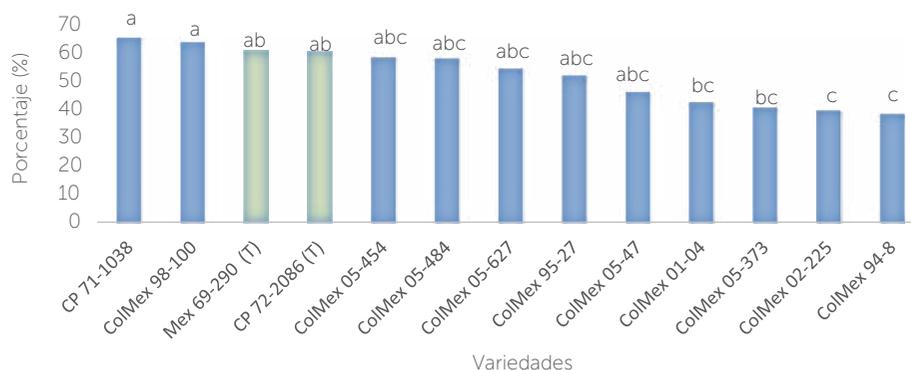
**Rendimiento de campo.** Destaca el rendimiento del híbrido ColMex 98-100 con 144.34 t ha<sup>-1</sup>; sin embargo, no es superior desde el punto de vista estadístico a 8 híbridos más que son evaluados, entre ellos los testigos comerciales Mex 69-290 y CP 72-2086 con rendimientos de 120.58 y 111.04 t ha<sup>-1</sup> respectivamente. Por otro lado, solo dos

híbridos en evaluación (ColMex 05-454 y ColMex 01-04) tuvieron rendimientos menores a 100 t ha<sup>-1</sup>, lo cual indica que están muy por encima con los rendimientos históricos de las variedades o híbridos cultivados en dicho lugar. Lo anterior, corrobora lo mencionado por Milanés *et al.* (2013), quienes mencionan que, en el rendimiento de campo y fábrica en nuevas varie-

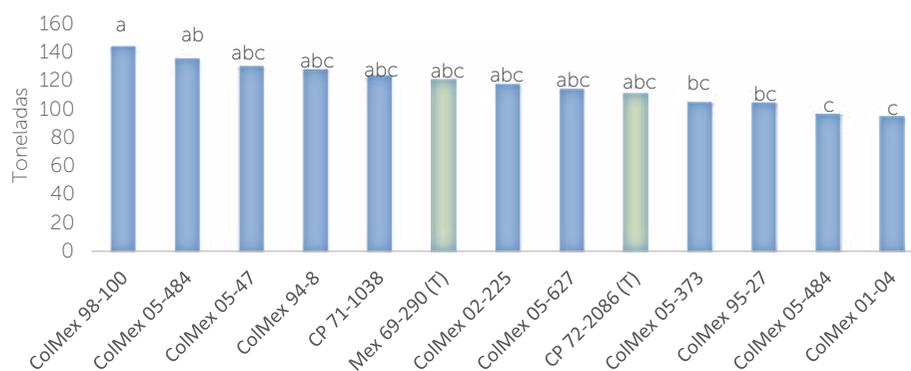
dades, participan un grupo de variables de clima, suelo y manejo que tienen una influencia marcada en su comportamiento en los ingenios azucareros.

**Porciento de sacarosa en caña (Pol).**

El porciento de sacarosa en caña es sin duda la variable de mayor importancia e interés puesto que, cuanto mayor es su valor al momento de la cosecha, aunado al rendimiento de campo y eficiencia de fábrica, mayor es la cantidad de azúcar obtenida. En el análisis realizado a los 15 meses de edad, se observó que hubo diferencias altamente significativas entre híbridos, no así para repeticiones. Asimismo, destaca por su alto contenido de sacarosa (Pol) el híbrido ColMex 95-27 con un valor 16.98%; es estadísticamente igual a 9 híbridos más, entre los que se encuentran los testigos



**Figura 2.** Comportamiento del porcentaje de la brotación a los 45 días de la plantación, en la localidad de Paso de Macho, Ingenio Central Progreso, Veracruz.



**Figura 3.** Rendimiento de campo a los 15 meses de edad de la planta, en la localidad de Paso de Macho, Ingenio Central Progreso, Veracruz.

comerciales Mex 69-290 y CP 72-2086 con valores de 16.11 y 16.02 % respectivamente. El híbrido ColMex 98-100 a pesar de obtener el mayor rendimiento con 144.34 t ha<sup>-1</sup>, presentó los valores más bajos en las curvas de °Brix y sacarosa, comportándose como un cultivar de maduración media-tardía.

## CONCLUSIONES

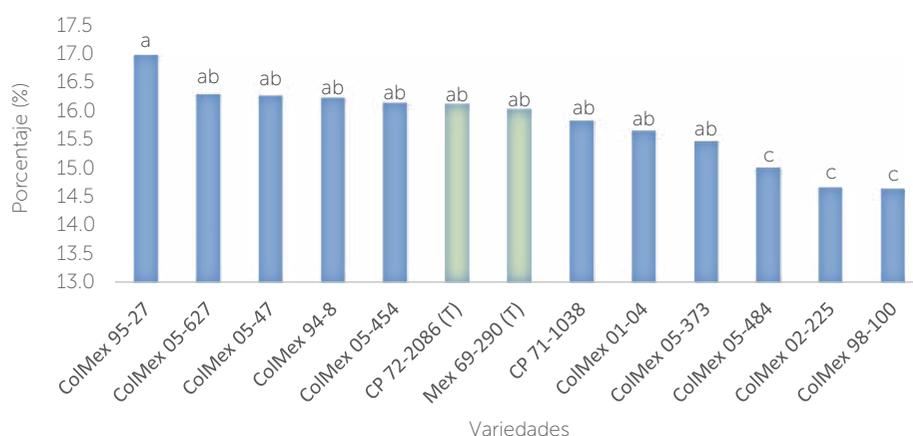
El estudio indicó que durante el ciclo planta y bajo las condiciones edafoclimáticas del lugar, el híbrido

ColMex 98-100 resultó ser el mejor en rendimiento de campo (144.34 t ha<sup>-1</sup>), sin embargo, obtuvo los valores más bajos en porcentaje de sacarosa (Pol) (14.64%), comportándose como un cultivar de madurez media a tardía. Durante los meses de muestreo, los mayores porcentajes de sacarosa lo obtuvieron los híbridos ColMex 95-27 (16.97%), ColMex 05-627 (16.29%) y ColMex 05-47 (16.27%), con valores por encima del testigo comercial CP 72-2086 (16.11%), variedad considerada en México como la mejor en contenido de sacarosa. De acuerdo con su comportamiento agrícola e industrial durante todo el desarrollo del cultivo y para las condiciones edafoclimáticas del lugar, los mejores híbridos fueron: ColMex 98-100, ColMex 05-47, ColMex 05-627 y CP 71-1038, superando a los testigos comerciales Mex 69-290 y CP 72-2086.

## LITERATURA CITADA

CENGICAÑA. (2010). Memoria. Presentación de resultados de investigación. Zafra 2009-2010. Guatemala. 442 p.

Cervantes P., J.F., Vizcaino G., A., Miranda M., R., García P., J.C., Mata V., H., García S., J. A., Pérez M., J., Herrera C., F., Tapia V., M., Reyes C., A. & Bermúdez G., M.J. (2013). Producción de etanol en variedades de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en ocho



**Figura 4.** Comportamiento de porcentaje de sacarosa a los 15 meses de edad de la planta, en la localidad de Paso de Macho, Ingenio Central Progreso, Veracruz.

entidades de México. Folleto Técnico Núm. 1 INIFAP-CIRPAC Campo Experimental Tecoman. Tecoman, Colima, México.

CONADESUCA. (2016a). Índices de sustentabilidad para la agroindustria de la caña de azúcar en México. SAGARPA. Folleto de distribución nacional. México.

CONADESUCA (2016b). Sistema Infocaña. Recuperado de <http://www.campomexicano.gob.mx/azcf/reportes/reportes.php?tipo=CIERRE>.

China, M.A. (1997). Evaluación fitopatológica del germoplasma de la caña de azúcar. En G. Pérez, N. Liranza, A.M. China, J.P. Legón, & F. Esquivel. (Eds.). Recursos genéticos de la caña de azúcar (pp. 37-47). Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA): La Habana, Cuba.

Milanés R., N., Vázquez C., J.J., Castillo M., A., Rodríguez L., D.A., & Herrera S., A. (2013). Predicción de los rendimientos de campo y fábrica en la zona de abastecimiento del Ingenio Central Progreso S.A. de C.V. Resumen Científico ATAM 2013. 10 p.

Morril, C.A. 1993. El mejoramiento genético de la caña de azúcar en México. Tecnología. GEPLACEA No. 3.

Senties-Herrera, H.E., Gómez-Merino, F.C., & Loyo-Joachín, R. (2016). El mejoramiento genético de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en México: Una historia de éxito con nuevos desafíos. Agroproductividad 9, 8-13.

Senties-Herrera, H.E., Trejo-Téllez L.I., & Gómez-Merino F.C. (2017). The Mexican sugarcane production system: History, current status and new trends. En R. Morphy (Ed.), Sugarcane: Production Systems, Uses and Economic Importance (pp. 39-71). New York, USA: Nova Publishers.



## Physical and clinical evaluation of bulls in two municipalities of the small coast of Guerrero, Mexico

### Evaluación física y clínica de sementales bovinos en dos municipios de la costa chica de Guerrero, México

Núñez Martínez Guadalupe<sup>1</sup>; Mendoza Núñez Mario Antonio<sup>1</sup>; Sollano Mendieta Citlali Estefania<sup>1</sup>; Rojas García Adelaido Rafael<sup>1</sup>; Maldonado Peralta María de los Angeles<sup>1</sup>; Sánchez Santillán Paulino<sup>1</sup>; Bottini Luzardo María Benedicta<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Guerrero. Cuajinicuilapa, Guerrero, México. C. P. 41940.

\*Autor para correspondencia: mariabluzardo@yahoo.es

#### ABSTRACT

**Objective:** To evaluate the reproductive physical characteristics and general health of bulls in two municipalities of Costa Chica of Guerrero, Mexico.

**Design/methodology/approach:** The study was carried out in the municipalities of Ometepec and Cuajinicuilapa. Thirty bulls between 2 and 10 years of age were evaluated. In the physical reproductive and clinical examination were performed by direct observation, using ultrasound to evaluate attached reproductive glands and testicular parenchyma. Blood samples were taken to determine the blood profile. Descriptive statistics was used to present the results.

**Results:** The 86% of the bulls had adequate legs and feet as well as preputial length. Scrotal circumference was according to the age and breed of the animals. Testicular defects were showed for 30% of the bulls, the most common was hypoplasia and unilateral tumors of testicular parenchyma and epididymis, as well as calcifications of the testicular parenchyma. The 93% of the bulls had normal accessory genital glands. Clinically 24% of the bulls with signs suggestive of anaplasmosis were found. The 76% of the bulls, apparently healthy, presented monocytosis, thrombocytopenia and anemia.

**Limitations on study/implications:** the lack of knowledge of the producers about the need for a comprehensive evaluation of the bulls allows them to suffer from diseases without receiving any type of treatment, decreasing their reproductive efficiency.

**Findings/conclusions:** Most of the bulls evaluated had the minimum physical characteristics required, although the presence of anemia and respiratory diseases may have an indirect negative impact on the reproductive efficiency of the bulls.

**Keywords:** Bulls, Guerrero, physical evaluation, reproduction, clinical evaluation.



## RESUMEN

**Objetivo:** Evaluar las características físicas reproductivas y la salud general de los sementales bovinos en dos municipios de Costa Chica de Guerrero, México.

**Diseño/metodología/aproximación:** Se evaluaron reproductiva y clínicamente 30 sementales, de entre 2 y 10 años. El examen reproductivo, se realizó por observación directa, empleándose ecografía para evaluar glándulas reproductivas anexas y el parénquima testicular. La evaluación clínica se realizó por medio del examen físico y perfil hemático. Se empleó estadística descriptiva para la presentación de los resultados.

**Resultados:** El 86% de los sementales tuvieron aplomos y largo prepucial adecuado, así como circunferencia escrotal acorde a la edad y raza de los animales. El 30% de los sementales presentaron defectos testiculares, siendo los más comunes, hipoplasia y tumores unilaterales de parénquima testicular y epidídimos, así como calcificaciones del parénquima testicular. El 93% de las glándulas anexas fueron normales. Clínicamente se encontró un 24% de los sementales con signos sugerentes a anaplasmosis. El 76% de los toros, aparentemente sanos, presentaron monocitosis, trombocitopenia y anemia.

**Limitaciones del estudio/implicaciones:** El desconocimiento de los productores sobre la necesidad de una evaluación integral de los sementales permite que éstos padezcan enfermedades que no son tratadas, disminuyendo su eficiencia reproductiva.

**Hallazgos/conclusiones:** La mayoría de los sementales evaluados tuvieron las características físicas mínimas requeridas, aunque la presencia de anemia y enfermedades respiratorias pueden tener incidencia negativa indirecta sobre la eficiencia reproductiva de los sementales.

**Palabras clave:** Toros, Guerrero, evaluación física, reproducción, evaluación clínica.

estrategia reproductiva empleada la monta natural, como en la mayoría de la ganadería en el área tropical (Vera *et al.*, 2015), por lo que es indispensable que el semental tenga una salud óptima (Olazaran *et al.*, 2014). Sin embargo, la evaluación andrológica no es un examen de rutina en la mayoría de las unidades de producción del estado de Guerrero.

En el presente trabajo se hipotetiza que la mayoría de los toros empleados como reproductores en dos municipios de la Costa Chica de Guerrero no cumplen con las características físicas mínimas para ser sementales y presentan deficiencias de salud. Siendo el objetivo del presente estudio determinar la aptitud reproductiva de sementales, en dos municipios de la Costa Chica de Guerrero, evaluando las características físicas y el estado general de salud.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Localización.** El estudio se llevó a cabo en julio del 2018 en las comunidades de Tierra Blanca y la Cañada (16° 40' N y 98° 24' O) a una altitud de 240 m (Municipal, 2018) pertenecientes al municipio de Ometepec, Guerrero; y en la localidad de Cuajinicuilapa, municipio de Cuajinicuilapa, Guerrero, México (16° 08' N y 98° 23' O) a una altitud de 50 m (Guerrero, 2015).

**Animales.** Se evaluaron 30 machos *Bos indicus*, *Bos taurus* y sus cruces *Bos taurus* × *Bos indicus*, con edades comprendidas entre 2 y 10 años que son empleados como sementales. Para la evaluación los animales pasaron por una manga, siendo sujetos con prensa para facilitar su manejo. Al inicio de la evaluación al propietario de cada toro se le realizó

## INTRODUCCIÓN

El macho constituye el 50% del rebaño, de él depende que las hembras gesten. En este sentido la evaluación física del toro, cobra especial importancia, ya que un toro con deficiencias en aplomos, y órganos genitales externos e internos, no continúa a la evaluación seminal (Alexander, 2015) y se descarta como reproductor dependiendo de la gravedad de su situación. La evaluación física puede ir más allá de las características de conformación corporal y ampliarse a la evaluación de la salud general del macho, que además de incluir el diagnóstico de enfermedades reproductivas, es necesaria la determinación de enfermedades infecciosas y no infecciosas (Boggio-Devicenzi, 2007). Sin embargo, la evaluación de la salud general es poco frecuente o simplemente no se realiza, subvalorando el efecto que pueda tener sobre el potencial reproductivo del macho (Das *et al.*, 2010).

En el estado de Guerrero, la producción bovina se basa en el sistema de cría con venta de becerros para la engorda (Escobedo y García, 2002), siendo la

una encuesta para determinar el fin zootécnico de sus unidades de producción y la frecuencia con la que evaluaban la salud general de los machos, así como la evaluación física y reproductiva.

**Evaluación reproductiva.** Características físicas evaluadas. El examen físico de los sementales se realizó por evaluación directa de la característica que se deseaba evaluar empleando la metodología descrita por Silva (1989). El parénquima testicular y glándulas reproductivas anexas se evaluaron, empleando ecografía, según la metodología descrita por Momont y Checurea (2015).

**Visión.** Se evaluó si los sementales presentaban reducción de la capacidad de visión, observando la presencia de lesiones en los ojos como nubes, conjuntivitis, inicio de tumores (cáncer), o ceguera.

**Condición corporal (CC).** La CC se evaluó utilizando criterios visuales estandarizados, empleando una escala de uno a nueve donde 1 es un animal emaciado y 9 en un animal obeso (Ayala-Burgos et al., 1998).

**Miembros anteriores y posteriores.** Se observó que el desplazamiento del toro fuera libre sin signos de cojeras o dolor e impedimento al caminar (traslape de manos a pies o pisar muy en corto y/o abierto (Charcot, 1999; Silva, 1989).

Se emplearon las imágenes de las Figuras 1 y 2 como parámetros de referencia para la evaluación de los miembros

anteriores y posteriores respectivamente.

**Examen de órganos genitales.** Prepucio y pene. El largo del prepucio se evaluó visualmente, siendo el largo ideal el que no sobrepasa la línea del corvejón (Silva, 1989). Mediante inspección visual se determinó la presencia de lesiones, cicatrices o inflamación en el pene y mucosa prepucial.

**Testículos.** Se evaluó la apariencia general del escroto en busca de laceraciones, heridas o cambios de coloración. Posteriormente se determinó la simetría testicular, siguiendo los parámetros señalados por Silva (1989). La circunferencia escrotal se midió empleando un testímetro y tomada de la parte más ancha de los testículos (Charcot, 1999).

Para evaluar el parénquima testicular y los epidídimos se empleó un

ecógrafo Chison Eco 5, con transductor lineal transrectal de 6.5 MHz. Las glándulas reproductivas anexas, próstata, glándulas vesiculares y bulbouretrales, también fueron evaluadas empleando ecografía, midiendo el tamaño de cada una (ancho y largo), presencia de tumores o inflamación (Alexander, 2015).

**Evaluación clínica.** La evaluación clínica se realizó por medio del examen físico y hematológico.

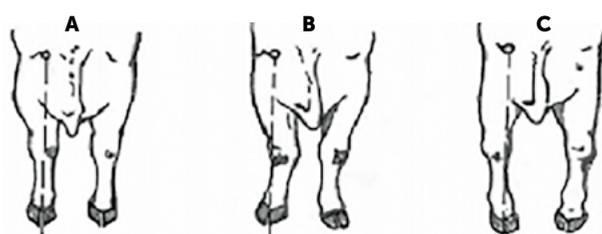
**Examen físico.** En el examen físico se midieron constantes fisiológicas como, temperatura, frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria, tiempo de llenado capilar, movimientos ruminales y coloración de las mucosas.

**Biometría hemática.** Se tomaron muestras sanguíneas de 29 sementales. Las muestras fueron tomadas de vena coccígea en tubos vacutainer con EDTA como anticoagulante, para la obtención de sangre completa. Una vez obtenida la sangre, se dejó reposar a temperatura ambiente durante 15 minutos para posteriormente conservarlas a 5 °C hasta su procesamiento en el laboratorio de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia N° 2.

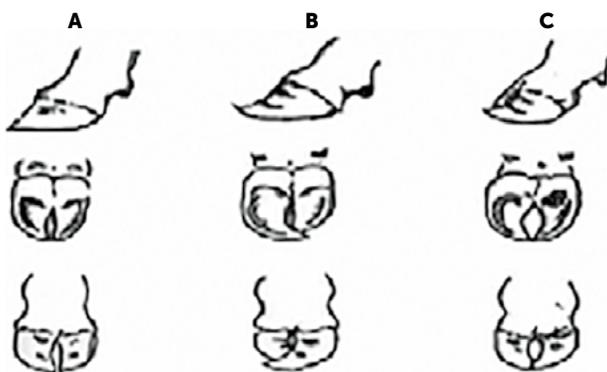
**Análisis de resultados.** Los resultados obtenidos fueron descritos empleando estadística descriptiva, gráficos y cuadros.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El sistema de producción fue determinado como doble propósito. La composición racial de los sementales



**Figura 1.** A) Aplomos anteriores normales, B) cerrado de rodillas, C) cerrados de manos.



**Figura 2.** Pisada (conformación de pezuñas) A) adecuada, B) cerrada, C) abierta.

evaluados fue de 23% cebú (Brahman, Sardo Negro y Gyr), 47% *Bos taurus* (Pardo Suizo, Simbrah) y 30% toros mestizos *Bos indicus* × *Bos taurus* (Pardo Suizo por cebú). Los sementales evaluados presentaron condición corporal satisfactoria siendo mayor o igual a 5 puntos lo que es indicativo de una buena alimentación (Ayala-Burgos, 1998).

La presencia de sementales cruzados *Bos indicus* × *Bos taurus* es común en los sistemas doble propósito. Vila-boa-Arroniz et al. (2009) reportan este patrón racial en el 80% de las unidades de producción doble propósito en Papaloapan, Veracruz. Por el contrario en el estado de Chiapas se reporta que el 77% de los sementales empleados en unidades doble propósito son *B. taurus* y sólo el 9.4% cruza *B. indicus* × *B. taurus*. Esta diferencia podría responder al objetivo de incrementar la producción de leche, ya que en Chiapas los sementales *B. taurus* empleados son mayoritariamente de la raza Holstein (Camacho et al., 2017).

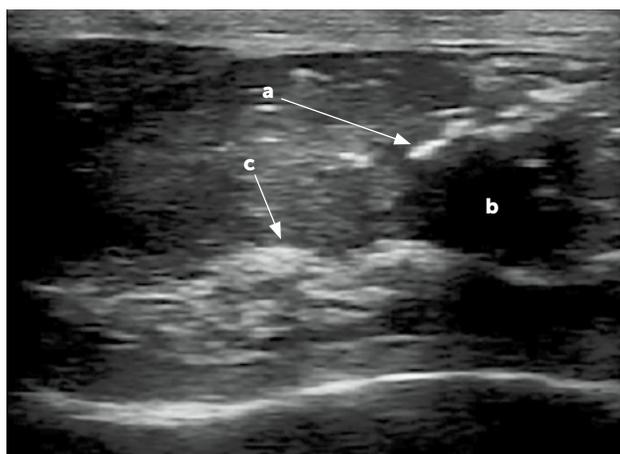
Por el contrario en el estado de Guerrero la ganadería está orientada a la producción de becerros para engorda y la leche sólo constituye el ingreso diario para el mantenimiento del hato, por lo que toros cruzados o puros con aptitud cárnica, resultan la mejor opción para el productor (Escobedo y García, 2002). Similares resultados fueron reporta-

dos por Jiménez y Merino (2017) en los municipios limítrofes del estado de Oaxaca y Guerrero.

En cuanto a la conformación de aplomos, pisada, largo prepucial, consistencia y conformación testicular, la mayoría de los toros tuvo un resultado satisfactorio (Cuadro 1). Las características físicas como conformación de los miembros anteriores y posteriores, así como la conformación del prepucio, no son extensamente estudiadas, por lo que no se encontró en la literatura científica consultada estudios con los que se puedan comparar los resultados obtenidos.

**Cuadro 1.** Evaluación de las características físicas de sementales en los municipios de Ometepec y Cuajinicuilapa, Guerrero.

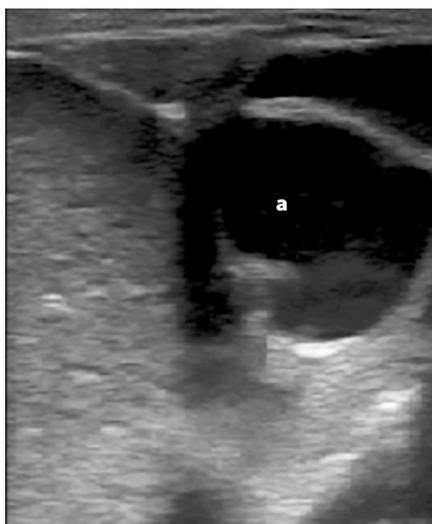
| Características         | Adecuada % | Inadecuado % |
|-------------------------|------------|--------------|
| Aplomos                 | 62         | 38           |
| Pisada                  | 83         | 17           |
| Largo prepucial         | 86         | 14           |
| Testículos              |            |              |
| Consistencia            | 86         | 14           |
| Conformación testicular | 69         | 31           |



**Figura 3.** Parénquima testicular de machos empleadas como sementales. a) Mineralización; b) Quiste, c) Tumor.

Los testículos son el órgano productor de espermatozoides. A la palpación, la mayoría de los sementales mostraron testículos con una consistencia firme, sin presencia de endurecimientos, inflamación o edemas. El 14% restante presentó calcificaciones, tumoraciones y quistes en el parénquima, lo cual fue corroborado a través de ecografía (Figura 3) y 20% quiste en la cola del epidídimo (Figura 4).

Fuentes y Castillo (2005) indican que cualquier defecto en la conformación testicular es un indicador de lesiones, anomalías o enfermedades testiculares que pudo haber padecido el animal. Monina et al. (2000) señalan que las anomalías en la simetría testicular, pueden atribuirse músculos más desarrollados en el lado derecho del abdomen que indirectamente tiran de la médula testicular, elevando así el testículo derecho más que el izquierdo o viceversa. Silva (1989) establece que todas estas alteraciones afectan en mayor o menor grado la funcionalidad testicular y también menciona que una mala conformación testicular puede provocar cierto grado de subferti-



**Figura 4.** Quiste en la cola del epidídimo (a).

dad, descartando a los toros para su uso como sementales. Al igual que la presencia de puntos hiperecóticos en el parénquima testicular, producto de la microcalcificación, mostrando degeneración del parénquima testicular (Mahmood et al., 2016).

Por su parte la presencia de tumores en el epidídimo puede causar dificultad en la maduración espermática y obstrucción de la salida de los mismos, por lo que este tipo de afecciones son motivo de descarte del semental (Momont y Checura, 2015).

La circunferencia escrotal varió con respecto a la edad y raza. Se observó que los animales *Bos indicus* y los mestizos y *Bos indicus* x *Bos taurus* con edad de dos años, tuvieron una circunferencia escrotal menor a los sementales *Bos taurus* de la misma edad, sin embargo, esta diferencia no se observó en animales entre 3 y 6 años (Cuadro 2). Similares resultados fueron encontrados por Orantes y Vilaboa (2010) en sementales evaluados en el estado de Chiapas.

Se ha establecido que los toros *Bos indicus* tienen un desarrollo corporal y testicular menor y más tardío en comparación con los toros *Bos taurus* o sus mestizos. Sin embargo esta diferencia desaparece en animales adultos (Vera et al., 2015). La circunferencia escrotal es una característica reproductiva de suma importancia en la evaluación de los sementales, dado que el tama-

**Cuadro 2.** Circunferencia escrotal de sementales evaluados en los municipios de Ometepec y Cuajinicuilapa, Guerrero, México.

| RAZA                                   | Edad (años) |            |            |
|--|-------------|------------|------------|
|  | 2           | 3 a 6      | ≥6         |
| <i>Bos indicus</i>                     | 27 - 32 cm  | 36 - 39 cm |            |
| <i>Bos taurus</i>                      | 31 - 39 cm  | 37 - 44 cm | 37 - 41 cm |
| <i>Bos indicus</i> x <i>Bos taurus</i> | 29 - 35 cm  | 37 - 40 cm | 50 cm      |

ño testicular está relacionado con la fertilidad del macho y de la hembra (Alexander, 2015; Páez-Barón y Corredor-Camargo, 2014).

#### Glándulas anexas.

El 93% de los sementales tuvieron glándulas anexas adecuadas. El restante 7% de los sementales presentaron hiperplasia de las glándulas vesiculares y bulbouretrales. La glándulas accesorias pueden ser afectadas por agentes patógenos como bacterias, lo cual exige realizar un cultivo y un estudio histopatológico, siendo poco frecuente el hallazgo de patologías en las mismas (McEntee, 1990), lo cual coincide con la baja cantidad de toros que presentaron algún problema en las glándulas anexas, en el presente estudio.

**Evaluación clínica.** En el Cuadro 3 se muestra los resultados del examen físico y biometría hemática. El 24% de los sementales se mostraba enfermo, encontrándose que padecían neumonía, dermatitis causadas por garrapatas, anemia y fiebre (39.4 a 39.8 °C). Tres de estos siete sementales presentaron anemia, monocitosis y trombocitopenia, indicativo de baja concentración de plaquetas y eritrocitos; lo cual puede estar dado por un patógeno rickettsial intraeritrocítico transmitido por garrapatas que causa la anaplasmosis bovina (Muñoz et al., 2014).

El resto de los bovinos examinados, 74% sanos a primera vista, de los cuales el 69% presentó reflejo tusígeno positivo, el 20% presentó monocitosis con trombocitopenia,

**Cuadro 3.** Evaluación clínica de sementales en los municipios de Ometepec y Cuajinicuilapa, Guerrero.

| No. de animales/(%) | Examen físico                | Biometría hemática |             |                 |              |
|---------------------|------------------------------|--------------------|-------------|-----------------|--------------|
|                     |                              | Anemia             | Monocitosis | Trombocitopenia | Linfocitosis |
| 2 (7%)              | Neumonía+DPG                 |                    |             |                 |              |
| 2 (7%)              | Neumonía+DPG                 |                    | *           |                 | *            |
| 3 (10%)             | Neumonía+DPG                 | *                  | *           | *               |              |
| 9 (31%)             | Aparentemente sanos: RTP+DPG |                    |             |                 |              |
| 4 (14%)             | Aparentemente sanos: RTP+DPG | *                  | *           |                 |              |
| 6 (20%)             | Aparentemente sanos: RTP+DPG |                    | *           | *               |              |
| 1 (4%)              | Aparentemente sanos: RTP+DPG | *                  | *           | *               |              |
| 1 (4%)              | Papilomatosis                |                    | *           |                 | *            |
| 1 (4%)              | Lipomas                      |                    | *           |                 | *            |
| Total               |                              | 8 (28%)            | 18 (62%)    | 9 (31%)         | 4 (14%)      |

RTP: Reflejo tusígeno positivo; DPG: Dermatitis por piquete de garrapata.

el 14% anemia y monocitosis; el 4% anemia, monocitosis y trombocitopenia. Es importante enfatizar que, aunque los bovinos se observen físicamente sanos, pueden presentar alteraciones subclínicas, indicativas de alguna enfermedad. El hecho de que existiera un porcentaje alto de trombocitopenia (24%) y un 18% de anemia en los animales aparentemente sanos, además de la dermatitis por piquete de garrapata, sugiere que estos animales podrían estar cursando por una infección de anaplasmosis (Min-goo *et al.*, 2018). Estudios más profundos son necesarios para corroborar la presencia de *Anaplasma* spp. Así, aquellas razones responsables de los cambios clínicos encontrados constituyen un factor de riesgo que podría afectar negativamente la eficiencia reproductiva del macho.

Es necesario señalar que la totalidad de los productores desconocían la deficiente salud de los sementales, porque no realizan evaluaciones periódicas de la salud de éstos.

La deficiencias de salud, sin duda alguna, podrían ocasionar disminución en la eficiencia reproductiva del macho, lo que el productor compensa con la adquisición de más sementales (Orantes y Vilaboa, 2010) incrementando los gastos de producción.

Los resultados obtenidos en el presente estudio permiten sugerir la necesidad de incluir una evaluación clínica rutinaria a los sementales, para detectar patologías que puedan causar de forma indirecta, disminución en el desempeño reproductivo del macho.

## CONCLUSIONES

La mayoría de los sementales evaluados en dos municipios de la Costa Chica de Guerrero sí presentaron las características físicas mínimas para ser utilizados como sementales. Sin embargo, padecían de problemas respiratorios e infecciones no diagnosticados que podrían afectar indirectamente su eficiencia reproductiva.

## LITERATURA CITADA

- Alexander, J. (2015). Evaluation of Breeding Soundness: The Physical Examination. En R. Hopper (Ed.), *Bovine Reproduction* (pp. 64-67). Mississippi.
- Ayala-Burgos, A., Honhold, R., Delgado, R., & Magaña, J. (1998). A visual condition scoring scheme for *Bos indicus* and crossbred cattle. *In: Dual purpose cattle research*. En J. Anderson, S. Wadsworth (Ed.), *Proceeding of an international workshop* (p. 1998). Mérida, México.
- Boggio-Devicenzi, J. (2007). Evaluación de la Aptitud Reproductiva Potencial y Funcional del Toro. En J. Boggio-Devicenzi (Ed.) (pp. 1-26) Santiago de Chile.
- Camacho, J., Cervantes, F., Palacios, M., Vargas, A., & Ocampo, J. (2017). Especialización de los sistemas productivos lecheros en México: la difusión del modelo tecnológico Holstein. *Specialization of dairy production systems in Mexico: Diffusion of Holstein technological model*. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 8(3), 259-268.
- Charcot, J. (1999). Guía práctica para seleccionar un semental bovino de carne. (CONARGEN, Ed.). México, D.F.: CONARGEN.
- Das, S., Bhuiyan, A. K. F. H., Begum, N., Habib, M. A., & Arefin, T. (2010). Fertility and parasitic infestation of Red Chittagong cattle. *The Bangladesh Veterinarian*, 27(2), 74-81.
- Escobedo, J. C., & García, R. (2002). Caracterización de la producción de bovinos de doble propósito en Guerrero, México. *In Análisis de la Cadena de Comercialización de Bovinos de Doble Propósito en Guerrero*, (pp. 1-5). México Acapulco.
- Fuentes, H.E.G. & Castillo, M.U.E. (2005). Evaluación de la aptitud reproductiva de los toros en la finca. Zamorano, Bonito Oriental, departamento de Colón, Honduras. Tesis de Grado Académico de Licenciatura. Universidad Zamorano. Honduras.
- Guerrero, G. del E. de. (2015). Enciclopedia del estado de Guerrero. Retrieved from <http://siglo.inafed.gob.mx/enciclopedia/EMM12guerrero/municipios/12023a.html>
- Jiménez, D., & Merino, J. (2017). Caracterización de las unidades de producción bovina en los municipios San Juan Cacahuatepec y San Pedro Amuzgos, del estado de Oaxaca. Universidad Autónoma de Guerrero.
- Mahmood, K., Ahmad, N., Akhtar, N., & Ali, S. (2011). Ultrasound imaging of testes and epididymides of normal and Infertile breeding bulls. *Pakistan Veterinary Journal*, 31(04), 345-350.
- McEntee, K. (1990). *Reproductive Pathology of domestic mammals*. Boston: C. University, Ed..
- Min-goo, S., Ouh, I., Lee, S., Son, U., Geraldino, P. J. L., Rhee, M. H., & Kwak, D. (2018). Serological detection of antibodies against *Anaplasma* spp. in cattle reared in the Gyeongsangbuk-do, Korea. *Korean Journal Parasitology*, 56(3), 287-290.
- Momont, H., & Checura, C. (2015). Ultrasound evaluation of the reproductive tract of the bull. En R. Hopper (Ed.), *Bovine Reproduction* (pp. 80-91). Ames, Iowa.
- Monina, M., Heritier, J., Della, J., Croce, M., Galetti, E., Ierace, A., Véspoli, M. (2000). Evaluación ultrasonográfica de las gonadas del toro. *Ciencia Veterinaria Facultad de Ciencias Veterinarias*, 2, 91-102.
- Morata Alba, J., & Beltrán Catalá, P. (2016). ¿Qué significa una calcificación intratesticular? *Revista Pediátrica Atención Primaria*, 18, 97-99.
- Municipal, H. A. (2018). "Ometepec, Somos todos." Retrieved from <http://www.ometepec.gob.mx/wp-content/uploads/2017/01/ATLAS-MUNICIPAL-DE-RIESGO.pdf>
- Muñoz, T., Ayora, P., & Jiménez, V. (2014). Prevalencia de anaplasma marginales mediante extendidos sanguíneos en el cantón Zamora, Provincia de Zamora Chichipe. *Centro de Biotecnología*, 3(1), 44-51.
- Olazarán, S., Rosete, J., Zárate, J., Ríos, A., Fragoso, A., & Granados, L. (2014). Estado reproductivo de sementales bovinos en sistemas de pastoreo en clima tropical. *INIFAP*.

- Orantes, M., & Vilaboa, J. (2010). Evaluación de sementales bovinos en el programa "Ganado Mejor" de la región centro de Chiapas. *Quehacer Científico en Chiapas*, 1, 34–38.
- Páez-Barón, E., & Corredor-Camargo, E. (2014). Evaluación de la aptitud reproductiva del toro. *Ciencia y Agricultura*, 11(2), 49–59.
- Silva, C. (1989). Evaluación de Sementales Bovinos en el Trópico. (pp. 45-68). Mérida: Universidad Autónoma de Yucatán.
- Vera, H., Vila, A., Jiménez, H., Álvarez, H., De la Torre, J., Gutiérrez, C., ...& Ruíz, H. (2015). Estado del arte sobre investigación e innovación tecnológica en ganadería bovina tropical. En E. González Padilla & J. Dávalos Flores (Eds.), *Libro Técnico* ( pp. 153). México: REDGATRO CONACYT.
- Vilaboa-Arroniz, P., Díaz-Rivera, P., Ruíz-Rosado, O., Platas-Rosado, D., González-Muñoz, S., & Juárez-Lagunes, F. (2009). Caracterización socioeconómica y tecnológica de los agroecosistemas con bovinos de doble propósito de la región del Papaloapan, Veracruz, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10, 53-62.





## Methodological proposal for the evaluation of projects in five steps

### Propuesta metodológica para la evaluación de proyectos en cinco pasos

Martínez-Cruz, Ramiro<sup>1\*</sup>, Portillo-Vázquez, Marcos<sup>1</sup>, Del Valle Sánchez, Manuel<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Chapingo, División de Ciencias Económico Administrativas. Carretera México-Texcoco km 38.5, Chapingo, Texcoco, Estado de México, México. C. P. 56230.

\*Autor de Correspondencia: inden.rmtz@gmail.com

---

#### ABSTRACT

**Objective:** To carry out a methodological proposal for the evaluation of projects in five steps, which allows the procedure to be developed in a practical, easy, fast and orderly manner, generating understanding, effectiveness and efficiency in the analysis and confidence in the results obtained.

**Design/methodology/approach:** It is based on the analytical-deductive cost-benefit ratio and the extrapolation method. The problem was identified and the five steps for project evaluation were structured.

**Results:** The methodology for the evaluation of projects in five steps is proposed.

**Limitations/implications:** There is limited knowledge of the analysis process translated into a disarticulation of the development of the procedure and distrust of the results obtained. It is because the designer is not a financial specialist and lacks theoretical support and methodological focus on the subject.

**Findings/Conclusions:** This methodological proposal allows the development of the procedure in a practical, easy, fast and orderly manner, generating understanding, effectiveness and efficiency in the analysis and confidence in the results obtained for the decision making in the instrumentation of the Projects. It does have theoretical-practical utility and strengthens the theory of project evaluation.

**Key words:** evaluation, projects, investment, profitability, steps.

#### RESUMEN

**Objetivo:** Realizar una propuesta metodológica para la evaluación de proyectos en cinco pasos, que permita desarrollar el procedimiento de forma práctica, fácil, rápida y ordenada, generando comprensión, eficacia y eficiencia en el análisis y confianza en los resultados obtenidos.

**Diseño/metodología/aproximación:** Se basa en el método analítico-deductivo relación beneficio-costos y el método de extrapolación. Se identificó el problema y se estructuró los cinco pasos para la evaluación de proyectos.

**Resultados:** Se propone la metodología para la evaluación de proyectos en cinco pasos.

**Limitaciones/implicaciones:** Existe un limitado conocimiento del proceso de análisis traducido en una desarticulación del desarrollo del procedimiento y desconfianza en los resultados obtenidos. Se debe a que el proyectista no es especialista financiero y carece de sustento teórico y enfoque metodológico en el tema.

**Hallazgos/conclusiones:** La propuesta metodológica permite llevar a cabo el desarrollo del procedimiento de forma práctica, fácil, rápida y ordenada, generando comprensión, eficacia y eficiencia en el análisis y confianza en los resultados obtenidos para la toma de decisiones en la instrumentación de los proyectos. Sí tiene utilidad teórica-práctica y fortalece la teoría de evaluación de proyectos.

**Palabras clave:** evaluación, proyectos, inversión, rentabilidad, pasos.

## INTRODUCCIÓN

**A** toda actividad encaminada a tomar una decisión de inversión sobre un proyecto se le llama evaluación de proyectos (Baca, 2010). La evaluación de proyectos consiste en comparar los costos con los beneficios que éstos generan, para así decidir sobre la conveniencia de llevarlos a cabo (Fontaine, 1999). Es una metodología clásica y tradicional para la elaboración de propuestas de inversión que ayuda hacer un uso eficiente de los recursos y maximizar el rendimiento de cada peso invertido.

Aunque la evaluación de proyectos de inversión en empresas en marcha tiene diferencias significativas respecto de la evaluación de proyectos para medir la conveniencia de la creación de nuevos negocios, los fundamentos conceptuales básicos son comunes a ambos tipos de estudios (Sapag, 2007). Para el diseño de empresas nuevas se usa el enfoque de proyectos y para el análisis de empresas en operación se usa el enfoque de plan de negocios. La investigación aborda el enfoque de proyectos y determina la valoración de la inversión por el método objetivo de evaluación cuyos indicadores principales son la Tasa Interna de Retorno (TIR), también llamada eficiencia marginal del capital (Keynes, 2003), el Valor Actual Neto (VAN) y la Relación Beneficio/Costo (RBC).

El dominio y comprensión del proceso es limitado traduciéndose en una desarticulación del análisis y desconfianza en los resultados obtenidos pues el proyectista no es especialista financiero y carece de sustento teórico y enfoque metodológico. Por lo anterior, el objetivo de la investigación fue realizar una propuesta metodológica para la evaluación de proyectos en cinco pasos, que permite el desarrollo del procedimiento de forma práctica, fácil, rápida y ordenada, generando comprensión, eficacia y eficiencia en el análisis y confianza en los resultados obtenidos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se basó en el método analítico-deductivo relación beneficio-costos y el método de extrapolación. Se llevó a cabo la identificación del problema, establecimiento del título, consultas de fuentes

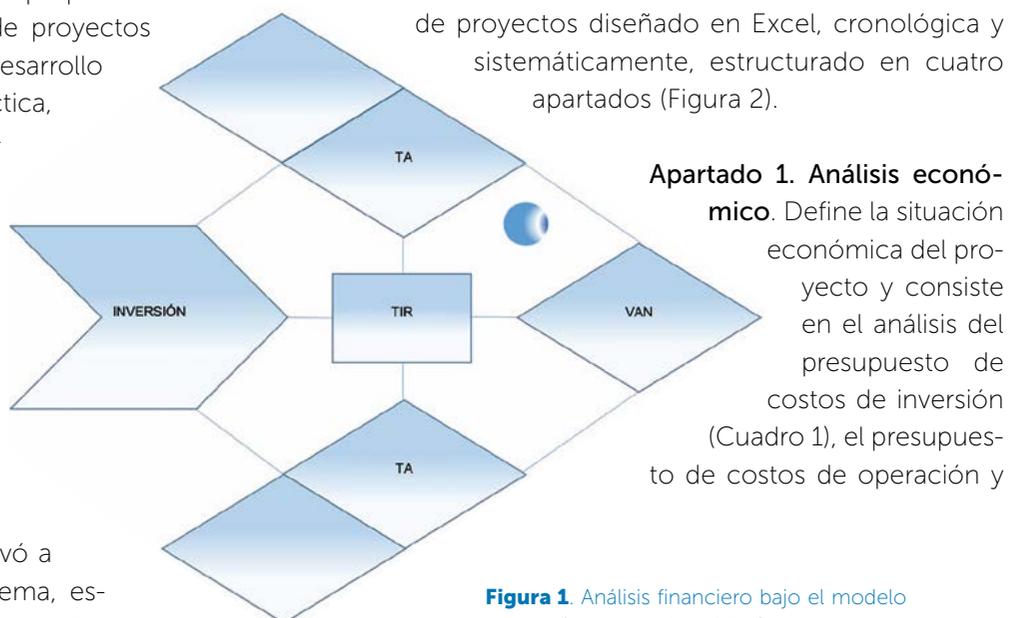
bibliográficas y definición del principio de evaluación de proyectos, diseño del modelo de evaluación en Excel, estructuración de los cinco pasos para la evaluación de proyectos, revisión y visto bueno de la propuesta metodológica, prueba, presentación en foros académicos, aplicación de la propuesta impartiendo talleres para estudiantes, profesores y consultores.

**Principio de evaluación de proyectos.** Toda inversión está condicionada a dos tasas de interés, una interna llamada Tasa Interna de Retorno (TIR) y otra externa llamada Tasa de Actualización (TA); si la interna es mayor o igual a la externa, entonces la propuesta de inversión se lleva a cabo, de lo contrario se rechaza; lo anterior se presenta en forma esquemática en la Figura 1.

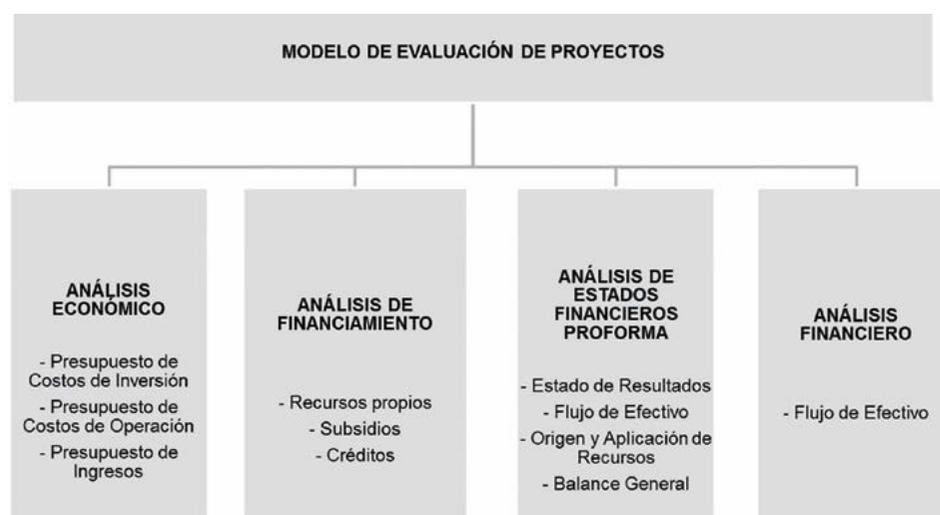
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvo la propuesta metodológica para la evaluación de proyectos en cinco pasos: 1) el cálculo, 2) la interpretación, 3) el punto crítico, 4) la condición de aceptación y, 5) el dictamen.

**Paso 1. El cálculo.** Comprende el 80% de la evaluación y es el paso más extenso del proceso. La mayoría de estos cálculos se hace mediante simples operaciones aritméticas (Gittinger, 1983), tales como la suma, resta, multiplicación, división, potenciación y radicación. El proceso de evaluar implica identificar, medir y valorar los costos y beneficios (Fontaine, 1999), y en base a la lógica del método analítico-deductivo se procesa, analiza y deduce la información para los cálculos, haciendo hincapié en el cómo y el porqué de las operaciones. Se desarrolla sobre el modelo de evaluación de proyectos diseñado en Excel, cronológica y sistemáticamente, estructurado en cuatro apartados (Figura 2).



**Figura 1.** Análisis financiero bajo el modelo del pez (Martínez et al., 2018).



**Figura 2.** Estructura del modelo de evaluación de proyectos. Elaboración propia, 2018.

el presupuesto de ingresos. También es llamado análisis de presupuestos.

**Apartado 2. Análisis de financiamiento.** Consiste en establecer la estructura de financiamiento del proyecto, estructurar el programa de ministraciones para cada fuente financiera, definir las condiciones de financiamiento, programar la recuperación de la aportación de cada fuente financiera, y determinar la tasa de actualización del proyecto. También es llamado mezcla de recursos o apalancamiento financiero (Cuadro 2).

**Apartado 3. Análisis de estados financieros proforma.** Se elaboran los cuatro estados financieros básicos de la contabilidad: el estado de pérdidas y ganancias, el estado de flujo de efectivo, el estado de origen y apli-

cación de recursos, y el balance general. Se les conoce como estados financieros proforma porque se proyectan al horizonte de análisis. Sobre ellos se calculan los indicadores complementarios de rentabilidad: las razones financieras, la capacidad de pago, el periodo de recuperación de la inversión y el punto de equilibrio.

#### **Apartado 4. Análisis financiero.**

Se retoma el estado financiero flujo de efectivo del apartado 3, se agrega a ingresos el valor

de desecho de activos fijos y el capital de trabajo, calculados en el balance general, en el último año del horizonte, y sobre su estructura se obtienen los indicadores de rentabilidad que sí consideran el valor del dinero en el tiempo: la Tasa Interna de Retorno, el Valor Actual Neto y la Relación Beneficio/Costo, a la Tasa de Actualización previamente definida en el apartado 2 (Cuadro 3).

Para poner a prueba la propuesta se trabajó con información hipotética evaluando una inversión de \$2,844,353.00, a una tasa de actualización del 10.06%, con flujos de efectivo que ocurren anualmente, durante un horizonte de 5 años, obteniendo: a) VAN=\$2,098,042.00, en el horizonte, b) RBC=1.18, en el horizonte y, c) TIR=29.63%, anualmente.

**Cuadro 1.** Presupuesto de costos de inversión. Elaboración propia, 2018.

| NO | CONCEPTOS          | UNIDAD    | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO (\$) | INVERSIÓN TOTAL (\$) |
|----|--------------------|-----------|----------|----------------------|----------------------|
| 1  | Activos fijos      | Equipos   | 4        | 600,000              | 2,400,000            |
| 2  | Activos diferidos  | Servicios | 5        | 59,200               | 296,000              |
| 3  | Capital de trabajo | Mes       | 1        | 148,353              | 148,353              |
| 4  | Inversión total    |           |          |                      | 2,844,353            |

**Cuadro 2.** Estructura de fuentes financieras. Elaboración propia, 2018.

| NO | CONCEPTOS                    | INVERSIÓN TOTAL (\$) | FINANCIAMIENTO (\$) |           |         |
|----|------------------------------|----------------------|---------------------|-----------|---------|
|    |                              |                      | PROPIO              | SUBSIDIO  | CREDITO |
| 1  | Activos fijos                | 2,400,000            | 778,000             | 964,000   | 658,000 |
| 2  | Activos diferidos            | 296,000              | 226,000             | 70,000    | -       |
| 3  | Capital de trabajo           | 148,353              | 148,353             | -         | -       |
| 4  | Inversión total              | 2,844,353            | 1,152,353           | 1,034,000 | 658,000 |
| 5  | Participación porcentual (%) | 100.00               | 40.51               | 36.36     | 23.13   |

**Cuadro 3.** Flujo de efectivo del proyecto (\$). Elaboración propia, 2018.

| NO | CONCEPTOS          | HORIZONTE DE ANÁLISIS DEL PROYECTO (AÑOS) |                      |           |           |           |           |
|----|--------------------|---|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|    |                    | INVERSIÓN                                 | PERÍODO DE OPERACIÓN |           |           |           |           |
|    |                    | 0%  | 50%                  | 75%       | 90%       | 100%      | 100%      |
|    |                    | 0   | 1                    | 2         | 3         | 4         | 5         |
| 1  | Beneficios totales | -   | 2,116,800            | 3,175,200 | 3,810,240 | 4,269,600 | 6,028,315 |
| 2  | Costos totales     | 2,844,353                                 | 1,462,806            | 2,261,215 | 2,681,605 | 3,036,450 | 2,949,894 |
| 3  | Flujo de efectivo  | -2,844,353                                | 653,994              | 913,985   | 1,128,635 | 1,233,150 | 3,078,421 |

**Paso 2. La interpretación.** Comprende el 5% de la evaluación y se apoya en el método de extrapolación. Como la mayoría de los indicadores son razones financieras se propone llevar a cabo la interpretación con base a lo que se ha denominado *el ABC de la interpretación de indicadores financieros vía razones* (Cuadros 4 al 6).

- A. Identificar el nombre de la cuenta del numerador y el nombre de la cuenta del denominador.
- B. Identificar el valor de la cuenta del numerador y el valor de la cuenta del denominador.
- C. Interpretar partiendo de la base. La base es el denominador; se expresa en 1 cuando el indicador está en tanto por uno, o en 100 cuando el indicador está en tanto por ciento.

Toda razón es un cociente que expresa, en tanto por uno, la relación cuantitativa que existe entre dos cuen-

tas: la cuenta del numerador y la cuenta del denominador.

**Paso 3. El punto crítico.** El punto crítico es el parámetro de referencia respecto al cual se compara y decide si se acepta o rechaza el indicador y la realización de la propuesta de inversión. Este paso comprende el 5% de la evaluación. De acuerdo con el tipo de indicador, el punto crítico puede definirse de 3 formas.

- a. Por la naturaleza del indicador. Muchos indicadores tienen su punto crítico definido de manera natural, como el VAN cuyo punto crítico natural es cero (0), porque cero indica un estado neutro e indiferente donde no se pierde ni se gana constituyendo un parámetro de referencia fácilmente identificable, por arriba del cual se acepta y por debajo se rechaza.

**Cuadro 4.** Interpretación del Valor Actual Neto. Elaboración propia, 2018.

| CUENTAS     | A                 | B               | C  |
|-------------|-------------------|-----------------|--|
| Numerador   | Utilidad neta     | \$ 2,098,042.00 | La <b>inversión inicial</b> de \$ 2,844,353.00 de capital en el proyecto producirá una <b>utilidad neta</b> de \$ 2,098,042.00, al 10.06% de actualización, con flujos de efectivo que ocurren anualmente, durante el horizonte de análisis de 5 años. |
| Denominador | Inversión inicial | \$ 2,844,353.00 |  |

**Cuadro 5.** Interpretación de la Relación Beneficio/Costo. Elaboración propia, 2018.

| CUENTAS     | A                  | B       | C   |
|-------------|--------------------|---------|---|
| Numerador   | Beneficios totales | \$ 1.18 | Por cada \$ 1.00 de inversión en <b>costos totales</b> de capital en el proyecto se producirá \$ 1.18 de <b>beneficios totales</b> , al 10.06% de actualización, con flujos de efectivo que ocurren anualmente, durante el horizonte de análisis de 5 años. |
| Denominador | Costos totales     | \$ 1.00 |   |

**Cuadro 6.** Interpretación de la Tasa Interna de Retorno. Elaboración propia, 2018.

| CUENTAS     | A                       | B         | C   |
|-------------|-------------------------|-----------|---|
| Numerador   | Utilidad neta anual     | \$ 29.63  | Por cada \$ 100.00 de <b>inversión inicial anual</b> de capital en el proyecto se producirá \$ 29.63 de <b>utilidad neta anual</b> , con flujos de efectivo que ocurren anualmente, durante el horizonte de análisis de 5 años. |
| Denominador | Inversión inicial anual | \$ 100.00 |   |

- b. Por política del mercado. Existen indicadores cuyo punto crítico es impuesto de acuerdo con las políticas del mercado. Ejemplo, SAGARPA (2017), en Reglas de Operación indica que la tasa de actualización para calcular los indicadores del proyecto es del 10%, como mínimo. Es decir, el punto crítico de la Tasa Interna de Retorno es el 10% de Tasa de Actualización.
- c. Por resultados operativos históricos. Indicadores como el punto de equilibrio, definen su punto crítico en base a este criterio, tomando como punto de referencia los resultados operativos del año anterior para operar el año actual. Es análogo a la afirmación: hoy seré mejor que ayer, o bien, mañana seré mejor que hoy. La referencia de comparación es un resultado histórico ya obtenido.

Para el caso hipotético, los puntos críticos de los indicadores financieros son: 0 para el VAN, 1 para la RBC y la Tasa de Actualización (10.06%) para la TIR.

**Paso 4. La condición de aceptación.** Comprende el 5% de la evaluación. Consiste en comparar y medir el indicador con el punto crítico definido y establecer la condición, la cual puede plantearse de tres formas: mayor que, menor que o igual que, dando lugar a tres escenarios diferentes:

- a) Si  $VAN > 0$ ,  $RBC > 1$  y  $TIR > \text{Tasa de Actualización}$ , entonces se aceptan.
- b) Si  $VAN < 0$ ,  $RBC < 1$  y  $TIR < \text{Tasa de Actualización}$ , entonces se rechazan.
- c) Si  $VAN = 0$ ,  $RBC = 1$  y  $TIR = \text{Tasa de Actualización}$ , entonces se neutralizan.

En la práctica, la condición general de aceptación comprende el escenario a) y el escenario c), quedando como condición general de aceptación: si  $VAN \geq 0$ ,  $RBC \geq 1$  y  $TIR \geq \text{Tasa de Actualización}$ , entonces se aceptan. De acuerdo con los indicadores obtenidos del caso hipotético y las condiciones establecidas se tiene:

- a) Como  $VAN > 0$ ,  $RBC > 1$ , y  $TIR > 10.06\%$ , entonces, se aceptan.

**Paso 5. El dictamen.** Comprende el 5% de la evaluación y establece el dictamen del indicador de acuerdo con la condición de aceptación definida. El dictamen del indicador puede ser positivo, negativo o indiferente, en base a si se acepta, rechaza o neutraliza, dando lugar a:

- a) Si VAN, RBC y TIR se aceptan, entonces el dictamen es positivo y se recomienda tomar la decisión de llevar a cabo el proyecto, porque producirá ganancias netas después de pagar la inversión inicial, los costos de operación y el costo financiero del capital.
- b) Si VAN, RBC y TIR se rechazan, entonces el dictamen es negativo y no se recomienda tomar la decisión de llevar a cabo el proyecto, porque producirá pérdidas netas después de que la inversión inicial, los costos de operación y el costo financiero del capital, todos o uno de ellos, no se lograrán pagar.
- c) Si VAN, RBC y TIR se neutralizan, entonces el dictamen es indiferente y la recomendación de tomar la decisión de llevar a cabo el proyecto recae en otros indicadores, principalmente de rentabilidad social, llamados indicadores de desempate, porque no producirá pérdidas ni ganancias y sólo pagará la inversión inicial, los costos de operación y el costo financiero del capital.

Aplicando la dictaminación a los indicadores se tiene:

- a) Como el VAN, la RBC y la TIR se aceptan, entonces el dictamen es positivo.

Finalmente, se presenta la interpretación completa de los indicadores obtenidos:

**El Valor Actual Neto (VAN = \$ 2,098,042.00).** La inversión inicial de \$ 2,844,353.00 de capital en el proyecto producirá una utilidad neta de \$ 2,098,042.00, al 10.06% de actualización, con flujos de efectivo que ocurren anualmente, durante el horizonte de análisis de 5 años. Como el  $VAN > 0$ , siendo 0 su punto crítico, entonces el VAN se acepta y el dictamen es positivo, por lo que se recomienda tomar la decisión de llevar a cabo el proyecto, porque producirá ganancias netas después de pagar la inversión inicial, los costos de operación y el costo financiero del capital.

**La Relación Beneficio/Costo (RBC = 1.18).** Por cada \$1.00 de inversión en costos totales de capital en el proyecto se producirá \$ 1.18 de beneficios totales, al 10.06% de actualización, con flujos de efectivo que ocurren anualmente, durante el horizonte de análisis de 5 años. Como la  $RBC > 1$ , siendo 1 su punto crítico, entonces la RBC se acepta y el dictamen es positivo, por lo que se recomienda tomar la decisión de llevar a cabo el proyecto,

porque producirá ganancias netas después de pagar la inversión inicial, los costos de operación y el costo financiero del capital.

**La Tasa Interna de Retorno (TIR = 29.63%).** Por cada \$100.00 de inversión inicial anual de capital en el proyecto se producirá \$ 29.63 de utilidad neta anual, con flujos de efectivo que ocurren anualmente, durante el horizonte de análisis de 5 años. Como la TIR (29.63%) > 10.06% de Tasa de Actualización, siendo la Tasa de Actualización su punto crítico, entonces la TIR se acepta y el dictamen es positivo, por lo que se recomienda tomar la decisión de llevar a cabo el proyecto, porque producirá ganancias netas después de pagar la inversión inicial, los costos de operación y el costo financiero del capital.

## CONCLUSIONES

La propuesta metodológica para la evaluación de proyectos en cinco pasos permite llevar a cabo el desarrollo del procedimiento de forma práctica, fácil, rápida y ordenada, generando comprensión, eficacia y eficiencia en el análisis y confianza en los re-

sultados obtenidos para la toma de decisiones en la instrumentación de los proyectos. Sí tiene utilidad teórica-práctica y fortalece la teoría de evaluación de proyectos para expresar en tasa de interés la inversión y operación de cualquier negocio fundamentando su acción en el principio de evaluación de proyectos.

## LITERATURA CITADA

- Baca U. G. (2010). Evaluación de proyectos (Sexta edición). México, D.F.: McGrawHill. 330 p.
- Fontaine E.R. (1999). Evaluación social de proyectos (12ª. edición). México, D.F.: Alfaomega. 482 p.
- Gittinger J. P. (1983). Análisis económico de proyectos agrícolas (Segunda edición). Madrid, España: Tecnos. 555 p.
- Keynes, J.M. (2003). Teoría general de la ocupación, el interés y el dinero (Cuarta edición), México, D.F.: FCE. 416 p.
- Martínez-Cruz R., Portillo-Vázquez M. & Del Valle-Sánchez M. (2018). El modelo del pez: herramienta de apoyo en formulación de proyectos. Agroproductividad, 11 (3), 128-132.
- SAGARPA. (2017). Acuerdo por el que se dan a conocer las Reglas de Operación del Programa de Apoyos a Pequeños Productores para el ejercicio 2018. México, D.F.: DIARIO OFICIAL. 114 p.
- Sapag C.N. (2007). Proyectos de Inversión. Formulación y Evaluación (Primera edición). México: Pearson. 488 p.



# Collection, establishment and characterization of castor bean (*Ricinus communis* L.) in the central-northern plateau of Mexico

## Recolecta, establecimiento y caracterización de semilla de higuierilla (*Ricinus communis* L.) en el altiplano centro-norte de México

García-Herrera, E. Javier<sup>1</sup>; Cedillo-Martínez, Isaías<sup>1</sup>; Gómez-González, Adrián<sup>1</sup>; Hernández-Ríos, Ismael<sup>1\*</sup>; Amante-Orozco, Alejandro<sup>1</sup>; Rössel-Kipping, E. Dietmar<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí, Iturbide 73, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México.

\*Autor de correspondencia: ismaelhr@colpos.mx

### ABSTRACT

**Objective:** To evaluate growth, development, yield and characterization of the seed produced by 20 seed collections of castor bean gathered from Aguascalientes, Jalisco, San Luis Potosí and Zacatecas, Mexico.

**Design/methodology/approach:** Seed collected in each site was extracted and cleaned; then, the average size and weight were measured, and color was determined. Seeds were sown in bags, registering the days to emergence; when seedlings reached a 15-cm average height, they were transplanted to a plot in the community of Diego Martín, municipality of Salinas, San Luis Potosí, Mexico.

**Results:** The average number of clusters per plant was 26.8, and the average height of the plant was 2.95 m. Regarding the weight of 100 seeds, the average was 18.6 g, with a maximum value of 46.1 g for the seed collected at Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, which also presented the longest seed (15.7 mm). The most frequent background color of seed was gray, with dark brown spots on top. Concerning seedling emergence, the collected seeds called Francia Chica (100%) and Villa Hidalgo (94%) stood out.

**Limitations on study/implications:** Wild plants commonly present a wide genetic variability, which makes necessary long-term studies to get more stable seed lines.

**Findings/conclusions:** Seed collected in Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, excelled in some parameters such as size, weight and emergence.

**Keywords:** *Ricinus communis*, seed collection, seed characterization, bioenergy crops.



## RESUMEN

**Objetivo:** Evaluar el crecimiento, desarrollo y rendimiento de higuierilla, y caracterizar la semilla obtenida por 20 recolectas de higuierilla realizadas en los estados de Aguascalientes, Jalisco, San Luis Potosí y Zacatecas, México.

**Diseño/metodología/aproximación:** Se hizo una extracción y limpieza de la semilla de cada recolecta, de la que se midió tamaño y peso promedios y se determinó su color. Se prepararon macetas para producir plántulas, registrando los días a emergencia y al alcanzar en promedio 15 cm de altura se trasplantaron en una parcela en la comunidad de Diego Martín, municipio de Salinas, San Luis Potosí, México.

**Resultados:** El número promedio de racimos por planta fue 26.8 y la altura media de planta fue de 2.95 m. Con relación al peso de 100 semillas, el promedio fue de 18.6 g, con un valor máximo de 46.1 g para la recolecta de Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, San Luis Potosí, la que también presentó la semilla de mayor longitud (15.7 mm). El color más frecuente (moda) de fondo de la semilla fue el gris, con manchas café oscuro encima. En emergencia de las plántulas sobresalieron las colectas denominadas Francia Chica (100%) y Villa Hidalgo (94%).

**Limitaciones del estudio/implicaciones:** Las plantas silvestres comúnmente presentan una amplia variabilidad genética, lo que hace necesarios los estudios a largo plazo para obtener líneas de semillas más estables.

**Hallazgos/conclusiones:** Semillas recolectadas en Salinas de Hidalgo, S. L. P, sobresalieron en algunos parámetros, como tamaño, peso y emergencia.

**Palabras clave:** *Ricinus communis*, recolección de semillas, caracterización de semillas, cultivos bioenergéticos.

do por todo el país, bajo diferentes climas y a altitudes que van desde el nivel del mar hasta los 2,400 m; lo que implica una gran diversidad genotípica, fenotípica y morfológica. Según esos mismos autores, la gran propagación alcanzada por esta especie se ha facilitado por la dehiscencia de sus frutos.

Para Delgado (2006), la especie puede ser manejada como un cultivo rústico, de poca inversión y rápido flujo de caja, con muy buenas proyecciones de comercialización como insumo básico de una cadena agroindustrial de la que se obtienen productos oleo-químicos y biocombustibles; además de otras posibilidades que la planta ofrece. Brasil y Colombia han desarrollado variedades con buen rendimiento de semilla, 1,400 y 1,000 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Samayoa, 2007). El aceite presenta características fisicoquímicas que lo hacen adecuado para la producción de biocombustibles y su contenido en las semillas depende de las condiciones de la plantación, manejo agronómico, precipitación y altitud (Martínez et al., 2012). De acuerdo con SAGARPA (2017), el rendimiento de semilla puede variar de 600 a 3,000 kg ha<sup>-1</sup>. Gómez et al. (2014) reportan en algunas variedades rendimientos que van de 0.8 a 2.8 ton ha<sup>-1</sup>. López et al. (2011) mencionan que parcelas con altas densidades arrojan rendimientos de 2 ton ha<sup>-1</sup> en el trópico húmedo y de 4 ton ha<sup>-1</sup> en el trópico seco; con un promedio de 47% de contenido de aceite.

Hoy en día, el aceite de higuierilla tiene una demanda creciente para su uso como biocombustible en la aviación y la industria automotriz, lo cual requiere de información técnica y científica sobre su hábitat y

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, factores relacionados con el cambio climático son de alta prioridad; particularmente aquellos inherentes a los combustibles fósiles, por los elevados índices de contaminación que se derivan de su amplio uso. Por otra parte, la discusión sobre el uso de estos combustibles también incluye su agotamiento paulatino. Bajo esta perspectiva, a nivel mundial se buscan nuevas alternativas de abastecimiento de energía, incluyendo la producción de biocombustibles a partir de aceites de origen vegetal, que han probado ser energéticamente tan eficientes como los combustibles fósiles. Al respecto, nuestro país cuenta con especies vegetales que pueden ser utilizadas en la producción de biocombustibles; entre ellas, la higuierilla (*Ricinus communis* L.), especie que reúne características que la hacen apropiada para este propósito, sin enfrentar el dilema de elegir entre su uso como biocombustible y su uso para fines alimenticios, como ocurre con otras especies.

La higuierilla es una planta de la familia Euphorbiaceae de la que, de acuerdo con Goytia et al. (2015), existen reportes que indican que fue traída a México por los conquistadores. También se menciona que la planta se ha estableci-

generación de variedades para su adopción como cultivo (Sholz y Da Silva, 2007; Sepúlveda, 2012). Al respecto, Milano y Barreto (2013) mencionan la necesidad de desarrollar plantas precoces y de porte bajo, productivas, con alto contenido de aceite en las semillas, con racimos largos y abundantes frutos que sean indehiscentes. En este sentido, Goytia et al. (2011), reportan que en Chiapas se hicieron 151 colectas con porcentajes de aceite de entre 50 y 54. Exponen que en 2008, a través de la Comisión de Bioenergéticos, se lograron reunir 362 colectas, que fueron caracteri-



**Figura 1.** Recolecta de semilla de higuierilla de diferentes materiales en diferentes sitios.

zadas a nivel laboratorio por color, forma, tamaño, peso de 100 semillas y contenido de aceite, observándose una gran diversidad entre los materiales recolectados. De éstos, se seleccionaron 20 genotipos con características tales como: numerosos racimos por planta, racimos grandes con numerosos frutos, alto contenido de aceite en la semilla, indehiscentes y semi-indehiscentes, de portes bajo y medio. También mencionan que a nivel morfológico ha sido posible observar una alta diversidad en cuanto a forma, tamaño, color y número de semillas.

Bajo esta perspectiva, la Universidad Autónoma Chapingo, con la colaboración del Colegio de Postgraduados Campus San Luis Potosí (COLPOS-SLP), implementaron el proyecto "Mejoramiento Genético de la Higuierilla (*Ricinus communis* L.)", a través del cual se planteó obtener variedades de higuierilla con alto rendimiento de semilla y aceite, así como con características agrónomicas apropiadas para dar un manejo eficiente del cultivo, cosecha y beneficio. El proyecto se inició con la recolecta de semillas en diversos sitios para ser establecidas a manera de cultivo para la caracterización de las plantas y semillas producidas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron recolectas de semillas de higuierilla en cuatro estados del Centro-Norte del país: San Luis Potosí, Zacatecas, Aguascalientes y Jalisco. Se trazaron las rutas exploratorias de posibles lugares de recolecta. Con las rutas trazadas, se realizó la recolecta de racimos de semillas, registrándose las coordenadas geográficas de cada sitio con un aparato GPS. También se tomaron fotografías del entorno de cada sitio y de hojas individuales, tallos, y de

racimos frescos y secos de las plantas muestreadas; adicionalmente, se hicieron mediciones de la altura de las plantas y del área de sombreado y se contabilizó el número de racimos por planta (Figura 1).

Para la extracción y limpieza de la semilla (Figura 2), los racimos recolectados se desgranaron manualmente en un costal; a las cápsulas que mantuvieron la semilla adentro se les restregó ligeramente con un pedazo de madera para sacar la semilla, evitando dañarla. La semilla que no se logró extraer de esa forma, se removió de la cápsula utilizando unas pinzas o una pequeña navaja, desprendiendo la semilla de



**Figura 2.** Extracción (desgrane) de semilla de las cápsulas del fruto de higuierilla del material recolectado.

la testa dura. Las semillas extraídas se secaron al aire libre y luego se guardaron en bolsas de papel etiquetadas con claves de identificación.

**Caracterización de la semilla.** En cada recolecta, utilizando un vernier se midió alto, ancho y grueso de la semilla en una muestra de 20 semillas. También se midió el peso promedio de semilla, pesando un lote de 100 semillas de cada recolecta. El color se determinó de manera visual.

Para la plantación, la germinación de semillas se realizó en bolsas de vivero conteniendo un sustrato a partes iguales de tezontle, composta y arena, colocando la semilla a 5 cm de profundidad (Figura 3). Se aplicaron diariamente un riego por la mañana y otro por la tarde.

El trasplante de las plántulas se realizó 52 días después de la siembra. La parcela se ubicó en la comunidad de Diego Martín, aproximadamente a 10 km de Salinas de Hgo, en el municipio de Salinas, S. L. P. La parcela se preparó con un subsoleo y posteriormente un paso de rastra para la eliminación de malezas. Una vez marcados los puntos de trasplante en un diseño de marco real, se abrieron agujeros de aproximadamente 20 cm de diámetro y 20 cm de profundidad en los que se plantaron con todo y sustrato 18 plantas de cada recolecta, para un total de 360 plantas establecidas en la parcela (Figura 4). Una vez trasplantadas, a cada planta se le hizo un aporque y un cajete de tierra y se le aplicó un riego.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se indican los sitios de recolecta y algunos datos del lugar y de las muestras de las plantas de higuera consideradas; esto con el propósito de formar la línea base en cuanto a sus características. En relación con la altitud de los sitios en



**Figura 3.** Siembra de semillas de los diferentes materiales de higuera en macetas.

los que se realizaron las recolectas, ésta osciló de 1210 (Francia Chica) a 2352 m (El Orito).

El número promedio de racimos por planta de las recolectas varió de 6 (Ranchería de Guadalupe) a 100 (Tecuán). Dos recolectas tuvieron diez o menos racimos, seis tuvieron de 10 a 20 racimos, siete entre 21 y 30 y cinco por arriba de 31 racimos. El promedio de racimos por planta fue de 26.8. La altura promedio de las plantas colectadas varió de 1.2 m (El Orito) a 5.1 m (Moctezuma). Cinco colectas midieron entre 1 y 2 m, ocho entre 2.1 y 3 m y siete por arriba de lo 3 m. La altura promedio fue de 2.95 m.

En cuanto al número de plantas presentes en los sitios de recolecta, el menor fue de una (Milpillitas y Salinas de Hidalgo) y el mayor de 50 (Noria San Marcos); en promedio había 18 plantas por sitio. Respecto a las características del hábitat donde se hicieron las colectas, ocho fueron a orillas de canal de riego, cinco a orilla de carretera, dos en cauce de arroyo, dos en ladera, dos cerca de cultivo y otra en una calle de poblado.

En cuanto a la descripción de las semillas (Cuadro 2), las recolectas presentaron un peso promedio de 18.6 g por lote de 100 semillas. El valor máximo fue de 46.1 g (Salinas de Hidalgo) y el menor fue de 9.2 g (Ranchería de Guadalupe). El peso promedio por estado fue de 21.42, 19.13, 17.76 y 17.43 g, para Aguascalientes, Jalisco, San Luis Potosí y Zacatecas, respectivamente.

Con respecto al tamaño de las semillas, las más largas en promedio se presentaron en la recolecta de Salinas de Hidalgo (15.7 mm) y las más cortas en Tepezalá (8.1 mm). El ancho promedio de las semillas osciló entre 5.2 mm (para las recolectas de Mexquitic y Tepezalá) y 9.5 mm (Salinas de Hidalgo). El pro-



**Figura 4.** Establecimiento de las plántulas de higuera en la parcela.

**Cuadro 1.** Accesiones de higuera (*Ricinus communis* L.) procedentes de 20 sitios del Altiplano Centro-Norte de México.

| Colecta (localidad)    | Estado          | Altitud (m) | Latitud N     | Longitud O     | Racimos por planta | Altura planta (m) | Plantas por sitio | Ruderal           |
|------------------------|-----------------|-------------|---------------|----------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Calvillo               | Aguascalientes  | 2028        | 21° 54' 49.8" | 102° 34' 45.8" | 45                 | 3.5               | 8                 | Orilla carretera  |
| Frac. Soledad          | Aguascalientes  | 1814        | 21° 52' 40.0" | 102° 19' 26.1" | 25                 | 4.8               | 10                | Orilla canal      |
| San José de Gracia     | Aguascalientes  | 1980        | 21° 08' 36.9" | 102° 21' 26.4" | 50                 | 1.6               | 25                | Orilla carretera  |
| Tepezalá               | Aguascalientes  | 1887        | 22° 13' 33.7" | 102° 14' 14.2" | 15                 | 2.5               | 10                | Orilla canal      |
| Encarnación de Díaz    | Jalisco         | 1809        | 21° 31' 12.8" | 102° 14' 47.1" | 20                 | 3.0               | 20                | Orilla arroyo     |
| Tecuán                 | Jalisco         | 1877        | 21° 41' 30.3" | 102° 01' 25.8" | 100                | 4.0               | 10                | Lado cultivo      |
| Villa Hidalgo          | Jalisco         | 1957        | 21° 39' 31.9" | 102° 35' 34.3" | 13                 | 2.5               | 15                | Orilla arroyo     |
| Capulines              | San Luis Potosí | 1955        | 22° 10' 32.1" | 101° 03' 07.9" | 40                 | 4.0               | 10                | Cauce arroyo      |
| Corte Primero          | San Luis Potosí | 1820        | 22° 21' 06.0" | 101° 10' 17.3" | 30                 | 2.5               | 15                | Orilla canal      |
| Francia Chica          | San Luis Potosí | 1210        | 22° 32' 07.6" | 99° 33' 41.3"  | 20                 | 1.9               | 45                | Cauce arroyo      |
| Las Moras              | San Luis Potosí | 1956        | 22° 16' 22.5" | 101° 05' 34.2" | 30                 | 2.5               | 15                | Orilla carretera  |
| Milpillas              | San Luis Potosí | 2083        | 22° 14' 47.4" | 101° 08' 24.1" | 30                 | 2.6               | 1                 | Cauce arroyo      |
| Moctezuma              | San Luis Potosí | 1758        | 22° 44' 55.5" | 101° 05' 15.7" | 22                 | 5.1               | 40                | Lado cultivo      |
| Ranchería de Guadalupe | San Luis Potosí | 1861        | 22° 19' 42.0" | 101° 12' 04.6" | 6                  | 2.5               | 12                | Orilla canal      |
| Salinas de Hidalgo     | San Luis Potosí | 2038        | 22° 37' 44.1" | 101° 42' 36.3" | 9                  | 2.8               | 1                 | Macetero en calle |
| San Antonio            | San Luis Potosí | 1349        | 22° 31' 40.0" | 99° 34' 33.8"  | 25                 | 1.7               | 25                | Ladera            |
| Venado                 | San Luis Potosí | 1751        | 22° 55' 54.3" | 101° 04' 25.8" | 32                 | 5.0               | 30                | Orilla carretera  |
| El Orito               | Zacatecas       | 2352        | 22° 45' 07.8" | 102° 35' 36.4" | 20                 | 1.2               | 18                | Ladera relleno    |
| Luis Moya              | Zacatecas       | 1963        | 22° 24' 39.7" | 102° 16' 30.4" | 60                 | 4.3               | 3                 | Cauce arroyo      |
| Noria San Marcos       | Zacatecas       | 2045        | 22° 16' 22.6" | 101° 57' 28.6" | 18                 | 2.0               | 50                | Orilla canal      |

medio en mm para largo, ancho y grueso de la semilla fue de 10.16, 6.39 y 4.66, respectivamente. Es clara la correlación que existe entre estas medidas y el peso de la semilla. Así, por ejemplo, la colecta de Salinas de Hidalgo, que presentó el mayor peso de semillas, también mostró semillas de mayores dimensiones.

Se observa también en el Cuadro 2 que el color de fondo que predominó en las semillas de las recolectas fue el gris, 16 de las cuales lo tienen; dos recolectas lo tuvieron gris plateado, una café claro y otra lo tuvo blanco. Las manchas por encima del color de fondo en las semillas de las colectas fueron pre-

dominantemente café oscuro (en nueve), café claro (en tres), y café (cinco); se observaron dos recolectas con manchas negras (Tepezalá y Las Moras) y otra con guindas (Salinas de Hidalgo).

Las características de las recolectas que se muestran en los Cuadros 1 y 2 se pueden analizar y comparar con las guías existentes para la descripción varietal de higuera (Goytia et al., 2013; SAGARPA-SNICS, 2014) y de esa manera tener una descripción de las colectas con sus rasgos varietales, lo cual se realizará en otras etapas del proceso de selección de materiales sobresalientes para la región Centro-Norte de México.

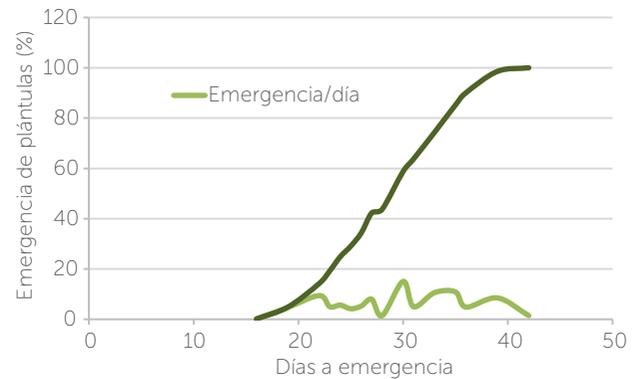
Después de sembradas las semillas en las macetas, la emergencia de las plantas de higuera (Figura 5) inició a los 16 días con la recolecta de Villa Hidalgo. La que más tardó en emerger fue la de El Orito, cuyas primeras plántulas se empezaron a observar a los 28 días. La emergencia de plántulas cesó alrededor de los 42 días (Figura 6). Las recolectas sobresalientes en cuanto a emergencia de plántulas fueron Francia Chica, Villa Hidalgo, Moctezuma, Calvillo y Encarnación de Díaz, con 100, 94, 92, 90 y 88 %, respectivamente (Figura 7). El valor menor se observó en la recolecta obtenida en el Fraccionamiento La Soledad, en la que solo emergió el 44% de las semillas sembradas.

**Cuadro 2.** Peso, dimensiones y color de semilla de higuerrilla (*Ricinus communis* L.) procedentes de 20 sitios del Altiplano Centro-Norte de México.

| Coleta (comunidad)         | Peso de 100 semillas (g) | Largo (mm) | Ancho (mm) | Grueso (mm) | Color de fondo | Manchas          |
|----------------------------|--------------------------|------------|------------|-------------|----------------|------------------|
| Calvillo                   | 28.8                     | 11.7       | 8.2        | 5.7         | Gris           | 26 % café        |
| Fraccionamiento la Soledad | 19.1                     | 10.6       | 7.2        | 5.2         | Gris           | 20 % café        |
| San José de Gracia         | 19.0                     | 8.7        | 5.6        | 4.1         | Gris plateado  | 40 % café claro  |
| Tepezalá                   | 18.8                     | 8.1        | 5.2        | 4.0         | Gris plateado  | 30 % negro       |
| Encarnación de Díaz        | 11.1                     | 11.7       | 7.5        | 5.2         | Gris           | 30 % café oscuro |
| Tecuán                     | 23.8                     | 9.4        | 5.8        | 4.5         | Gris           | 30 % café oscuro |
| Villa Hidalgo              | 22.5                     | 11.9       | 6.8        | 5.1         | Blanco         | 40 % café        |
| Capulines                  | 11.5                     | 8.2        | 5.7        | 4.2         | Gris           | 30 % café oscuro |
| Corte Primero              | 11.4                     | 10.1       | 5.9        | 4.8         | Gris           | 30 % café oscuro |
| Francia Chica              | 15.8                     | 9.9        | 6.0        | 4.6         | Gris           | 40 % café oscuro |
| Las Moras                  | 14.9                     | 8.5        | 5.9        | 4.3         | Gris           | 20 % negro       |
| Milpillas                  | 10.6                     | 8.2        | 5.7        | 3.8         | Gris           | 30 % café oscuro |
| Moctezuma                  | 18.9                     | 10.4       | 6.0        | 4.3         | Gris           | 40 % café        |
| Ranchería de Guadalupe     | 9.2                      | 8.4        | 5.2        | 4.0         | Gris           | 40 % café claro  |
| Salinas de Hidalgo         | 46.1                     | 15.7       | 9.1        | 6.1         | Café claro     | 40 % guinda      |
| San Antonio                | 20.3                     | 10.9       | 7.0        | 5.1         | Gris           | 40 % café oscuro |
| Venado                     | 19.6                     | 11.5       | 6.8        | 4.9         | Gris           | 40 % café claro  |
| El Orito                   | 10.9                     | 8.3        | 5.4        | 4.1         | Gris           | 40 % café oscuro |
| Luis Moya                  | 22.2                     | 11.7       | 6.8        | 5.0         | Gris           | 30 % café oscuro |
| Noria San Marcos           | 19.2                     | 9.3        | 6.0        | 4.1         | Gris           | 30 % café        |



**Figura 5.** Emergencia de higuerrilla (a) y desarrollo de plántulas en las macetas (b).



**Figura 6.** Periodo de emergencia de plántulas de higuerrilla (*Ricinus communis* L.) procedentes de 20 sitios del Altiplano Centro-Norte de México.

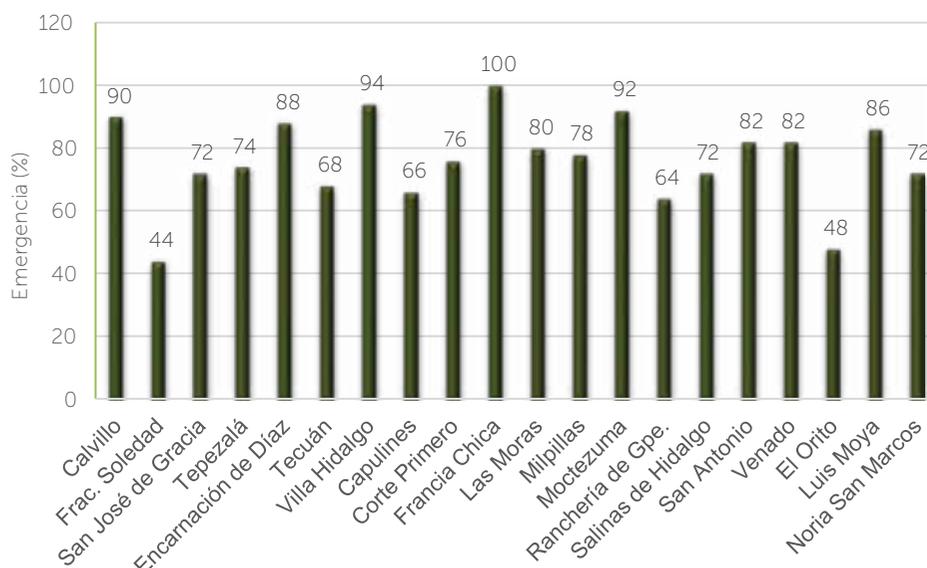
## CONCLUSIONES

Se estableció un sitio experimental con 20 colectas de higuerrilla del Altiplano Centro-Norte de México. Las semillas recolectadas y las plantas de procedencia se caracterizaron a nivel morfológico para formar una línea base para el análisis comparativo en estudios posteriores. Se observó una gran variabilidad entre plantas y semillas de los materiales recolectados.

Destacó la semilla de la recolecta de Salinas de Hidalgo, S. L. P., en algunos parámetros como tamaño, peso y emergencia. Los materiales recolectados se evaluarán a mayor detalle en estudios posteriores a niveles morfológicos, fenológicos y genotípicos.

## LITERATURA CITADA

- Delgado S., F. (2006). La higuierilla, petróleo verde. Recuperado de [http://www.rds.org.co/experiencias.htm?AA\\_SL\\_Session=b9f7bb35bae354ad0911b1b429d2a675&x=313145](http://www.rds.org.co/experiencias.htm?AA_SL_Session=b9f7bb35bae354ad0911b1b429d2a675&x=313145).
- Gómez M., R., Gómez M., R., Martínez C., E., & Zarazúa D., M.A. (2014). Tecnología de producción de higuierilla en el estado de Hidalgo. INIFAP. Centro de Investigación Regional Centro. Campo Experimental de Hidalgo. Folleto Técnico No. 2. Pachuca, Hidalgo.
- Goytia J., M. A., Gallegos G., R., Sánchez H., R.F., & Ramírez, M.E. (2013). Manual gráfico para la descripción varietal de la higuierilla (*Ricinus communis* L.). Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 79 p.
- Goytia-Jiménez, M.A., Gallegos-Goytia, C.H., & Núñez-Colín, C.A. (2011). Relación entre variables climáticas con la morfología y contenido de aceite de semillas de higuierilla (*Ricinus communis* L.) de Chiapas. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, 17(1), 41-48. doi: 10.5154/r.rchscfa.2010.08.048
- Goytia J., M.A., Gallegos G., R., Gallegos C., R., Barrales D., S., Zarate B., R., Macías C., U.A., Jiménez R., E., Benigno C., P., Vázquez R., J., García G., O., Méndez F., E.I., & Nolasco J., U. (2015). Paquete tecnológico para la producción de higuierilla (*Ricinus communis* L.) en Valles Centrales de Oaxaca. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 119 p.
- López-Ángel, L.J., Solís-Bonilla, J.L., Martínez-Valencia, B.B., Díaz-Fuentes, V.H., & Zamarripa-Colmenero, A. (2011). Balance energético del cultivo de higuierilla (*Ricinus communis* L.) para la producción de biodiesel. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Rosario Izapa, Tuxtla Chico, Chiapas, México. Folleto Técnico Núm. 15. 53 p.
- Martínez V., B. B., Hernández C., M., Solís B., J. L., & Zamarripa C., A. (2012). Calidad agroindustrial del aceite de higuierilla (*Ricinus communis* L.) para la producción de bioenergéticos en México. V Congreso Brasileiro de Mamona. II Simposio Internacional de Oleaginosas Energéticas & I Fórum Capixaba de Pinhão Manso. Guarapari (ES). p. 2.
- Milani, M., & Barreto de Medeiros-Nóbrega, M. (2013). Castor breeding. En Andersen, S.B (Ed.). Plant Breeding from Laboratories to Fields. InTech. (pp. 239-254). doi: 10.5772/56216.
- SAGARPA-SNICS. (2014). Guía técnica para la descripción varietal de higuierilla (*Ricinus communis* L.). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. Tlalnepantla, Edo. de México. 29 p.
- SAGARPA. (2017). Bioenergéticos Mexicanos: Higuierilla, *Jatropha curcas*, Sorgo Dulce. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Planeación Agrícola Nacional 2017-2030. México. 30 p.
- Samayoa C., M. O. (2007). Manual Técnico del Higuierillo. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Ministerio de Agricultura y Ganadería El Salvador C.A. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA). El Salvador. 17 p.
- Scholz, V. E. & Da-Silva, N. J. (2007). Óleo de mamona como combustible: fatos, perspectivas e riscos. Engenharia na Agricultura, Viçosa, M. G. 15(2),168-172.
- Sepúlveda-González, I. (2018). Bioturbosina. Producción de cultivos energéticos para la aviación comercial. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 3(3),579-594. doi: 10.29312/remexca.v3i3.1451
- Delgado S., F. (2006). La higuierilla, petróleo verde. Recuperado de [http://www.rds.org.co/experiencias.htm?AA\\_SL\\_Session=b9f7bb35bae354ad0911b1b429d2a675&x=313145](http://www.rds.org.co/experiencias.htm?AA_SL_Session=b9f7bb35bae354ad0911b1b429d2a675&x=313145).
- Gómez M., R., Gómez M., R., Martínez C., E., & Zarazúa D., M.A. (2014). Tecnología de producción de higuierilla en el Estado de Hidalgo. INIFAP. Centro de Investigación Regional Centro. Campo Experimental de Hidalgo. Folleto Técnico No. 2. Pachuca, Hidalgo.
- Goytia J., M. A., Gallegos G., R., Sánchez H., R.F., & Ramírez, M.E. (2013). Manual gráfico para la descripción varietal de la higuierilla (*Ricinus communis* L.). Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 79 p.
- Goytia-Jiménez, M. A., Gallegos-Goytia, C.H., & Núñez-Colín, C. A. (2011). Relación entre variables climáticas con la morfología y contenido de aceite de semillas de higuierilla (*Ricinus communis* L.) de Chiapas. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, 17(1),41-48. doi: 10.5154/r.rchscfa.2010.08.048
- Goytia J., M.A., Gallegos G., R., Gallegos C., R., Barrales D., S., Zarate B., R., Macías C., U.A., Jiménez R., E., Benigno C., P., Vázquez



**Figura 7.** Porcentaje de emergencia en macetas en recolectas de higuierilla (*Ricinus communis* L.) procedentes de 20 sitios del Altiplano Centro-Norte de México.

- R., J., García G., O., Méndez F., E.I., & Nolasco J., U. (2015). Paquete tecnológico para la producción de higuierilla (*Ricinus communis* L.) en Valles Centrales de Oaxaca. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 119 p.
- López-Ángel, L.J., Solís-Bonilla, J.L., Martínez-Valencia, B.B., Díaz-Fuentes, V.H., & Zamarripa-Colmenero, A. (2011). Balance energético del cultivo de higuierilla (*Ricinus communis* L.) para la producción de biodiesel. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Rosario Izapa, Tuxtla Chico, Chiapas, México. Folleto Técnico Núm. 15. 53 p.
- Martínez V., B. B., Hernández C., M., Solís B., J. L., & Zamarripa C., A. (2012). Calidad agroindustrial del aceite de higuierilla (*Ricinus communis* L.) para la producción de bioenergéticos en México. V Congresso Brasileiro de Mamona. II Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas & I Fórum Capixaba de Pinhão Manso. Guarapari (ES). p. 2.
- Milani, M., & Barreto de Medeiros-Nóbrega, M. (2013). Castor breeding. En Andersen, S.B (Ed.). Plant Breeding from Laboratories to Fields. InTech. (pp. 239-254). doi: 10.5772/56216.
- SAGARPA-SNICS. (2014). Guía técnica para la descripción varietal de higuierilla (*Ricinus communis* L.). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. Tlalnepantla, Edo. de México. 29 p.
- SAGARPA. (2017). Bioenergéticos Mexicanos: Higuierilla, *Jatropha curcas*, Sorgo Dulce. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Planeación Agrícola Nacional 2017-2030. México. 30 p.
- Samayoa C., M. O. (2007). Manual Técnico del Higuierillo. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Ministerio de Agricultura y Ganadería El Salvador C.A. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA). El Salvador. 17 p.
- Scholz, V. E. & Da-Silva, N. J. (2007). Óleo de mamona como combustivel: fatos, perspectivas e riscos. Engenharia na Agricultura, Viçosa, M. G. 15(2),168-172.
- Sepúlveda-González, I. (2018). Bioturbosina. Producción de cultivos energéticos para la aviación comercial. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 3(3),579-594. doi: 10.29312/remexca.v3i3.1451



# Morphoagronomical characterization of coyol (*Acrocomia aculeata* Jacq.) to determine its oil potential production for biodiesel

## Caracterización morfoagronómica de coyol (*Acrocomia aculeata* Jacq.) para determinar su potencial productivo de aceite para biodiesel

Díaz-Fuentes, Víctor H.<sup>1\*</sup>, Avendaño-Arrazate, Carlos H.<sup>1</sup>, Gálvez-Marroquín, Luis A.<sup>2</sup>, Ruíz-Cruz, Pablo A.<sup>1</sup>, Iracheta-Donjuán, Leobardo<sup>1</sup>, Nájera-Domínguez, Wendy<sup>1</sup>, Martínez-Valencia, Biaani B.<sup>1</sup>

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

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

### ABSTRACT

**Objective:** To characterize the morphology of natural populations of *Acrocomia aculeata* in Mexico to determine its potential for the production of oil for biodiesel.

**Design/morphology/approach:** Eight natural populations of the species *Acrocomia aculeata* were selected in the states of Chiapas and Oaxaca, Mexico. As descriptors 25 quantitative and qualitative characters were selected. The analysis of the main components and hierarchical conglomerates was performed with the PRINCOMP and PROC CLUSTER procedures of SAS, respectively. The dendrogram of groups of populations with morphological similarities was generated.

**Results:** The first three main components explain 69.4% of the total morphological variation. CP1 explained 29.6% of the total variation with the characters stem diameter, mesocarp thickness, seed length, seed width, seed length-width ratio, seed thickness and seed weight.

CP2 explained 26.1% of the variation, with the characters fruit width, fruit length, mesocarp color, and oil content in the mesocarp. CP3 explained 13.7% of the variation with the length of the rachis, epicarp color and endocarp color. The eight populations were integrated into five morphologically distinct groups.

**Limitations on the study/implications:** It is necessary to expand the number of populations for greater precision on the diversity of the species in Mexico.

**Findings/conclusions:** A wide genetic diversity of *A. culeata* was found. The variables that mostly explain this diversity correspond to the fruit and seed. The species represents a viable alternative for obtaining inputs for the production of biodiesel in Mexico.

**Keywords:** *Acrocomia aculeata*, morphoagronomical characterization, biodiesel.



## RESUMEN

**Objetivo:** Caracterizar la morfología de poblaciones naturales de *Acrocomia aculeata* en México, con el fin de determinar su potencial para la producción de aceite para biodiesel.

**Diseño/metodología/aproximación:** Se seleccionaron ocho poblaciones naturales de la especie en los estados de Chiapas y Oaxaca, México. Como descriptores se seleccionaron 25 caracteres cuantitativos y cualitativos. El análisis de componentes principales y conglomerados jerárquicos se realizó con los procedimientos PRINCOMP y PROC CLUSTER de SAS, respectivamente. Se generó el dendograma de grupos de poblaciones con similitudes morfológicas.

**Resultados:** Los tres primeros componentes principales explican el 69.4% de la variación morfológica total. El CP1 explicó el 29.6% de la variación total con los caracteres diámetro del tallo, grosor del mesocarpio, longitud de semilla, ancho de semilla, relación longitud-ancho de semilla, grosor de la semilla y peso de semilla. El CP2 explicó el 26.1% de la variación, con los caracteres ancho del fruto, largo del fruto, color del mesocarpio y contenido de aceite en el mesocarpio. El CP3 explicó el 13.7% de la variación con los caracteres longitud de raquis, color de epicarpio y color de endocarpio. Las ocho poblaciones se integraron en cinco grupos morfológicamente distintos.

**Limitaciones del estudio/implicaciones:** Es necesario ampliar el número de poblaciones para una mayor precisión sobre la diversidad de la especie en México.

**Hallazgos/conclusiones:** Se encontró una amplia diversidad genética en *A. aculeata*. Las variables que mayormente explican dicha diversidad corresponden al fruto y a la semilla. La especie representa una opción viable para la obtención de aceite para la producción de biodiesel en México.

**Palabras clave:** *Acrocomia aculeata*, caracterización morfoagronómica, biodiesel.

Las flores son pistiladas en la base del raquis y estaminadas en los dos tercios superiores. El fruto mide de 3 a 5 cm de diámetro. Es globoso, de color amarillo, con epicarpio coriáceo, mesocarpio fino, fibroso, mucilaginoso y endocarpio duro. La semilla es de forma globosa (Colombo *et al.*, 2017). En condiciones naturales tarda de 1 a 5 años en germinar. El período productivo inicia a partir del cuarto o quinto año después de la germinación. Los frutos alcanzan la madurez entre 12 y 13 meses después de la fecundación (Montoya *et al.*, 2015). A los cuatro años produce anualmente de cuatro a seis racimos, con 200 a 400 frutos. Aproximadamente el 20% del peso del fruto corresponde al epicarpio, 40% al mesocarpio, 33% al endocarpio y 7% al endospermo. El mesocarpio o pulpa contiene de 25 a 75% de aceite del cual entre 60 y 80% es ácido oleico, que le confiere alta estabilidad oxidativa (Berton, 2013). Es de composición similar al de la palma de aceite, apto para la industria alimenticia y para la elaboración de biodiesel (Colombo *et al.*, 2017). El endospermo contiene entre 50 y 60% de aceite, del cual el 50% es ácido láurico (Berton, 2013; Ramírez *et al.*, 2013), apropiado para su uso en la industria farmacéutica y cosmetológica (Macedo y Pereira, 2007). Los recientes estudios han demostrado que posee un alto potencial para la obtención de aceite. Filho *et al.* (2012), reportan que, en condiciones naturales, con una densidad de población de 216 plantas por hectárea es factible obtener hasta 4,968 kg por hectárea por año de aceite factible de incrementar con genotipos seleccionados y densidades de población y manejo adecuados. Colombo *et al.* (2017), reportan que el rendimiento potencial

## INTRODUCCIÓN

Dada la amplia diversidad biológica que posee, en México existe una amplia variedad de especies con potencial para la obtención de insumos para la producción de biocombustibles. En ese contexto destaca el coyol (*Acrocomia aculeata*), palma monocotiledónea que se distribuye en las áreas tropicales y subtropicales de América, desde el sur de México hasta el sur de Brasil, norte de Argentina y las Antillas. En México se distribuye desde el norte de Veracruz hasta la península de Yucatán y desde Sinaloa hasta Chiapas. Es una palma perennifolia, heliófila, monoica, de 4 a 15 m de altura, con tallo de corteza lisa y oscura, con espinas fuertes y rectas de hasta 15 cm de largo. El sistema radicular es extenso y profundo. Las hojas son persistentes, pinnadas, color verde claro, con raquis duro y espinoso, de 1.5 a 3.5 m de largo. La espata también es espinosa. La inflorescencia consta de varios racimos multiflorales.

de aceite de dicha especie es de hasta 5,000 litros por hectárea por año. Dicho potencial se equipara al de la palma de aceite que produce de 3500 a 5500 litros por hectárea; y supera ampliamente al de otras especies utilizadas actualmente para la obtención de aceite para producción de biodiesel, como es el caso del piñón (1590 a 3500 litros por hectárea); la higuera (600 a 1700 litros por hectárea); la colza (1100 litros por hectárea) y la soya (600 litros por hectárea). Sin embargo, en México se desconoce la diversidad genética de la especie y su potencial para la producción de aceite para biodiesel. En este contexto, el objetivo fue realizar la caracterización morfológica de genotipos de *A. aculeata* de poblaciones naturales de los estados de Oaxaca y Chiapas, y determinar el potencial productivo de la especie para la producción de biodiesel en México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Selección de poblaciones naturales de *A. aculeata*.** El área de estudio comprende los estados de Chiapas y Oaxaca. Se realizaron recorridos para la localización de poblaciones naturales de la especie. Se seleccionaron cuatro poblaciones naturales de la especie en el estado de Chiapas y cuatro en el estado de Oaxaca. La ubica-

ción geográfica de las poblaciones de estudio y sus características ambientales se indican en los Cuadros 1 y 2.

**Caracterización morfológica.** Para la caracterización morfológica se propusieron 26 caracteres cuantitativos y cualitativos seleccionados como descriptores, de los cuales siete corresponden a la planta (altura, diámetro a altura de pecho, presencia de espinas en el tallo, número de racimos con fruto por año, frutos por racimo, frutos por planta y longitud del raquis); once al fruto (peso, ancho, largo, color del epicarpio, grosor del epicarpio, color del mesocarpio, grosor del mesocarpio, peso del mesocarpio, color del endocarpio, grosor del endocarpio y color de la testa) y ocho a la semilla (largo, ancho, relación longitud-ancho, grosor, relación ancho-grosor, peso, contenido de aceite en el mesocarpio, contenido de aceite en el endospermo) (Cuadro 3).

Se caracterizaron seis árboles de cada población de estudio. Las poblaciones seleccionadas fueron referenciadas con un GPS modelo Garmin 62s. La altura se midió con clinómetro y regla graduada con aproximación al centímetro. El diámetro se midió con cinta diamétrica

**Cuadro 1.** Ubicación geográfica de poblaciones naturales de *A. aculeata* en estudio.

| Población | Estado  | Municipio              | Localidad              | Localización geográfica |                 |
|-----------|---------|------------------------|------------------------|-------------------------|-----------------|
| 1         | Chiapas | Jiquipilas             | San Clemente           | 16° 22' 37.4" N         | 93° 48' 21.8" O |
| 2         | Chiapas | Villaflores            | Chanona                | 16° 19' 07.5" N         | 93° 24' 58.1" O |
| 3         | Chiapas | Villaflores            | Rancho Las Peñitas     | 16° 23' 06.0" N         | 93° 15' 35.7" O |
| 4         | Oaxaca  | Tapanatepec            | Col. Emiliano Zapata   | 16° 25' 55.8" N         | 94° 15' 20.2" O |
| 5         | Oaxaca  | Guevea de Humboldt     | Xadani                 | 16° 47' 33.5" N         | 95° 22' 05.0" O |
| 6         | Oaxaca  | Unión Hidalgo          | Circuito José F. Gómez | 16° 27' 50" N           | 94° 51' 33" O   |
| 7         | Oaxaca  | San Francisco Ixhuatán | Ixhuatán               | 16° 19' 34" N           | 94° 39' 12" O   |
| 8         | Chiapas | Tuxtla Chico           | Gatica                 | 14° 56' 19.5" N         | 92° 11' 04.0" O |

**Cuadro 2.** Características edafoclimáticas de las localidades de ubicación de las poblaciones naturales de *A. aculeata* seleccionadas.

| Población | Estado  | Municipio          | Localidad            | Altitud (m) | Clima            | Tipo de suelo | Precipitación (mm) |
|-----------|---------|--------------------|----------------------|-------------|------------------|---------------|--------------------|
| 1         | Chiapas | Jiquipilas         | San Clemente,        | 659         | Cálido subhúmedo | Regosol       | 1200-1500          |
| 2         | Chiapas | Villaflores        | Chanona              | 671         | Cálido subhúmedo | Regosol       | 800-1000           |
| 3         | Chiapas | Villaflores        | Rancho Las Peñitas   | 651         | Cálido subhúmedo | Cambisol      | 1000-1200          |
| 4         | Oaxaca  | Tapanatepec        | Col. E. Zapata       | 125         | Cálido subhúmedo | Cambisol      | 1200-1500          |
| 5         | Oaxaca  | Guevea de Humboldt | Xadani               | 585         | Cálido subhúmedo | Acrisol       | 1500-1800          |
| 6         | Oaxaca  | Unión Hidalgo      | Circuito J. F. Gómez | 20          | Cálido subhúmedo | Cambisol      | 800-1000           |
| 7         | Oaxaca  | S. Fco Ixhuatán    | Constitución         | 12          | Cálido subhúmedo | Cambisol      | 800-1200           |
| 8         | Chiapas | Tuxtla Chico       | Gatica               | 314         | Cálido húmedo    | Luvisol       | 4000-4500          |

**Cuadro 3.** Caracteres seleccionados como descriptores morfoagronómicos de *A. aculeata*.

| No.           | Caracter                            | Acrónimo | Escala                                       |
|---------------|-------------------------------------|----------|--|
|               |                                     |          |  |
| 1             | Altura                              | AP       | Metros                                       |
| 2             | Diámetro a la altura de pecho       | DAP      | Centímetros                                  |
| 3             | Presencia de espinas en tallo       | PET      | 1) Ausente o débil, 3) Fuerte, 5) Muy fuerte |
| 4             | Número de racimos con fruto por año | RFA      | Número                                       |
| 5             | Número de frutos por racimo         | FC       | Número                                       |
| 6             | Número de frutos por planta         | FP       | Número                                       |
| 7             | Longitud de raquis                  | LR       | Centímetros                                  |
| Del fruto     |                                     |          |  |
| 8             | Peso de fruto                       | PF       | Gramos                                       |
| 9             | Ancho de fruto                      | AF       | Milímetros                                   |
| 10            | Largo de fruto                      | LF       | Milímetros                                   |
| 11            | Color del epicarpio                 | CP       | 1) Amarillo, 3) Café claro, 5) Café fuerte   |
| 12            | Grosor de Epicarpio                 | GE       | Milímetros                                   |
| 13            | Color de mesocarpio (pulpa)         | CM       | 1) Amarillo claro, 3) Amarillo fuerte        |
| 14            | Grosor de Mesocarpio                | GM       | Milímetros                                   |
| 15            | Peso de mesocarpio (pulpa)          | PM       | Gramos                                       |
| 16            | Color del endocarpio                | CE       | 1) Café claro, 3) Café fuerte                |
| 17            | Grosor de Endocarpio                | GEN      | Milímetros                                   |
| 18            | Color de testa                      | CT       | 1) Gris, 3) Café claro, 5) Café fuerte       |
| De la semilla |                                     |          |  |
| 19            | Largo de semilla                    | LS       | Milímetros                                   |
| 20            | Ancho de semilla                    | AS       | Milímetros                                   |
| 21            | Relación longitud-ancho de semilla  | RLAS     | Proporción                                   |
| 22            | Grosor de semilla                   | GS       | Milímetros                                   |
| 23            | Relación ancho-grosor de la semilla | RAGS     | Proporción                                   |
| 24            | Peso de semilla                     | PS       | Gramos                                       |
| 25            | Contenido de aceite en mesocarpio   | AM       | Porcentaje                                   |
| 26            | Contenido de aceite en endospermo   | AE       | Porcentaje                                   |

con aproximación al centímetro. La longitud y diámetro de la semilla se midieron con un vernier electrónico (Mitutoyo Inc., Japón) con aproximación de 0.1 cm. Las variables relacionadas con peso se determinaron con una balanza digital báscula Mettler® modelo AJ150 con aproximación de 0.001 g. Las variables relacionadas con el color se estimaron por comparación con la carta de colores de la Royal Horticultural Society. El contenido de aceite en el mesocarpio y endospermo se determinó a partir de dos muestras de seis frutos de un individuo de cada población de estudio. Los lípidos fueron extraídos y cuantificados utilizando hexano como solvente de extracción. Se realizaron dos determinaciones por muestra y el valor obtenido se promedió, expresado en porcentaje.

**Análisis estadístico.** Los datos obtenidos se codificaron en hojas de cálculo con el Programa Excel. Para los caracteres cualitativos se utilizó la moda y para los caracteres cuantitativos se tomó la media. La matriz se utilizó para un análisis multivariado con el Programa SAS (Versión 6.12, Cary, N C 27513, USA). El análisis por componentes principales se realizó mediante PRINCOMP de SAS (Versión 9.0), a partir de la matriz de correlaciones. Se consideraron los valores propios (Eigenvalues), los vectores propios (Eigenvectors) y el coeficiente de correlación entre las variables originales y los componentes principales y además se obtuvo la correlación de Pearson para cada componente principal y las variables originales. Los componentes principales se graficaron en un plano cartesiano para observar la distribución de

las poblaciones de estudio. También, se realizó el análisis de conglomerados jerárquicos mediante el procedimiento PROC CLUSTER de SAS, y se utilizó el algoritmo por agrupamiento jerárquico, del cual se generó el dendrograma para obtener la separación máxima de grupos por sus similitudes en características de planta, fruto y semilla.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 4 se consignan los valores promedio de los descriptores de *A. aculeata* en las diferentes poblaciones de estudio.

Como se observa en el Cuadro 4, el mayor número de racimos por año se registró en la P8, aunque con un menor número de frutos por racimo con relación al de la P2, que registró 300 frutos por racimo. En la P5 se registraron los frutos con mayor tamaño y peso. Las poblaciones P6 y P5, registraron los más altos valores de masa del mesocarpio (13.2 y 12.2 g, respectivamente). El mayor contenido de aceite en el mesocarpio se registró en P8 y P1 (47.9 y 47.6%, respectivamente). El mayor contenido de aceite en el endospermo se registró en la población P7. Los valores registrados para los descriptores peso del fruto, número de frutos por racimo y contenido

**Cuadro 4.** Valores promedio de descriptores de *A. aculeata* en poblaciones de estudio.

| Descriptores                          | Localidad y población |              |              |                |             |                  |               |             |
|---------------------------------------|-----------------------|--------------|--------------|----------------|-------------|------------------|---------------|-------------|
|                                       | San Clemente (P1)     | Chanona (P2) | Peñitas (P3) | E. Zapata (P4) | Xadani (P5) | J. F. Gomez (P6) | Ixhuatán (P7) | Gatica (P8) |
| Altura planta (m)                     | 5.7                   | 4.8          | 3.4          | 7.8            | 7.9         | 4.9              | 4.3           | 5.3         |
| DAP (cm)                              | 51.4                  | 59.9         | 60.3         | 35.1           | 39.2        | 45.6             | 44.7          | 55.6        |
| Espinas en tallo                      | 5                     | 5            | 5            | 5              | 1           | 1                | 5             | 5           |
| Racimos por año                       | 5                     | 6            | 5            | 6              | 5           | 4                | 5             | 11          |
| Frutos por racimo                     | 159                   | 300          | 201          | 62             | 161         | 153              | 77            | 180         |
| Frutos por planta                     | 795                   | 1632         | 960          | 350            | 899         | 904              | 464           | 2232        |
| Long. raquis (cm)                     | 78.5                  | 81.5         | 75.6         | 90.2           | 80.2        | 82.5             | 91.0          | 96.0        |
| Peso fruto (g)                        | 31.7                  | 24.2         | 29.9         | 33.0           | 37.7        | 31.6             | 28.3          | 31.4        |
| Ancho de fruto (mm)                   | 40.5                  | 37.7         | 39.7         | 38.9           | 41.1        | 38.7             | 39.8          | 40.4        |
| Largo de fruto (mm)                   | 39.7                  | 34.6         | 38.1         | 38.1           | 38.9        | 37.0             | 37.9          | 38.8        |
| Color de epicarpio                    | 3                     | 5            | 1            | 3              | 3           | 3                | 5             | 3           |
| Grosor de epicarpio (mm)              | 0.9                   | 0.7          | 1.0          | 0.9            | 0.8         | 1.1              | 0.9           | 1.0         |
| Color de mesocarpio                   | 1                     | 3            | 3            | 1              | 1           | 3                | 1             | 1           |
| Grosor mesocarpio (mm)                | 4.2                   | 3.4          | 4.4          | 4.4            | 5.6         | 4.4              | 4.7           | 4.1         |
| Peso mesocarpio (g)                   | 8.9                   | 9.9          | 7.0          | 9.4            | 12.2        | 13.2             | 5.4           | 8.6         |
| Color endocarpio                      | 1                     | 1            | 1            | 3              | 1           | 3                | 3             | 3           |
| Grosor de endocarpio (mm)             | 3.6                   | 4.2          | 4.3          | 4.2            | 4.6         | 4.1              | 4.0           | 4.0         |
| Color de testa                        | 1                     | 3            | 3            | 3              | 3           | 3                | 3             | 5           |
| Largo de semilla (mm)                 | 19.0                  | 16.5         | 17.5         | 17.7           | 15.9        | 17.1             | 16.2          | 20.5        |
| Ancho de semilla (mm)                 | 19.8                  | 17.8         | 19.2         | 18.8           | 17.9        | 18.6             | 17.9          | 21.3        |
| Rel. longitud-ancho semilla           | 0.96                  | 0.93         | 0.91         | 0.94           | 0.89        | 0.92             | 0.91          | 0.97        |
| Grosor de semilla (mm)                | 16.8                  | 14.6         | 16.1         | 14.9           | 13.2        | 14.9             | 13.6          | 16.3        |
| Rel. ancho-grosor semilla             | 1.2                   | 1.2          | 1.2          | 1.3            | 1.4         | 1.2              | 1.3           | 1.3         |
| Peso de semilla (g)                   | 3.4                   | 2.3          | 3.0          | 2.7            | 2.2         | 2.6              | 2.0           | 3.9         |
| Contenido de aceite en mesocarpio (%) | 47.6                  | 20.1         | 25.2         | 38.4           | 45.1        | 24.8             | 39.3          | 47.9        |
| Contenido aceite en endospermo (%)    | 50.6                  | 50.0         | 41.0         | 50.8           | 55.9        | 57.2             | 53.1          | 50.8        |

P=Población.

de aceite en el mesocarpio, son similares a los reportados por Da Silva (2017) quien en un estudio de caracterización de *A. aculeata* realizado en tres localidades de Brasil reporta pesos promedio del fruto en rangos de 36.9 a 57.7 g, de 240 a 431 frutos por racimo y de 30.4 a 51.2% de contenido de aceite en el mesocarpio.

Por otra parte, el análisis de componentes principales con 26 caracteres mostró que los tres primeros componentes principales explican el 69.7% de la variación morfológica total (Cuadro 5). Este valor porcentual coincide con lo indicado por Regazzi (2000) citado por Da Silva (2017), que señala que el número de componentes utilizados debe ser aquél que acumula el 70% o más de proporción de la varianza total. Las variables que mayormente contribuyeron para explicar la variación entre las poblaciones de estudio corresponden a semilla, fruto y planta, aunque en este último caso dicha variable corresponde al diámetro del tallo a la altura del pecho (DAP) y se debe considerar con reserva, toda vez que en el estudio no fue posible estimar la edad de las plantas y dicho carácter es altamente influenciado por el ambiente.

El CP1 explicó 29.6% de la variación total y los caracteres que contribuyeron fueron: Diámetro del tallo a la altura del pecho (DAP), grosor del mesocarpio (GM), longitud de semilla (LS), ancho de semilla (AS), relación longitud-ancho de semilla (RLAS), grosor de la semilla (GS) y peso de semilla (PS). El CP2 expli-

**Cuadro 5.** Autovalores y varianza total acumulada explicada por los componentes principales, basados en 26 caracteres morfoagronómicos de *Acrocomia aculeata*.

| CP | Autovalor | Diferencia | Proporción | Acumulada |
|----|-----------|------------|------------|-----------|
| 1  | 7.717     | 0.827      | 0.296      | 0.296     |
| 2  | 6.889     | 3.373      | 0.265      | 0.561     |
| 3  | 3.516     | 0.747      | 0.135      | 0.697     |
| 4  | 2.769     | 0.504      | 0.106      | 0.803     |

có 26.5% de la variación total, con los caracteres peso del fruto (PF), ancho del fruto (AF), largo del fruto (LF), color del mesocarpio (CM) y contenido de aceite en el mesocarpio (AM). El CP3 explicó 13.5% de la variación total con los caracteres longitud de raquis (LR), color de epicarpio (CP) y color de endocarpio (CE). (Cuadro 6).

En las Figuras 1 y 2 se observa la distribución de las poblaciones de estudio en el eje del plano cartesiano de acuerdo con lo componentes principales CP1 y CP2 y con los componentes principales CP1 y CP3. Como se observa en ambas figuras, existe una clara dispersión de las poblaciones entre sí, lo que evidencia la alta variación morfológica entre las mismas.

El dendrograma, con corte a una distancia euclidiana de 0.14 definió cinco grupos con base en los descriptores morfológicos de planta, fruto y semilla (Figura 3).

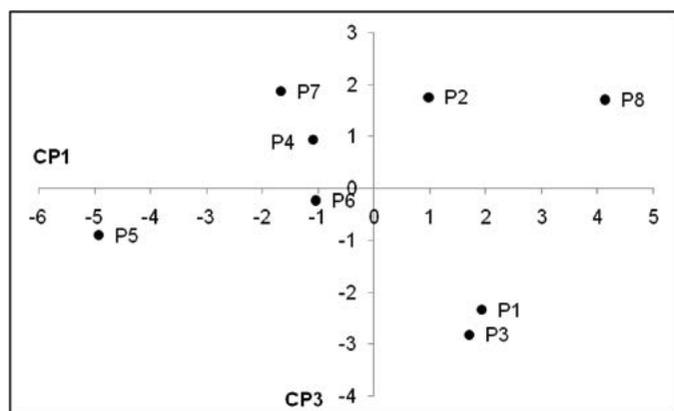
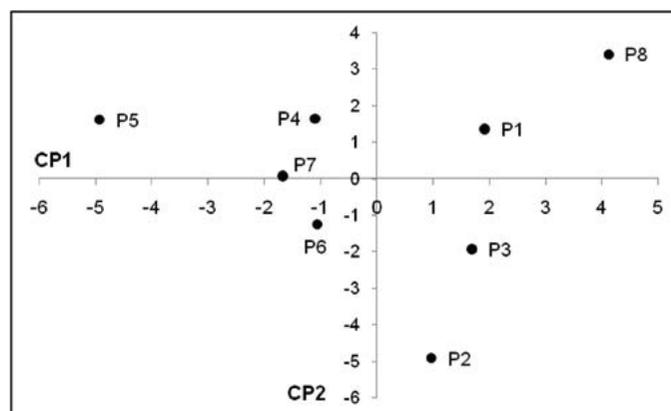
El grupo 1 se conforma por las poblaciones P1 y P3, localizadas en los municipios de Jiquipilas y Villaflores, Chiapas, respectivamente, en suelos regosol y cambisol respectivamente y condiciones similares de clima (cálido subhúmedo), altitud (659 y 651 m respectivamente) y precipitación (rango de 1000 a 1500 mm anuales). Los individuos de dichas poblaciones presentan espinas en

el tallo. Producen anualmente cinco racimos por planta, con promedio de 159 y 201 frutos por racimo respectivamente, con un peso de 30 g por fruto. El epicarpio es de color café claro y amarillo respectivamente.

El mesocarpio o pulpa es de color amarillo claro o amarillo intenso, con un peso promedio de 8.9 y 7.0 g y contenido de aceite de 47.6 y 25.1% respectivamente. El peso de la semilla es de 3.4 y 3.0 g con 50.6 y 41.0% de contenido de aceite en el endospermo, respectivamente. El grupo II corresponde a la población P8, localizada en el municipio de Tuxtla Chico, Chiapas, en condiciones de suelo luvisol, clima cálido húmedo, a 314 m de altitud y precipitación anual de 4,000 a 4,500 mm. Los individuos de dicha población tienen espinas en el tallo. Producen anualmente once racimos por planta con promedio de 180 frutos por racimo, con un peso de 31.4 g por fruto. El epicarpio es de color café claro. El mesocarpio o pulpa es de color amarillo claro, con un peso promedio de 8.6 g y contenido de aceite de 47.9%. El peso de la semilla es de 3.9 g con 50.8% de contenido de aceite en el endospermo. El grupo III corresponde a la población P2, localizada en el municipio de Villaflores, Chiapas, en condiciones de suelos regosol, clima cálido subhúmedo, a 671 m de altitud y precipitación anual de 800 a 1000 mm. Los individuos de dicha población tienen espinas en el tallo. Producen anualmente seis racimos por planta con promedio de 300 frutos por racimo, con frutos pequeños con un peso de 24.2 g por fruto. El epicarpio es de color café intenso. El mesocarpio o pulpa

**Cuadro 6.** Vectores propios y coeficiente de correlación de Pearson de cada variable, con base en los componentes principales de 26 caracteres morfoagronómicos de *A. aculeata*.

| Carácter                                 | Vectores propios |        |        | Coeficiente de correlación de Pearson |                   |                 |
|--|------------------|--------|--------|---------------------------------------|-------------------|-----------------|
|  | CP1              | CP2    | CP3    | CP1                                   | CP2               | CP3             |
| Altura                                   | -0.190           | 0.200  | 0.045  | -0.52873                              | 0.52611           | 0.08490         |
| Diámetro del tallo a la altura del pecho | 0.268            | -0.187 | -0.080 | <b>0.74600*</b>                       | -0.49116          | -0.15087        |
| Presencia de espinas en tallo            | 0.239            | -0.016 | 0.098  | 0.66423                               | -0.04330          | 0.18494         |
| Número de racimos con fruto por año      | 0.219            | 0.175  | 0.247  | 0.61073                               | 0.46176           | 0.46346         |
| Número de frutos por racimo              | 0.134            | -0.240 | -0.043 | 0.37226                               | -0.63248          | -0.08251        |
| Número de frutos por planta              | 0.222            | -0.009 | 0.151  | 0.61862                               | -0.02407          | 0.28372         |
| Longitud del raquis                      | 0.062            | 0.199  | 0.430  | 0.17466                               | 0.52356           | <b>0.80703*</b> |
| Peso de fruto                            | -0.176           | 0.273  | -0.200 | -0.48995                              | <b>0.71858*</b>   | -0.37612        |
| Ancho de fruto                           | -0.044           | 0.288  | -0.210 | -0.12302                              | <b>0.75856*</b>   | -0.39526        |
| Largo del fruto                          | 0.001            | 0.326  | -0.249 | 0.00358                               | <b>0.85696**</b>  | -0.46766        |
| Color del epicarpio                      | -0.069           | -0.093 | 0.408  | -0.19227                              | -0.24658          | 0.76532*        |
| Grosor del epicarpio                     | 0.099            | 0.119  | -0.135 | 0.27714                               | 0.31364           | -0.25490        |
| Color del mesocarpio                     | 0.058            | -0.324 | -0.101 | 0.16178                               | <b>-0.85193**</b> | -0.18969        |
| Grosor del mesocarpio                    | -0.270           | 0.187  | -0.152 | <b>-0.75211*</b>                      | 0.49335           | -0.28595        |
| Peso del mesocarpio                      | -0.138           | -0.014 | -0.054 | -0.38460                              | -0.03722          | -0.10268        |
| Color de endocarpio                      | 0.011            | 0.150  | 0.326  | 0.03133                               | 0.39474           | <b>0.61186</b>  |
| Grosor de endocarpio                     | -0.216           | -0.067 | 0.009  | -0.60020                              | -0.17710          | 0.01817         |
| Color de testa                           | 0.076            | 0.079  | 0.307  | 0.21245                               | 0.20796           | 0.57670         |
| Longitud de semilla                      | 0.294            | 0.205  | -0.022 | <b>0.81859*</b>                       | 0.53942           | -0.04167        |
| Ancho de semilla                         | 0.280            | 0.221  | -0.060 | <b>0.78059*</b>                       | 0.58050           | -0.11301        |
| Relación longitud–ancho de semilla       | 0.287            | 0.137  | 0.097  | <b>0.79960*</b>                       | 0.35989           | 0.18299         |
| Grosor de la semilla                     | 0.314            | 0.058  | -0.217 | <b>0.87246**</b>                      | 0.15479           | -0.40743        |
| Relación ancho–grosor de semilla         | -0.211           | 0.232  | 0.148  | -0.60137                              | 0.39941           | 0.41027         |
| Peso de semilla                          | 0.292            | 0.183  | -0.124 | <b>0.77667</b>                        | 0.55471           | -0.16367        |
| Contenido de aceite en mesocarpio        | -0.005           | 0.349  | -0.005 | -0.09583                              | <b>0.90411*</b>   | 0.02513         |
| Contenido de aceite en endocarpio        | -0.202           | 0.097  | 0.206  | -0.64000                              | 0.22609           | 0.3704          |

**Figura 1.** Distribución de poblaciones naturales de *Acrocomia aculeata*, en función de los componentes principales 1 y 2.**Figura 2.** Distribución de poblaciones naturales de *Acrocomia aculeata*, en función de los componentes principales 1 y 3.

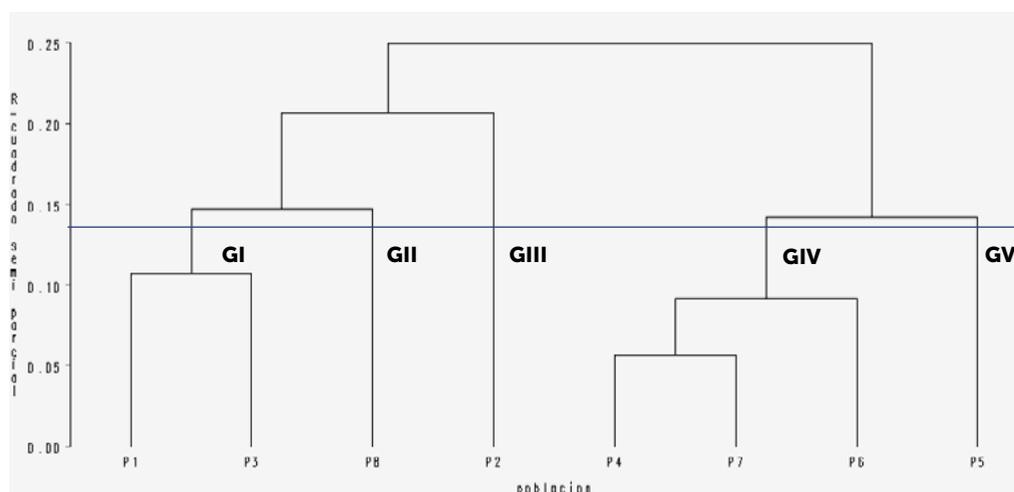
es de color amarillo claro, con un peso promedio de 9.9 g y contenido de aceite de 20.1%. El peso de la semilla es de 2.3 g con 50% de contenido de aceite en el endos-

permo. El grupo IV se integró con las poblaciones P4, P6 y P7, localizadas respectivamente en los municipios de Tapanatepec, Unión Hidalgo y San Francisco Ixhuatán,

en el estado de Oaxaca. Se desarrollan en suelos cambisol, en clima cálido subhúmedo, en un rango altitudinal de 12 a 125 m y precipitación anual de 800 a 1500 mm. Los individuos de P4 y P7 presentan espinas en el tallo. En la población P6, los individuos no tienen espinas en el tallo. Producen anualmente de cinco a seis racimos por planta con promedio de 62, 157 y 77 frutos por racimo, respectivamente, con un peso en un rango de 28.3 a 33 g por fruto. El epicarpio es de color café claro a intenso. El mesocarpio o pulpa es de color amarillo claro (en P4 y P7) o amarillo intenso (en P6). La P6 posee abundante mesocarpio (pulpa) con un peso promedio de 13.2 g. Por el contrario, en P7 el peso del mesocarpio es de 5.4 g. En P4 el peso promedio del mesocarpio es de 9.4 g. El contenido de aceite en P4 y P7 es de 38.4 y 39.3%, respectivamente. P6 tiene un bajo contenido de aceite (24.6%) en el mesocarpio, sin embargo, su contenido de aceite en el endospermo es el más alto (57.2%) observado en las poblaciones de estudio. En P4 y P7 el contenido de aceite en el endospermo es de 50.8 y 53.1%, respectivamente. El grupo V corresponde a la población P5, localizada en el municipio de Guevea de Humboldt, Oaxaca. Se desarrolla en un suelo acrisol, en clima cálido subhúmedo, a 585 m de altitud y precipitación anual de 1,500 a 1,800 mm. Los individuos de dicha población tienen como característica que no tienen espinas en el tallo. Producen anualmente cinco racimos por planta con promedio de 161 frutos por racimo, con un peso de 37.7 g por fruto. El epicarpio es de color café intenso. El mesocarpio o pulpa es de color amarillo claro, con un peso promedio de 12.2 g y contenido de aceite de 45.1%. El peso de la semilla es de 2.2 g con 55.9% de contenido de aceite en el endospermo.

### CONCLUSIONES

La caracterización morfológica de las poblaciones de estudio demuestra una amplia diversidad genética de *Acrocomia aculeata*. Esta diversidad puede ser utilizada como fuente de germoplasma en el mejoramiento genético de la especie orientado a la obtención de mate-



**Figura 3.** Dendrograma de ocho poblaciones naturales de *Acrocomia aculeata* considerando 26 caracteres morfoagronómicos.

riales mejorados para el establecimiento de plantaciones para ampliar la matriz bioenergética de México. Para tal fin, las características de número de racimos, número de frutos por racimo, masa y contenido de aceite del mesocarpio, son los parámetros morfoagronómicos que podrían utilizarse como criterios de selección de genotipos. La especie representa una alternativa viable para la obtención de insumos para la producción de biodiesel en México.

### LITERATURA CITADA

Berton, L. H. (2013). Avaliação de populações naturais, estimativas de parâmetros genéticos e seleção de genótipos elite de macaúba (*Acrocomia aculeata*) (Tese de doutorado). Instituto Agronômico de Campinas, São Paulo, Brasil.

Colombo, C.A., Chorfi, L.H., Díaz, B.G. & Ferrari, R.A. (2017). Macaúba: A promising tropical palm for the production of vegetable oil. *OCL* 25(1), D108. doi: 10.1051/ocl/2017038

Da Silva, P.E. (2017). Caracterização de *Acrocomia aculeata* e *Acrocomia totai* por meio de descritores agromorfológicos. (Tesis de Maestría). Instituto Agronômico de Campinas, São Paulo, Brasil.

Filho, J. A., Colombo, C.A., Chorfi, L.H. (2012). Macaúba: palmeira nativa como opção bioenergética. *Pesquisa & Tecnologia* 9(2), 1-10.

Macêdo, N.E. & Pereira, M.I. (2007). Oleaginosas potenciais do nordeste para a produção de biodiesel. Documentos 177. Campina Grande, Paraíba, Brasil: Embrapa Algodão.

Montoya, S. G., Motoike, S. Y., Kuki, K. N., Macedo, C., & Gomes, I. (2015). Registro da presença e danos causados por coleópteros em macaúba. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 35(82), 159-162. doi: 10.4336/2015.pfb.35.82.763

Ramírez, B.C., Zañudo, J., García de Alba, J.E., Délano, J.P., Pimienta, E., & García, M. A. (2013). Importancia agroecológica del coyul (*Acrocomia mexicana* Karw, ex Mart.). *Estudios Sociales*, 21(41), 97-113.

Regazzi, A.J. (2000). Análise multivariada, notas de aula INF 766. Departamento de Informática da Universidade Federal de Viçosa, v.2.



# Maestría en Ciencias: INNOVACIÓN EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES

Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí

admisiones.cslp@colpos.mx



CONSULTA: Dr. Ing. habil Erich Dietmar Rössel Kipping, SNI-I

**MAESTRÍA en CIENCIAS  
INNOVACIÓN en MANEJO de RECURSOS NATURALES**

**OBJETIVO**  
Preparar profesionales a nivel postgrado, dentro del ámbito del desarrollo e innovación en el manejo sustentable de recursos naturales para la transformación rural, que se integren dentro de los sectores público y privado y sean coadyuvantes en el desarrollo rural y en el mejoramiento de la calidad de vida de la sociedad.

*Innovando con ciencia y visión sustentable*

**Programa con reconocimiento del Padrón Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC) del CONACYT**

Duración: **2 años**

**Becas CONACYT:** SUJETAS A LA ASIGNACIÓN Y DISPONIBILIDAD A los estudiantes aceptados a cursar el programa de Maestría en Ciencias en Innovación en Manejo de Recursos Naturales

Fecha límite para recepción de documentos: **31 de mayo de 2019** para ingreso en agosto 2019

Los requisitos de ingreso y formato de admisión pueden descargarse en [www.colposslp.mx](http://www.colposslp.mx)

Doctorado por investigación (Innovación en Manejo de Energías Renovables)

**Informes**  
Subdirección de Educación, Campus San Luis Potosí, Colegio de Postgraduados  
Tel. 01 (496) 963 0240 y 0448 ext. 4020 y 4008  
[admisiones.cslp@colpos.mx](mailto:admisiones.cslp@colpos.mx)  
Iturbide #73, Salinas de Hidalgo, S.L.P. C.P. 78600

## Temas de investigación para la tesis:

- *Secador solar - calentador solar - fotovoltaica* ①
- *Biodigestor termófilo - calentador solar - fotovoltaica* ②
- *Purificador de agua - ultravioleta - fotovoltaica* ③
- *Conexión fotovoltaica a la red eléctrica* ④
- *Extracción del aceite y jugo vegetal - calentador solar* ⑤
- *Desfibradora - fibras de agave* ⑥
- *Refrigeración - fotovoltaica* ⑦
- *Bombeo de agua - fotovoltaica - riego por goteo etc.* ⑧
- *Hidrólisis - fotovoltaica*
- *Producción de peces - oxígeno - fotovoltaica*
- *Mecanización de producción de semillas de calabaza (secador, tostador, cosechador, limpiador, descascarador, etc.)*
- *Sistematización de biomateriales*
- *Balance energético*
- *Climatización de invernaderos - energía solar (fotovoltaica y calentador solar)*
- *Captación de lluvia - fotovoltaica*
- *Recolector de plástico usado*

## Resultados de las tesis realizadas:



\*Los equipos numerados están patentados

# INNOVACIÓN AGROALIMENTARIA SUSTENTABLE

## PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

### Objetivo

Formar talento humano con conocimiento de vanguardia en los procesos de producción, transformación y comercialización, que cuenten con habilidades y actitudes pertinentes, que les permitan contribuir al desarrollo e innovación tecnológica, socioeconómica y ambiental de los sistemas agroalimentarios, bajo una perspectiva sustentable.

### Perfil de ingreso

El aspirante a la Maestría en Ciencias en Innovación Agroalimentaria Sustentable debe tener estudios concluidos de licenciatura o ingeniería en las áreas de agronomía, biología, veterinaria, agroindustria, alimentos, química, maquinaria, estadística, economía, psicología, sociología, administración y carreras afines.



### Lineas del Conocimiento (LGAC)

Las líneas de investigación del programa de Maestría en Ciencias en Innovación Agroalimentaria Sustentable se dividen en tres ejes principales:

**1** Eficiencia y sustentabilidad en la producción primaria en sistemas agroalimentarios

**2** Innovación y desarrollo de procesos agroalimentarios para el bienestar social

**3** Comercialización y competitividad agroalimentaria con responsabilidad social y ambiental



Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

Programa Nacional de  
Posgrados de Calidad (PNPC)

### Becas

Contamos con becas del Programa Nacional de Posgrado de Calidad (PNPC) del CONACYT

### Informes

Subdirección de Educación del  
Campus Córdoba  
☎ 01(271) 716 60 00 / 57 / 55 Ext. 114  
✉ admision\_cordoba@colpos.mx

Los requisitos de ingreso y formatos de admisión pueden ser obtenidos en la página web oficial  
[www.colpos.mx/posgrado/ias/index.php](http://www.colpos.mx/posgrado/ias/index.php)  
[www.colpos.mx](http://www.colpos.mx)

📘 Colegio de Postgraduados Campus Córdoba  
📌 Maestría en Ciencias en Innovación Agroalimentaria Sustentable  
✉ [mcinnovaciones@colpos.mx](mailto:mcinnovaciones@colpos.mx)  
📍 Colegio de Postgraduados / Campus Córdoba  
km 348 / Carr. Federal Córdoba-Veracruz  
Amatlán de Los Reyes, Ver. / CP 94946