

## Influencia del índice de cosecha en la vida de florero de siete cultivares de *Rosa hybrida*

pág. 3

Año 8 • Volumen 8 • Número 2 • marzo–abril, 2015

FENOLOGÍA Y FISIOLOGÍA DE ILAMA ( <i>Annona diversifolia</i> Saf.)	12
DESARROLLO DE UN SISTEMA DE PARAMETRIZACIÓN MORFOMÉTRICA DE LIMA PERSA ( <i>Citrus latifolia</i> Tanaka) PARA EL CONTROL DE CALIDAD	20
EVALUACIÓN DE DIFERENTES CONCENTRACIONES DE AUXINAS EN EL ENRAIZAMIENTO DE ESTACAS DE <i>Jatropha curcas</i> L.	26
TÉCNICA PARA PRODUCIR HÍBRIDOS EN NOCHEBUENA ( <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. Ex Klotzsch)	32
IDENTIFICACIÓN DE HONGOS ARBUSCULARES EN CULTIVOS DE LIMÓN MEXICANO ( <i>Citrus aurantifolia</i> ) TRANSGÉNICO	38
RENTABILIDAD DE LA REPRODUCCIÓN DE ENEMIGOS NATURALES DE ÁCAROS DEL PAPAYO ( <i>Carica papaya</i> L.)	44

y más artículos de interés...



## Estructura

Agroproductividad es una revista de divulgación, auspiciada por el Colegio de Postgraduados para entregar los resultados obtenidos por los investigadores en ciencias agrícolas y afines. En ella se puede publicar información relevante al desarrollo agropecuario, social y otras disciplinas relacionadas, en formato de artículo, nota o ensayo. Las contribuciones son arbitradas y la publicación final se hace en idioma español. La contribución debe tener una extensión máxima de 15 cuartillas, incluyendo las ilustraciones. Deberá estar escrita en Word a doble espacio empleando el tipo Arial a 12 puntos y márgenes de 2.5 cm. Debe evitarse el uso de sangría al inicio de los párrafos. Las ilustraciones serán de calidad suficiente para su impresión en offset a colores, y con una resolución de 300 dpi en formato JPEG, TIFF o RAW.

## La estructura de la contribución será la siguiente:

1) Artículos: una estructura clásica definida por los capítulos: Introducción, Resumen, abstract, objetivos, Materiales y Métodos, Resultados y Discusión, Conclusiones y Literatura Citada; 2) Notas, Ensayos y Relatorías: deben tener una secuencia lógica de las ideas, exponiendo claramente las técnicas o metodologías que se transmiten o proponen.

## Formato

**Título.** Debe ser breve y reflejar claramente el contenido. Cuando se incluyan nombres científicos deben escribirse en *itálicas*.

**Autor o Autores.** Se escribirán él o los nombres completos, separados por comas, con un índice progresivo en su caso. Al pie de la primera página se indicará el nombre de la institución a la que pertenece el autor y la dirección oficial, incluyendo el correo electrónico.

**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.

**Figuras.** Corresponden a dibujos, gráficas, diagramas y fotografías. Las fotografías deben ser de preferencia a colores. Se debe proporcionar originales en tamaño postal, anotando al reverso con un lápiz suave el número y el lugar que le corresponda en el texto. La calidad de las imágenes digitales debe ceñirse a lo indicado en la tabla comparativa.

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

### Citas libros y Revistas:

Bozzola J.J., Russell L.D. 1992. Electron Microscopy: Principles and Techniques for Biologists. Ed. Jones and Bartlett. Boston. 542 p.

Calvo P., Avilés P. 2013. A new potential nano-oncological therapy based on polyamino acid nanocapsules. Journal of Controlled Release 169:10-16

Gardea-Torresdey J.L., Peralta-Videa J.R., Rosa G., Parsons J.G. 2005 Phytoremediation of heavy metals and study of the metal coordination by X-ray absorption spectroscopy. Coordination Chemistry Reviews 249: 1797-1810.

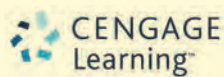
**Tabla comparativa.**

Centímetros	Píxeles	Pulgadas
21.59×27.94	2550×3300	8.5×11
18.5×11.5	2185×1358	7.3×4.5
18.5×5.55	2158×656	7.3×2.2
12.2×11.5	1441×1358	4.8×4.5
12.2×5.55	1441×656	4.8×2.2
5.85×5.55	691×656	2.3×2.2
9×11.5	1063×1358	3.5×4.5
9×5.55	1063×656	3.5×2.2

# Contenido

- |    |   |
|----|---|
| 3  | INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE COSECHA EN LA VIDA DE FLOREO DE SIETE CULTIVARES DE <i>Rosa hybrida</i>  |
| 12 | FENOLOGÍA Y FISIOLÓGIA DE ILAMA ( <i>Annona diversifolia</i> Saf.)  |
| 20 | DESARROLLO DE UN SISTEMA DE PARAMETRIZACIÓN MORFOMÉTRICA DE LIMA PERSA ( <i>Citrus latifolia</i> Tanaka) PARA EL CONTROL DE CALIDAD                 |
| 26 | EVALUACIÓN DE DIFERENTES CONCENTRACIONES DE AUXINAS EN EL ENRAIZAMIENTO DE ESTACAS DE <i>Jatropha curcas</i> L.                                     |
| 32 | TÉCNICA PARA PRODUCIR HÍBRIDOS EN NOCHEBUENA ( <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. Ex Klotzsch)   |
| 38 | IDENTIFICACIÓN DE HONGOS ARBUSCULARES EN CULTIVOS DE LIMÓN MEXICANO ( <i>Citrus aurantifolia</i> ) TRANSGÉNICO                                      |
| 44 | RENTABILIDAD DE LA REPRODUCCIÓN DE ENEMIGOS NATURALES DE ÁCAROS DEL PAPAYO ( <i>Carica papaya</i> L.)   |
| 52 | ANÁLISIS COMPETITIVO DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE NARANJA ( <i>Citrus sinensis</i> ) EN NUEVO LEÓN, MÉXICO  |
| 60 | INDUCCIÓN DE MUTACIONES EN CRISANTEMO ( <i>Dendranthema grandiflora</i> ) USANDO RADIACIÓN GAMMA Y ETIL METANO SULFONATO                            |
| 65 | PRODUCTIVIDAD DE <i>Cynodon plectostachyus</i> K. (Schum) Pilger y <i>Dolichos lablab</i> L. SOLOS Y ASOCIADOS BAJO DIFERENTES FRECUENCIAS DE CORTE |

38



Master Journal List — Thomson Reuters

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.

Corrección de estilo: Hannah Infante Lagarda

Maquetación: Alejandro Rojas Sánchez

Foto de portada: Alejandro Sánchez

Suscripciones, ventas, publicidad, contribuciones de autores:

Guerrero 9, esquina Avenida Hidalgo, C.P. 56220, San Luis Huexotla, Texcoco, Estado de México.

Teléfono: 01 (595) 928 4703 | [jocadena@colpos.mx](mailto:jocadena@colpos.mx); [jocadena@gmail.com](mailto:jocadena@gmail.com)

Impresión 3000 ejemplares.

©Agroproductividad, publicación respaldada por el Colegio de Postgraduados. Derechos Reservados. Certificado de Licitud de Título Núm. 0000. Licitud de Contenido 0000 y Reserva de Derechos Exclusivos del Título Núm. 0000. Editorial del Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México, Miembro de la Cámara Nacional de la Industria Editorial Núm. 036.

Impreso en México • Printed in México  
PRINTING ARTS MEXICO, S. de R. L. de C. V.  
Calle 14 no. 2430, Zona Industrial  
Guadalajara, Jalisco, México. C.P. 44940  
Fax: 3810 5567  
[www.tegrafik.com](http://www.tegrafik.com)  
RFC: PAM991118 DG0

## Directorio

Said Infante Gil  
Editor General del Colegio de Postgraduados

Rafael Rodríguez Montessoro<sup>†</sup>  
Director Fundador

Jorge Cadena Iñiguez  
Director de Agroproductividad

### Comité Técnico-Científico

Colegio de Postgraduados—Montecillo  
Fernando Clemente S.  
Dr. Ing. Agr. Catedrático Fauna Silvestre

Ma. de Lourdes de la Isla  
Dr. Ing. Agr. Catedrática Aereopolución

Ángel Lagunes T.  
Dr. Ing. Agr. Catedrático Entomología

Enrique Palacios V.  
Dr. Ing. Agr. Catedrático Hidrociencias

Jorge Rodríguez A.  
Dr. Ing. Agr. Catedrático Fruticultura

Instituto de Investigaciones  
Forestales, Agrícolas y Pecuarias  
Pedro Cadena I.  
Dr. Ing. Agr. Transferencia de Tecnología

Carlos Mallen Rivera  
M. C. Director de Promoción y Divulgación

Confederación Nacional Campesina  
Jesús Muñoz V.  
Dr. Ing. Agr. Agronegocios

Instituto Interamericano de  
Cooperación para la Agricultura  
Victor Villalobos A.  
Dr. Ing. Agr. Biotecnología

Instituto Interamericano de  
Cooperación para la Agricultura  
(República Dominicana)  
Manuel David Sánchez Hermosillo  
Dr. Ing. Agr. Nutrición Animal y manejo de  
Pastizales

Servicio Nacional de Inspección y  
Certificación de Semillas  
(SNICS-SAGARPA)  
Manuel R. Villa Issa  
Dr. Ing. Agr. Economía Agrícola.  
Director General



Dr. Jorge Cadena Iñiguez

## Editorial

Volumen 8 • Número 2 • marzo–abril, 2015.

La política pública actual, tiene como objetivos para reactivar el sector rural, contar con un campo justo, productivo, rentable y sustentable, que permita asegurar la alimentación, calidad de vida de los habitantes, y fortalecer la soberanía y estabilidad socio-política del país. Sin embargo, para lograrlo, el impulso a la investigación aplicada y desarrollo tecnológico para la innovación, es un factor fundamental. La *Innovación Agrícola* involucra producción e intercambio de conocimiento, validación y transferencia de desarrollos tecnológicos o procesos derivados de la investigación, así como, acciones que adquieren significancia cuando satisfacen las demandas de productores y consumidores. Para generar innovación, deben conjuntarse factores de políticas públicas, legislación, infraestructura, financiamiento y desarrollo de mercados, que permitan y alienten la interacción entre los involucrados en una cadena de valor. Lo anterior contradice *la idea generalizada de que la innovación agrícola es un invento que es transferido y adoptado como tal por los usuarios*. El nuevo enfoque para impulsar la investigación aplicada y el desarrollo tecnológico para la innovación debe considerar: La productividad y competitividad de las actividades agroalimentarias que no sólo dependen de innovación tecnológica, de producto, proceso, comercialización y organización, ya que en algunos casos no basta con que dichas innovaciones sean incrementales, sino más bien, de tipo disruptivas. La innovación es más probable cuando existe interés común de productores y gobierno. **AP AGRO PRODUCTIVIDAD** presenta resultados relevantes de investigación que pueden incidir en la competitividad agrícola e inducir innovaciones, y algunos de sus temas han sido desarrollados en conciliación a demandas puntuales y necesarias para incidir en partes del proceso productivo, más que abordarlo todo, en un tiempo y única solución.

Jorge Cadena Iñiguez  
Director de **AP AGRO**  
PRODUCTIVIDAD



# INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE COSECHA EN LA VIDA DE FLORERO DE SIETE CULTIVARES DE *Rosa hybrida*

## INFLUENCE OF HARVEST INDEX ON THE VASE LIFE OF FIVE *Rosa hybrida* CULTIVARS

**De la Cruz-Guzmán, G.H.<sup>1,3</sup>; Arévalo-Galarza, M de L.<sup>1,4\*</sup>; Peña-Valdivia, C.B.<sup>1</sup>; Castillo-González, A.M.<sup>2</sup>; Colinas-León, M.T.<sup>2</sup>; Mandujano-Piña, M.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Recursos Genéticos y Productividad, Colegio de Postgraduados, *Campus* Montecillo, km 36.5 Carretera México-Texcoco, Montecillo, México. <sup>2</sup>Universidad Autónoma Chapingo, km 38.5, Carretera México-Texcoco, Chapingo, México. <sup>3</sup>Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM. Av. de los Barrios No. 1. Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Estado de México. <sup>4</sup>Línea Prioritaria de Investigación en Inocuidad Calidad de Alimentos y Bioseguridad del Colegio de Postgraduados (LPI-7)

**\*Autor responsable:** larevalo@colpos.mx

### RESUMEN

Uno de los principales problemas en la comercialización de flor cortada es falta de apertura floral debido a que se desconoce el estado de madurez adecuado para la cosecha. El objetivo de este estudio fue determinar el índice de cosecha óptimo para mejorar la apertura y vida en florero de tallos florales de siete cultivares de *Rosa hybrida* mantenidos en agua o en solución Chrysal clear<sup>®</sup>. Se cosecharon 16 tallos florales con tres índices de cosecha para análisis en laboratorio separándolas en dos grupos; uno se colocó en agua de la llave (T1) y otro en solución Chrysal clear<sup>®</sup> (T2). La unidad experimental fueron dos tallos florales colocados en un florero con 270 mL de agua o solución. Los floreros se distribuyeron al azar en una habitación con iluminación de 10  $\mu\text{moles m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , fotoperiodo de 12 h y temperatura de 23 $\pm$ 3 °C. Los tallos se recortaron al cuarto día, al grupo T1 se le cambió el agua, el grupo T2 se conservó sin cambio de solución. Se evaluó el diámetro inicial y final de la flor, tasa de absorción de agua; peso seco y vida en florero. Los tallos del cv. Polar Star presentaron la apertura floral mayor y los botones de 'Samurai' y 'Freedom' tuvieron la apertura menor. Los tallos de 'Engagement' y 'Topaz' en los tres índices de corte presentaron apertura floral superior a 70%. Los demás cultivares deben cosecharse en el índice dos como mínimo. 'Polar Star' tuvo la mayor vida en florero (12.4 d) y la menor se registró en 'Freedom' y 'Samurai' (7.3 d). La solución de Chrysal clear<sup>®</sup> no modificó la apertura floral, sin embargo, incrementó el peso fresco, vida en florero, y mejoró la apariencia. El punto de corte de todos los cultivares que se relaciona con el peso fresco mayor y mejor vida en florero es el índice de cosecha dos.

**Palabras clave:** Apertura floral, peso fresco, punto de corte, solución hidratante, vida postcosecha.

### ABSTRACT

One of the main problems in marketing of cut flowers is the lack of floral opening because the appropriate state of maturity for harvesting is unknown. The objective of this study was to determine the optimal harvest index in order to enhance the opening and vase life of floral stems of seven *Rosa hybrida* cultivars kept in water or Chrysal Clear<sup>®</sup> solution. Sixteen floral stems were harvested with three harvest indexes for their analysis in the laboratory, and they were separated into two groups; one was placed in tap water (T1) and another in Chrysal Clear<sup>®</sup> solution (T2). The experimental unit was two floral stems placed in a vase with 270 mL of water or solution. The vases were distributed randomly in a room with illumination of 10  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , photoperiod of 12 h and temperature of 23 $\pm$ 3 °C. The stems were cut on the fourth day, the water in group T1 was changed, and group T2 was kept without changing the solution. The initial and final diameter of the flower was evaluated, as well as the water absorption rate, live weight and vase

life. The stems of cv. Polar Star presented the greatest floral opening, and the buds of 'Samurai' and 'Freedom' had the smallest opening. The 'Engagement' and 'Topaz' stems in the three harvest indexes presented floral opening above 70 %. The other cultivars should be harvested with an index of at least two. 'Polar Star' had the longest vase life (12.4 d) and the shortest was found in 'Freedom' and 'Samurai' (7.3 d). The Chrysal Clear® solution did not modify the floral opening; however, it did increase the fresh weight, vase life and improved the appearance. The harvest index to obtain the higher fresh weight and better performance in vase life is index two.

**Keywords:** Floral opening, fresh weight, hydrating solution, post-harvest life.

## INTRODUCCION

**La rosa** (*Rosa* L.) (Rosaceae) es uno de los cultivos más apreciados como flor de corte, su demanda destaca por su fragancia y variedad de tonos y colores que satisface los gustos más exigentes de los consumidores (Yong, 2004; Dahal, 2013). En las últimas tres décadas la rosa ha tenido un lugar preponderante en la producción florícola de México y un máximo histórico de 4'345,000 de gruesas (144 tallos florales) fue registrado en 2004 (Tejeda-Santorius y Arévalo-Galarza, 2012). Uno de los problemas más frecuentes durante la comercialización y vida en florero de las rosas es la falla en la apertura floral, que está influenciada por las condiciones ambientales, humedad del suelo, fertilización e índice de cosecha. Éste último se relaciona con la madurez del botón floral y con la acumulación de los sustratos para la apertura de la flor. El índice de cosecha puede influir negativamente en la vida postcosecha si el corte se realiza cuando no se hayan acumulado los azúcares suficientes que garanticen la apertura del botón floral (Wills et al., 1998; Reid, 2009).






















Entre los cultivares de rosa existen amplia variación en la apertura del capullo y vida en florero (Ichimura et al., 2002). Además, la diversidad de cultivares de rosa generados en los últimos años y el desconocimiento de su fisiología dificultan reconocer los puntos de corte óptimos para cada uno.

Cada cultivar de rosa tiene un índice de cosecha propio; algunos se cortan cuando los bordes superiores de dos o tres sépalos se curvan hacia fuera; los cultivares con pétalos numerosos, se cosechan más abiertos que aquellos que tienen menos pétalos y capullos menos densos; la mayoría de los cultivares de tonalidades rosa y rojos se cortan cuando el cáliz se dobla en una posición inferior que la horizontal (mayor que 90°) y cuando los dos primeros pétalos comienzan a separarse del botón floral; los tallos de las variedades amarillas se cosechan en un punto más cerrado y las blancas en uno posterior comparado con los tallos de rosas rojas y rosas (Xotla y Ruiz, 2012). Sin embargo, los tallos florales de los cultivares blancos y amarillos deben cosecharse en una fase anterior para ser trasladados a distancias largas (Reid, 2014). En *Gerbera jamesonii*, *Narcissus tazetta*, *Alstroemeria aurantiaca* y *Dianthus caryophyllus*, el índice de cosecha está definido por sus caracterís-

ticas morfológicas (Gamboa, 1991; Mahdi y Kafi, 2005; Reid y Dodge, 2014), en los cultivares de rosa no es así, en este caso los productores tienen que experimentar cosechando los botones florales en diferentes estadios de desarrollo, lo que genera pérdidas en la postcosecha, ya que si los botones están muy cerrados, serán más susceptibles al "cabeceo" causado por la poca lignificación del pedúnculo floral (Mayak et al., 1974) o tendrán fallas de apertura debido a la concentración baja de sustratos almacenados en las hojas y los tallos (Borochoy et al., 1989). En algunos casos es posible garantizar la apertura de los botones poco desarrollados con aplicación de soluciones con concentraciones variadas de azúcar. Específicamente, la aplicación del producto comercial Chrysal clear® (10 g L<sup>-1</sup>) al agua del florero mejoró la apertura floral de rosas de los cultivares Freedom, Opera, Red alfa y Red vicer (Mosqueda et al., 2011). Por el contrario, los botones florales muy abiertos tienen vida en florero corta, debido a la mayor sensibilidad a etileno (Haserk, 1980). Por lo anterior el objetivo de este trabajo fue determinar el índice de corte óptimo para la cosecha de siete cultivares de *Rosa hybrida* y el efecto de un producto comercial en la calidad de los tallos florales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los tallos se cosecharon en el invernadero comercial de la empresa Flores Selectas de Tequexquahuac, S. de P. R. de R. L., ubicado en Tequexquahuac, Texcoco, Estado de México. Los tallos evaluados fueron de los cultivares Highlander, Samurai, Freedom, Polar Star, Blush, Engagement' y Topaz' provenientes de plantas de seis años de edad. La Figura 1 ilustra los tres índices de

	Índice 1	Índice 2	Índice 3	Índice 1	Índice 2	Índice 3
'Highlander'						
	10.7-14.2	17.5-33.1	26.8-36.3 mm	24.6-32.2	43.6-65.9	62.4-74.4 mm
'Samurai'						
	19.4-27.9	28.7-37.9	46.9-58.6 mm	29.0-36.8	42.0-53.7	63.8-74.1 mm
'Freedom'						
	19.4-26.9	30.0-46.9	55.5-54.9 mm	30.3-41.3	50.4-71.1	66.5-81.2 mm
'Polar Star'						
	23.6-30.8	35.8-42.7	67.8-86.0 mm			

**Figura 1.** Índices de cosecha y dimensiones de la apertura floral (mm) de siete cultivares de *Rosa hybrida*.

cosecha (1, 2 y 3) seleccionados para este estudio. En el índice 1, los sépalos pueden estar unidos o separados del botón floral en dependencia del cultivar, pero todos los pétalos estarán generalmente cerrados o ligeramente abiertos en su ápice. El índice 2, es el que los productores toman como óptimo para el corte, en éste, los sépalos se encuentran separados del botón floral y los pétalos, aunque compactos, están abiertos en el ápice. En el índice 3, los sépalos están separados del botón floral y los pétalos completamente abiertos en la región apical.

Se cosecharon 16 tallos florales de cada cultivar e índice de cosecha, a las 7 am. Los tallos se transportaron en condición seca al laboratorio; ahí, inmediatamente se realizó

un corte transversal en la base de cada tallo, para estandarizar la longitud entre 55 y 60 cm, con tres hojas trifoliadas y cuatro pentafoliadas. Los ejemplares de cada cultivar y cada índice de corte se separaron en dos grupos, uno se colocó en agua de la llave (doméstica) ( $\text{pH}=7.51\pm 0.13$  y  $\text{CE}=56.3\pm 1.2 \mu\text{S cm}^{-1}$ ) y el otro en una solución de Chrysal clear<sup>®</sup> 10 g L<sup>-1</sup> ( $\text{pH}=4.55\pm 0.05$  y  $\text{CE}=59.7\pm 1.2 \mu\text{S cm}^{-1}$ ). La unidad experimental consistió de dos tallos florales en un florero con 270 mL agua o solución Chrysal clear<sup>®</sup>; los floreros fueron distribuidos al azar en una habitación con iluminación de  $10 \mu\text{moles m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , fotoperiodo de 12 h y temperatura promedio de  $23\pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$ . Al cuarto día en el florero, los tallos se recortaron en su base 3 cm; además, a los tratamientos en agua de llave se les renovó el agua.

### Variables

**Apertura de los botones florales.** El diámetro de los botones florales se registró con un calibrador electrónico digital (Truper<sup>®</sup>, con precisión de 0.01 mm) al inicio y cuando alcanzaron la apertura mayor en el florero. El promedio del diámetro floral de la apertura máxima de cada cultivar en el índice 3 se utilizó como referencia de apertura en el florero para cada cultivar.

**Peso fresco del tallo floral.** Los tallos se pesaron individualmente en una balanza digital (Setra SI-20005, con 0.01 g de precisión). El peso relativo



se obtuvo con la ecuación:  $PF = \frac{PFn}{PFO} \times 100$ ; Donde:  $PF$ =Peso fresco (%),  $PFn$ =Peso fresco del tallo floral en el día 1, 2, 3,  $n$ ;  $PFO$ =Peso fresco del tallo floral en el día cero.

**Tasa de absorción de los tallos florales.** Diariamente se registró el peso del agua o de la solución en el florero en una balanza digital.

**Vida de floreo.** La aparición de alguno de los siguientes síntomas se registró a partir del inicio del estudio: cabeceo del botón floral, flacidez o caída de pétalos, amarillamiento o caída de las hojas. Los tratamientos fueron la combinación de siete cultivares, tres índices de corte y dos soluciones de florero, con cuatro repe-

ticiones (dos tallos por repetición). Se realizó análisis de varianza y pruebas de comparaciones de medias (Tukey, 0.05) mediante el paquete SAS® 9.0 para Windows. Para su análisis, los datos en porcentaje, se transformaron a ArcoSeno y después los promedios se convirtieron nuevamente a porcentajes.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Apertura floral: diámetro inicial por índice de cosecha

Los botones florales de 'Highlander' tuvieron menor diámetro en los tres índices de cosecha, mientras que 'Topaz' y 'Engagement' mostraron la mayor apertura (Cuadro 1). Xotla y Ruiz (2012) mencionan que algunas variedades de rosa se cortan cuando los bordes superiores de dos o tres sépalos están curvos hacia fuera, pero

**Cuadro 1.** Apertura floral máxima, durante la vida de florero en agua o Chrysal clear® en solución acuosa, de cultivares de *Rosa hybrida* cortados según tres índices de cosecha. El el bloque de la derecha registra y compara la máxima apertura del cultivar.

Cultivar	Solución hidratante	Apertura floral (mm)			Apertura floral relativa, respecto a la máxima por cultivar (%)		
		1	2	3	1	2	3
Highlander	Agua	17.73 a	47.56 a	56.8 a	25.6	68.6	81.9
	Chrysal®	14.86 a	36.96 a	66.14 a	21.4	53.3	95.4
	<b>DMS</b>	<b>2.9441</b>	<b>14.209</b>	<b>16.983</b>			
Samurai	Agua	46.42 a	56.16 a	65.08 a	71.3	86.3	100.0
	Chrysal®	31.28 a	54.57 a	64.30 a	48.1	83.9	98.8
	<b>DMS</b>	<b>9.0246</b>	<b>7.8287</b>	<b>9.1528</b>			
Freedom	Agua	39.57 a	48.45 a	67.22 a	58.9	72.1	100.0
	Chrysal®	32.5 b	47.79 a	62.51 a	48.3	71.1	93.0
	<b>DMS</b>	<b>4.8435</b>	<b>9.697</b>	<b>6.1754</b>			
Polar Star	Agua	70.21 a <sup>z</sup>	84.52 a	110.56a	63.5	76.4	100.0
	Chrysal®	57.16 a	80.49 a	109.96a	51.7	72.8	99.5
	<b>DMS</b>	<b>18.658</b>	<b>18.85</b>	<b>13.212</b>			
Blush	Agua	51.85 a	81.17 a	90.28 a	57.4	89.9	100.0
	Chrysal®	59.62 a	72.08 a	81.30 b	66.0	79.8	90.1
	<b>DMS</b>	<b>11.064</b>	<b>10.594</b>	<b>8.8076</b>			
Engagement	Agua	58.99 a	64.65 a	79.09 a	74.6	81.7	100.0
	Chrysal®	58.33 a	63.54 a	80.52 a	73.8	80.3	101.8
	<b>DMS</b>	<b>7.6295</b>	<b>7.0088</b>	<b>9.9197</b>			
Topaz	Agua	70.73 a	84.25 a	88.72 a	79.7	95.0	100.0
	Chrysal®	63.68 a	82.50 a	77.53 b	71.8	93.0	87.4
	<b>DMS</b>	<b>18.527</b>	<b>7.2224</b>	<b>9.4516</b>			

<sup>z</sup> Valores seguidos con letras iguales en cada columna dentro de cada cultivar no son significativamente diferentes (Tukey, 0.05).



las variedades color amarillo deben cosecharse antes de que el cáliz se separe completamente del botón floral y antes de que los pétalos empiecen a abrir, sin embargo, esto no se observó en 'Highlander' cosechado en el índice 1, pues no alcanzó la apertura floral adecuada en agua ni en la solución de Chrysal clear®. Dole y Wilkins (1999) refieren que las variedades rojas deben cortarse cuando el cáliz esté totalmente desprendido del capullo y que al menos un pétalo se haya desprendido del botón floral; este criterio coincidió con el índice 2 de 'Samurai' y 3 de 'Freedom' (Figura 1). Las variedades blancas se cosechan cuando los sépalos se han desplegado completamente y cuando más de dos pétalos se han separado del botón floral (Xotla y Ruiz, 2012), esto coincide con las características de 'Polar Star' con índice 2.

### Diámetro floral máximo de cada cultivar

El diámetro floral máximo de 'Polar Star' fue de 110.6 mm y de 'Blush' fue 90.3 mm, y lo alcanzaron 5 y 6 días después de la cosecha. 'Highlander', 'Engagement', 'Topaz', 'Samurai' y 'Freedom' alcanzaron el máximo diámetro floral entre el tercer y cuarto día en el florero (Figura 2).

Kuiper *et al.* (1996) mencionan que la apertura máxima del botón floral ocurre cuando los pétalos internos y externos se extienden completamente y dejan expuestas las anteras; pero en las condiciones del hogar del consumidor difícilmente ocurre este evento, ya que los floreros se colocan en sitios con baja intensidad de luz y la senescencia ocurre antes de que el botón floral llegue a su apertura máxima.

### Apertura por índices de cosecha y tratamientos

Sin importar los índices de cosecha, la solución de Chrysal clear® no incrementó el diámetro de apertura de los botones florales de ninguno de los cultivares (Cuadro 1). Los resultados difieren de los obtenidos por Juárez *et al.* (2008); quienes mencionan que la aplicación de 2 mL L<sup>-1</sup> de Crysal RVB® al agua del florero incrementó la apertura floral de rosa 'Black Magic'. La diferencia entre los resultados pudo deberse al hecho de que la solución hidratante utilizada por estos autores tendría mayor contenido de azúcares.

Cultivar	Diámetro (mm)	Cultivar	Diámetro (mm)
Highlander	69.3 ± 9.4	Polar Star	110.6 ± 16.3
Samurai	65.1 ± 7.3	Blush	90.3 ± 10.6
Freedom	67.2 ± 4.8	Engagement	79.1 ± 12.1
		Topaz	88.7 ± 7.4

**Figura 2.** Apertura máxima de los botones florales de siete cultivares de *Rosa hybrida* cortados con el índice 3 de cosecha. Cada valor es el promedio de 16 repeticiones ± desviación estándar.

Debido a que 70% de la apertura, respecto a la máxima en cada cultivar, representa una apariencia estética aceptable para el consumidor, los cultivares de Engagement y Topaz pueden cosecharse considerando cualquiera de los tres índices como adecuado, ya que su apertura fue superior a 70% (Figura 3); en

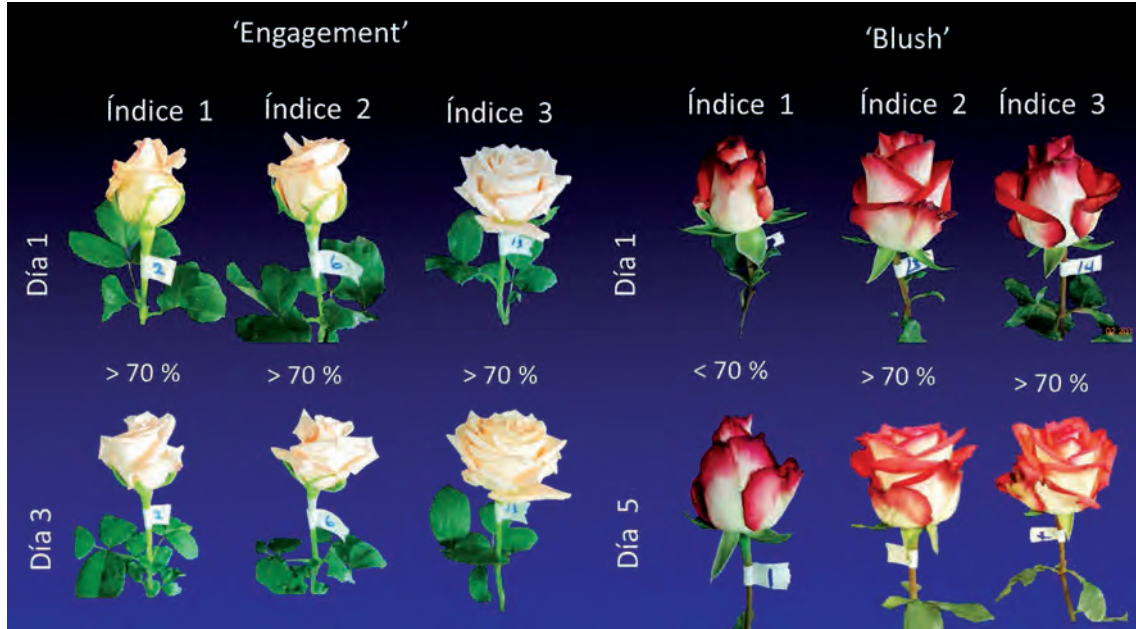
contraste, los tallos de los cultivares Blush, Highlander, Samurai, Freedom y Polar Star solo deberían cosecharse con el índice 2.

Aunque la adición de Chrysal clear® no contribuyó a mejorar la apertura floral, sí ayudó a mejorar el color, apariencia de los botones e incre-

mentó la vida de florero de todos los cultivares (Halevy y Mayak, 1981; Kuiper et al., 1996) (Figura 4).

**Tasa de absorción y peso fresco**

Al cuarto día después de la cosecha los tallos de ‘Samurai’ presentaron consumo mayor de agua y los de ‘Blush’ el menor (Cuadro 2). Todos



**Figura 3.** Apertura de los botones florales por índice de cosecha de los cultivares Engagement y Blush. El tercero y quinto día en postcosecha cada cultivar alcanzó su mayor diámetro.



**Figura 4.** Efecto de la solución comercial Chrysal clear® en la apariencia y vida de florero de rosa ‘Topaz’.

**Cuadro 2.** Tasa de absorción de agua, peso fresco y vida de florero (VF) de siete cultivares de *Rosa hybrida*, cosechados en tres puntos de corte y solución comercial Chrysal clear®.

Cultivares	Tasa de absorción (%)		Peso fresco (%)		VF (días)
	Día 4	Día 7	Día 4	Día 7	
Highlander	29.4 bc	19.9 b	94.0 a	96.68 ab	8.0 cd
Samurái	60.3 a	14.8 c	92.3 ab	95.2 cd	7.3 d
Freedom	28.4 bc	9.2 d	91.8 b	96.6 ab	7.6 d
Polar Star	35.6 b <sup>z</sup>	20.1 b	94.1 a	97.5 a	12.4 a
Blush	21.1 d	20.8 b	91.8 b	94.5 d	9.5 b
Engagement	35.8 b	35.4 a	93.1 a	96.3 bc	8.9 bc
Topaz	26.3 cd	18.2 b	92.4 ab	92.3 e	8.2 cd
DMS	07.22	2.95	2.01	1.15	1.07
Puntos de corte					
Índice 1	34.5 a	20.4 a	92.5 a	96.8 a	8.1 b
Índice 2	33.7 a	18.2 b	93.1 a	96.0 b	9.7 a
Índice 3	32.9 a	20.9 a	92.9 a	94.2 c	8.7 b
<b>DMS</b>	<b>3.7</b>	<b>1.53</b>	<b>1.04</b>	<b>0.69</b>	<b>0.563</b>
Solución					
Agua	34.4 a	19.6 a	92.8 a	94.9 b	8.3 b
Chrysal®	33.2 a	19.9 a	92.7 a	96.4 a	9.3 a
DMS	2.52	1.04	0.71	0.53	0.38

<sup>z</sup> Valores seguidos con letras iguales en cada columna, por cultivar, puntos de corte y solución no son significativamente diferentes. (Tukey, 0.05; para peso fresco y VF, n=8; para tasa de absorción n=4).

los cultivares presentaron mayor consumo de agua el cuarto día en comparación con el séptimo día. La disminución del consumo de agua puede atribuirse al taponamiento de los vasos en la base del tallo como consecuencia de la proliferación de bacterias, síntesis de metabolitos en reacción al corte, o ambos (Arévalo *et al.*, 2012; van Doorn, 2012). Las características de los tallos, vigorosos y de buena calidad, también retrasan los eventos de cavitación y mantienen por más tiempo el consumo de agua (Fanourakis *et al.*, 2012; Spinarova y Hendriks, 2005). Este hecho coincide con los resultados de esta investigación, ya que los tallos de 'Freedom' y 'Samurái' son los menos vigorosos y fueron los que consumieron menos agua al séptimo día. En general, los tallos cosechados con el índice 3 consumieron 11% más agua que los cosechados con el índice 2, pero la vida en florero fue mayor en los últimos (Cuadro 2).

'Polar Star' tuvo el mayor peso fresco y vida de florero más larga (12.4 d) contrastando con 'Samurái' que tuvo

el menor peso fresco y vida en florero (Cuadro 2). Las flores de corte incrementan su peso fresco y luego lo disminuyen de forma significativa pocos días después de la cosecha cuando permanecen en agua (Lu *et al.*, 2010; Alaey *et al.*, 2011); sin embargo, aquellas que lo mantienen por más tiempo, lograrán una vida mayor en florero (Ichimura y Shimizu-Yumoto, 2007); además, los procesos metabólicos que aportan energía a los pétalos se desarrollan mejor cuando la hidratación es mayor (van Meeteren *et al.*, 1999; Taiz y Zeiger, 2010). van Meeteren *et al.* (2006) y Arévalo *et al.* (2012) señalan que la pérdida de peso prematura en las flores de corte puede deberse a diversas causas, destacando entre ellas, procesos fisiológicos que reducen la conductividad hídrica o el crecimiento de bacterias que obstruyen físicamente los haces vasculares.

### Vida de florero

Los tallos de 'Polar Star' tuvieron la vida mayor en florero (12.4 d) de todos los cultivares, seguidos por los de



'Blush' (9.5 d) y 'Engagement' (8.9 d). Los tallos de 'Freedom' y 'Samurái' tuvieron la menor vida en florero (7.6 y 7.3 d) del grupo estudiado, y representó 40% menos que la de 'Polar Star' (Cuadro 2, Figura 5).

## CONCLUSIONES

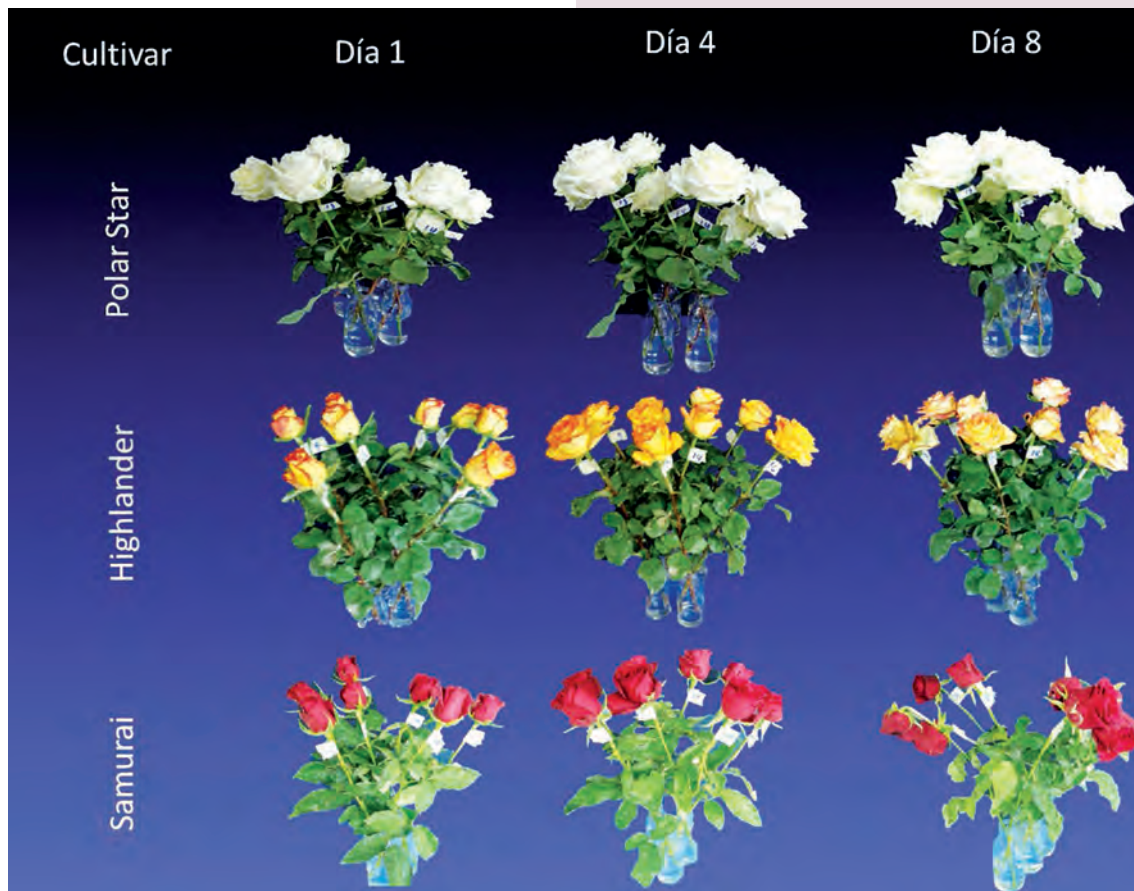
**El índice** de cosecha 2 es el óptimo para los cultivares Polar Star, Blush, Highlander, Samurái y Freedom; el corte con otros índices conducirá a fallas en la apertura floral y disminuirá la vida en florero. En contraste, el índice de cosecha no modifica la vida en florero de los cultivares Engagement y Topaz, y sus botones florales alcanzan apertura mayor a 70% independientemente del índice citado. La solución comercial de Chrysal clear® mejora el aspecto y vida de florero en los siete cultivares, pero no tiene efecto en la apertura de los botones florales.

## AGRADECIMIENTOS

A la empresa Flores Selectas de Tequexquahuac, S. de P.R. de R.L., ubicado en Tequexquahuac, Texcoco, Estado de México, por las facilidades para realizar la investigación. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo en la beca de Doctorado del primer autor.

## LITERATURA CITADA

- Arévalo Galarza L., García Osorio C., Rosas Saito G.H. 2012. Factores que afectan la vida de florero en flores de corte. *Agroproductividad* 5(3):28-35.
- Borochoy A., Woodson W.R. 1989. Physiology and biochemistry of flower petal senescence. *Hortic.Rev.* 11: 15-43.
- Dahal S. 2013. Postharvest handling of cut flower rose. Department of Horticulture, Institute of Agriculture and Animal Sciences (IAAS), Rampur, Chitwan, Nepal. 24 pp. En: [http://www.academia.edu/3276681/POST\\_HARVEST\\_HANDLING\\_OF\\_CUT\\_FLOWER\\_ROSE](http://www.academia.edu/3276681/POST_HARVEST_HANDLING_OF_CUT_FLOWER_ROSE), abril, 2014.
- Dole J.M., Wikins H.F. 1999. Floriculture principles and species. Prentice Hall, New Jersey pp.123-137.
- Fanourakis D., Carvalho S.M.P., Almeida D.P.F., van Kooten O., van Doorn W.G., Heuvelink E. 2012. Postharvest



**Figura 5.** Aspecto de los cultivares Polar Star, Highlander y Samurái durante la vida de florero.

- water relations in cut rose cultivars with contrasting sensitivity to high relative air humidity during growth. *Postharv. Biol. Technol.* 64: 64–73.
- Gamboa Zúñiga L. 1991. Cultivo de gerbera. Costa Rica: Ed. Universidad estatal a distancia, UNED. 71 pp.
- Halevy A.H., Mayak S. 1981. Senescence and postharvest physiology of cut flowers, part 2. *Hort. Rev.* 3: 59-143.
- Haserk R. 1980. Introducción a la Floricultura. San Diego, Academic Press. pp 102-104.
- Ichimura K., Kawabata Y., Kishimoto M., Goto R., Yamada K. 2002. Variation with cultivar in the vase life of cut rose flowers. *Bull. Natl. Inst. Flor. Sci.* 2: 9-20.
- Ichimura K., Shimizuko-Yumoto H. 2007. Extension of the vase life of cut roses by treatment with sucrose before and during simulated transport. *Bull. Natl. Inst. Flor. Sci.* 7:17-27.
- Juárez Hernández P., Colina León T., Valdez Aguilar L.A., Espinosa Flores A., Castro Brindis R., Cano García G.B. 2008. Soluciones y refrigeración para alargar la vida postcosecha de rosa cv. 'Black Magic'. *Fitotecnia Mexicana* 31(3): 73-77.
- Kuiper D., van Reenen H.S., Ribot S.A. 1996. Characterization of flower bud opening in roses; a comparison of Madelon and Sonia roses. *Postharv. Biol. Technol.* 9: 75-86.
- Lu P., Cao J., He S., Liu J., Li H., Cheng G., Ding Y., Joyced D.C. 2010. Nano-silver pulse treatments improve water relations of cut rose cv. 'Movie' Star flowers. *Postharv. Biol. Technol.* 57: 196-202.
- Mahdi J.M., Kafi M. 2005. Effects of Harvesting Stages, 8-Hydroxyquinoline Citrate, Silver Thiosulphate, Silver Nitrate on the Postharvest Life of Cut Narcissus tazetta. *Proc. VIIIth IS Postharvest Phys. Ornamentals* Eds. N. Marissen. Acta Hort. 669, ISHS 2005
- Mayak S., Halevy A.H., Sagie S., Bar-yoseph A., Bravdo B. 1974. The water balance of cut rose flowers. *Physiol. Plant* 3: 15-22.
- Mosqueda L.G., Arévalo G.L., Valdovinos P.G., Rodríguez P.J., Colinas L.T. 2011. Época de corte y manejo postcosecha de ocho cultivares de rosa de corte. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3: 591-602.
- Reid, M.S. 2009. Postcosecha y Manejo de las Flores de Corte. Ediciones HortiTecnia Ltda, Bogotá, Colombia. 38 p.
- Reid M.S., Dodge L. 2014. Postcosecha. Sobre los indicadores básicos. Department of Plant Sciences University of California, Davis, CA 95616. En: <http://postharvest.ucdavis.edu/Ornamentales/Rosas/>
- Spinarova S., Hendriks L. 2005. Factors influencing acoustic emission profiles of cut roses. *Acta Horticulture* 669: 63-69.
- Taiz L., Zeiger E. 2010. *Plant Physiology*. Fifth edition. Sinauer associates, inc, publishers, Sunderland, Massachusetts. 782 pp.
- Tejeda-Santorius O., Arévalo-Galarza M.L. 2012. La floricultura, una opción económica rentable para el minifundio mexicano. *Agroproductividad* 5(3): 11-19.
- van Doorn W.G. 2012. Water Relations of Cut Flowers: An Update. *Horticultural Reviews* 40: 55-106.
- van Meeteren U., van Gelder H., van Ieperen W. 1999. Reconsideration of the use of deionized water as vase water in post-harvest experiments on cut flowers. *Postharv. Biol. Technol.* 17: 175–187.
- van Meeteren U., Arévalo-Galarza L., van Doorn W. 2006. Inhibition of water uptake alters harvesting cut flowers role of air emboli and wound-induced processes in chrysanthemum. *Postharv. Biol. Tech.* 41: 70-77
- Wills R., McGlasson B., Graham, D., Joyce D. 1998. *Postharvest: An introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals*. UNSW Press, Australia 262 p.
- Xotla Zermeño M.P., Ruiz Cirilo R. 2012. Producción y comercialización de rosas de corte en el rancho "Los Morales" de Tenancingo, Edo. de México. Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Veracruzana, Campus Xalapa, Veracruz, México.
- Yong A. 2004. El cultivo del rosal y su propagación. *Cultivos Tropicales* 25(2): 53-67.



# FENOLOGÍA Y FISIOLOGÍA DE ILAMA (*Annona diversifolia* Saf.)



PHENOLOGY AND PHYSIOLOGY OF ILAMA (*Annona diversifolia* Saf.)

**Otero-Sánchez, M.A.<sup>1</sup>; Ruiz-Posadas, L.M.<sup>2\*</sup>; Becerril-Román, A.E.<sup>2</sup>;  
Michel-Aceves, A.C.<sup>1</sup>; Barrios-Ayala, A.<sup>3</sup>; Ariza-Flores, R.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. Av. Vicente Guerrero # 81, Col. Centro, Iguala, Gro. C.P. 40000. MÉXICO. <sup>2</sup>Colegio de Postgraduados; Carretera México-Texcoco, km. 35.5, Montecillo, Estado de México, México. <sup>3</sup>Campo Experimental Iguala, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas y pecuarias. Km 3 carretera Iguala-Tuxpan, C.P. 40000. Iguala, Gro., México.

**\*Autor responsable:** lucpo@colpos.mx

## RESUMEN

Considerando el cultivo de Ilama (*Annona diversifolia* Saf.) como alternativa sustentable de la fruticultura en trópico seco, se realizó su caracterización fenológica, anatómica *in situ* y una evaluación de dormancia en condiciones controladas. La Ilama es una especie semi-caducifolia de ciclo fenológico anual discontinuo con una etapa de crecimiento activo y otra de dormancia. El ciclo inicia en marzo-abril con la aparición de brotes reproductivos y vegetativos, la apertura floral tiene lugar en marzo-mayo, fructifica por cinco meses (mayo-septiembre); el crecimiento de ramas, brotes y hojas inicia en primavera y termina en verano. La temperatura es el factor preponderante en la defoliación, aparentemente la sequía solo ejerce un efecto coadyuvante al acelerar la senescencia de la hoja; y presenta características morfológicas y fisiológicas semejantes a especies adaptadas a vivir en hábitats con alta irradiación solar y limitaciones de humedad.



**Palabras clave:** Fruto exótico, diferenciación floral, estrés hídrico, trópico seco.

## ABSTRACT

Considering the ilama crop (*Annona diversifolia* Saf.) as a sustainable alternative for fruit-growing in the dry tropics, its phenological and anatomical characterization was performed *in situ*, and also a dormancy evaluation under controlled conditions. Ilama is a semi-deciduous species with a discontinuous annual phenological cycle with an active growth stage and a dormancy one. The cycle begins in March-April with the appearance of reproductive and vegetative buds, the floral opening takes place in March-May, it bears fruit for five months (May-September); the growth of branches, buds and leaves begins in the spring and ends in summer. The temperature is the prevailing factor in defoliation, apparently the drought only exerts a helping effect when accelerating the senescence of the leaf; and it presents morphological and physiological characteristics similar to species adapted to live in habitats with high solar radiation and moisture limitations.

**Keywords:** Exotic fruit, floral differentiation, water stress, dry tropics.





## INTRODUCCIÓN

# *Annona diversifolia*

Saff., es una especie subcaducifolia, cuyas características fisiológicas y fenológicas la identifican como una especie rústica y productiva, aún en condiciones climáticas y edafológicas limitantes para la mayoría de los frutales cultivados (León, 1987). El hábito de crecimiento caducifolio o deciduo, constituye uno de los aspectos fenológicos más sobresalientes de esta anonácea, lo cual le permite evadir periodos prolongados de estrés hídrico, crecer y fructificar en condiciones de secano, sin ningún tipo de manejo. La fenología de la planta es regida directamente por la fluctuación de temperatura y disponibilidad de agua, considerando que la mayor tasa de crecimiento tiene lugar durante la estación de lluvias (mayo-septiembre), mientras que la época de menor actividad vegetativa coincide con la disminución de las temperaturas y la humedad del suelo (diciembre-marzo) (Otero *et al.*, 2005). En condiciones naturales, en México, el ciclo fenológico anual, inicia con la nueva brotación en primavera (abril-mayo) y una vez concluido el período de letargo; la apertura floral ocurre simultáneamente con la brotación vegetativa, durante los meses más secos del año; inmediatamente después tiene lugar el crecimiento del fruto durante la estación de lluvias (junio-septiembre), coincidiendo con el crecimiento de nuevas hojas, brotes y ramas; finalmente el ciclo concluye con el establecimiento del letargo (diciembre-marzo), pudiendo presentarse una defoliación parcial o total, dependiendo de las condiciones ambientales (Otero *et al.*, 2006). *A. diversifolia* presenta ciertas características morfológicas y fisiológicas de manera semejante a aquellas especies adaptadas a vivir en regiones del trópico seco bajo condiciones limitantes de humedad ambiental y del suelo, así como con altas temperaturas y una alta carga de radiación solar. Las hojas poseen una densa cubierta de cera, no presentan tricomas, los estomas son pequeños, están parcialmente hundidos y se localizan en la superficie abaxial (Otero *et al.*, 2005) características morfológicas que le permiten a este tipo de plantas reducir transpiración, conservar agua y complementar su ciclo de crecimiento y desarrollo en condiciones limitantes de humedad (Taiz y Zeiger, 1998). Aunado a dichas adaptaciones morfológicas, el letargo es establecido como un mecanismo de evasión que le permite a la ilama (al igual que otras anonáceas), adecuar o modificar su crecimiento en función de la temperatura y la humedad del suelo (Otero *et al.*, 2005).

En condiciones de Australia, en el cultivo de atemoya (*Annona atemoya* Hort.) se registró cierta plasticidad en cuanto a incidencia y duración del letargo; aparentemente en respuesta a termo-período comportándose como caducifolia en condiciones subtropicales de New South Wales, o como perennifolia en condiciones tropicales del norte de Queensland, Australia (George *et al.*, 1990). El bajo amarre de frutos, constituye una de las principales limitantes de la productividad en ilama y en otras anonáceas, debido aparentemente, a condiciones ambientales adversas, como son, altas temperaturas, baja humedad relativa y bajo potencial hídrico del suelo, particularmente durante el período de apertura floral (Rosell *et al.*, 2007; George *et al.*, 1990). Aunado a ello, se han registrado problemas de dicogamia, al igual que en otras anonáceas como atemoya (Vithanage, 1984). Con base en lo anterior, se realizó una caracterización fenológica, anatómica y evaluación de dormancia en condiciones controladas, con el fin de contribuir a su conocimiento y manejo comercial.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La caracterización fenológica *in situ*, se realizó en el municipio de Iguala, Guerrero, México (18° 20' N, y 99° 29' O) con una altitud de 630 m. El clima es del tipo Awo(w)(i)g que corresponde al más seco de los sub-húmedos, con lluvias en verano y sin estación invernal definida (García, 1988). La muestra consistió de 10 árboles de ilama con frutos de pulpa color rosa-rojo, de ocho años de edad propagadas por semilla y en su octavo año de producción. Las plantas fueron seleccionadas en una población de 200 árboles, tomando en cuenta el diámetro del tallo principal y sanidad de la planta. La unidad de muestreo estuvo constituida por cuatro ramas seleccionadas considerando los puntos cardinales. Se efectuaron observaciones mensuales y quincenales para el registro de los eventos: brotación floral y vegetativa, floración, fructificación y letargo. Se registró temperatura máxima y mínima, humedad relativa, y precipitación; la evaporación se determinó mediante la ecuación  $E=221.9310+7.9769(T)-3.3553(HR)$ ; donde  $E$ : evaporación,  $T$ : temperatura media y  $HR$ : humedad relativa (Pearsy *et al.*, 1989). También se determinó la humedad del suelo; los muestreos se llevaron a cabo en cuatro puntos de muestreo considerando la variabilidad aparente del terreno, para lo cual se excavaron cuatro cepas de 1 m<sup>3</sup>; las muestras se colectaron de los estratos 0-30 cm, 30-60 cm y 60-90 cm de profundidad, mientras que la humedad se determinó mediante el método gravimétrico (Pearsy *et*



al., 1989); las determinaciones se realizaron al medio día (12-14 horas), a la par de la toma de datos fenológicos con intervalos mensuales.

La caracterización anatómica tuvo por objeto determinar la diferenciación floral, realizando muestreos mensuales, cortando en cada uno 30 yemas de la parte media y apical de brotes del año anterior. El total de yemas recolectadas de los diez árboles evaluados fueron seleccionadas de brotes potencialmente reproductivos, considerando. Una vez cortadas, se conservaron en fijador FAA (5 mL de ácido acético glacial + 50 mL de etanol al 96% + 35 mL de agua destilada + 10 mL de formaldehído al 37%); posteriormente en el laboratorio, las yemas se procesaron utilizando las técnicas anatómicas de disección, fijación, deshidratación, transparentación, inclusión en parafina, corte (10  $\mu\text{m}$ , con un micrótopo rotatorio American Optical), montaje en bálsamo de Canadá, remoción de parafina y tinción con safranina y verde fijo (Bozzola y Russel, 1992).

La determinación de dormancia en condiciones controladas, se realizó para reproducir las condiciones ambientales características de *A. diversifolia*, utilizando una cámara de crecimiento (Sherer (Warren/Sherer Marshall, Michigan 49068); con capacidad de 2.40 m x 0.90 m y con control de temperatura y fotoperiodo. Se utilizaron 12 plantas juveniles de ilama, de 21 meses de edad de un genotipo con frutos de pulpa color rosa (rojo pálido), recolectado un año previo para su aclimatación y posterior utilización en estudios de laboratorio e invernadero.

Con la finalidad de estudiar el efecto del estrés hídrico en el establecimiento del letargo, se evaluó la disponibilidad de agua (riego y sequía) y la aplicación de promotores de defoliación y brotación (100 g L<sup>-1</sup> de Urea + 125 mg L<sup>-1</sup> thidiazurón + 50 ml L<sup>-1</sup> citrolina), bajo el diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones. Se determinaron las variables porcentaje de defoliación y porcentaje de brotación; la primera se realizó contando el número de hojas desprendidas cada semana hasta la total defoliación de la planta; la segunda se determinó con la misma frecuencia y registrando el número de brotes nuevos hasta que todas las plantas habían alcanzado brotación completa. Ambas variables se cuantificaron mediante cinco y seis muestreos respectivamente, determinando su dinámica en el tiempo hasta 100% en defoliación y brotación respectivamente. Se registró temperatura máxima, mínima y media; humedad relativa máxima, mínima y media; y

se determinó el déficit de presión de vapor mediante las fórmulas  $HR=e/e^{\circ}$  (100);  $DPV=e^{\circ}-e$ ;  $e=e^{\circ}(HR)/100$ , en donde  $e^{\circ}$ =Presión de vapor a saturación y  $e$ =Presión de vapor actual (Pearcy et al., 1989). Por último, se cuantificó el porcentaje de humedad del suelo mediante ocho muestreos (uno por semana) usando el método gravimétrico (Pearcy et al., 1989). Se realizó un análisis de varianza, prueba de rangos múltiple de Tukey ( $p \leq 0.05$ ), y un análisis de regresión para determinar la relación de las variables (defoliación y brotación) con temperatura y humedad del suelo, usando (SAS, 2009).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Fenología del crecimiento vegetativo y reproductivo

*A. diversifolia* es una especie sub-caducifolia con un ciclo de crecimiento anual discontinuo que comprende una etapa de crecimiento activo y otra etapa de letargo. La primera coincide con la época de lluvias, con una mayor humedad ambiental y con altas temperaturas; mientras que la segunda tiene lugar, en forma coincidente, con la disminución de la humedad del suelo, así como con la temperatura. El ciclo de crecimiento inicia en primavera (marzo-abril) con la nueva brotación; primero aparecen las flores e inmediatamente después se inicia la aparición de los nuevos brotes vegetativos por las yemas son mixtas. La apertura floral coincide con los meses más secos del año (abril-mayo) y dura alrededor de 60 días; la formación del fruto ocurre durante la estación de lluvias y el periodo de fructificación es de 4-5 meses (mayo-septiembre); la cosecha tiene lugar a fines de verano y principios de otoño (septiembre-octubre). La formación y crecimiento de brotes, ramas y hojas inicia en primavera y culmina en verano; es posible que el crecimiento de raíces ocurra en un corto período, iniciando después del amarre del fruto y concluyendo antes de alcanzar el máximo tamaño del fruto, tal y como ocurre en chirimoya (Albacache et al., 1998). El letargo se establece gradualmente conforme disminuyen la humedad del suelo y la temperatura ambiental; los árboles de ilama al igual que otras anonáceas como chirimoya y atemoya, no se defolían completamente, quedando algunas hojas activas (Andrés y Rebollar, 1996; Higuchi y Sakuratany, 1998). Una característica sobresaliente de estas especies es su plasticidad para modificar la época y duración del periodo de letargo en respuesta a condiciones ambientales adversas; de tal forma, que si existen condiciones propicias para crecimiento, el letargo se acorta y, por el contrario, en condiciones desfavorables se prolonga; así también, la fecha de inicio y término

del período de inactividad dependerá del tiempo en que dure dicha condición (George y Nissen, 1987a; Higuchi *et al*, 1998).

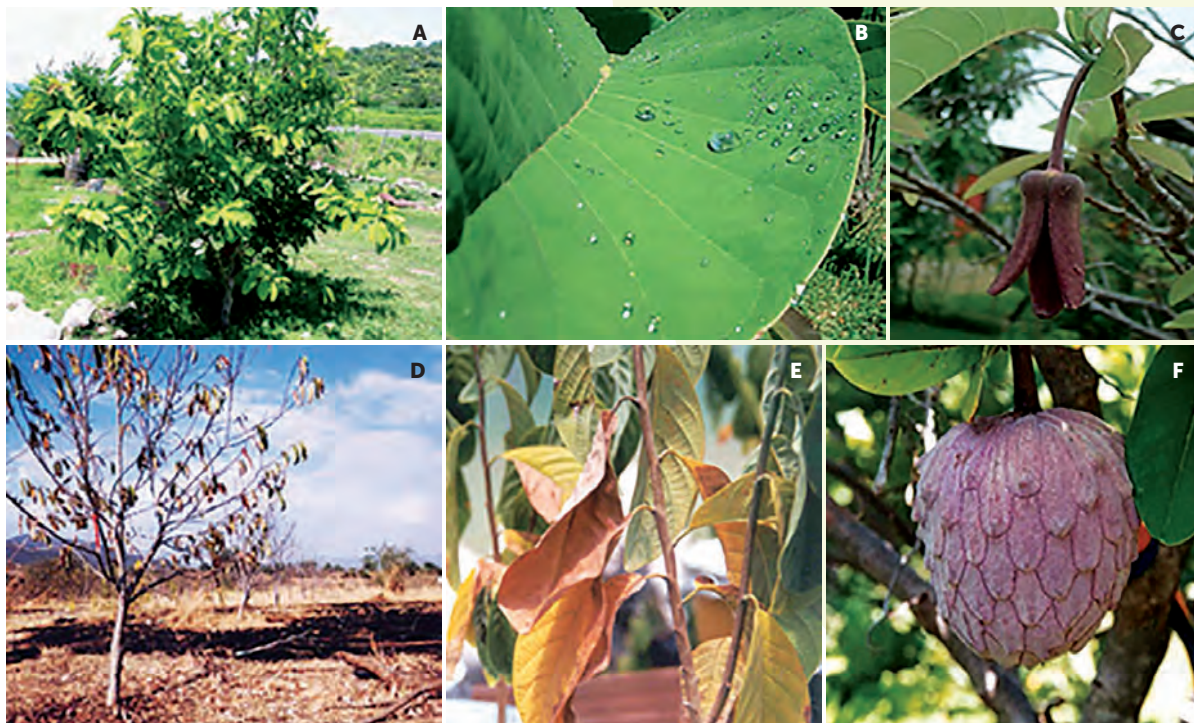
La floración ocurre durante el ciclo anterior, iniciando en verano (junio-julio) y finalizando en otoño (octubre-noviembre), de esta forma, al entrar el período de letargo, las yemas reproductivas quedan completamente formadas y listas para iniciar la nueva brotación; por lo que el nuevo ciclo se inicia con la apertura floral o antesis, seguido inmediatamente después por la apertura y crecimiento de nuevos brotes vegetativos, de manera semejante como ocurre en los frutales caducifolios de clima templado (Díaz, 2002) (Figura 1, 2).

### Morfología y fisiología del proceso de floración y fructificación

La llama presenta yemas vegetativas y reproductoras, y estas últimas son mixtas, ya que presentan una in-

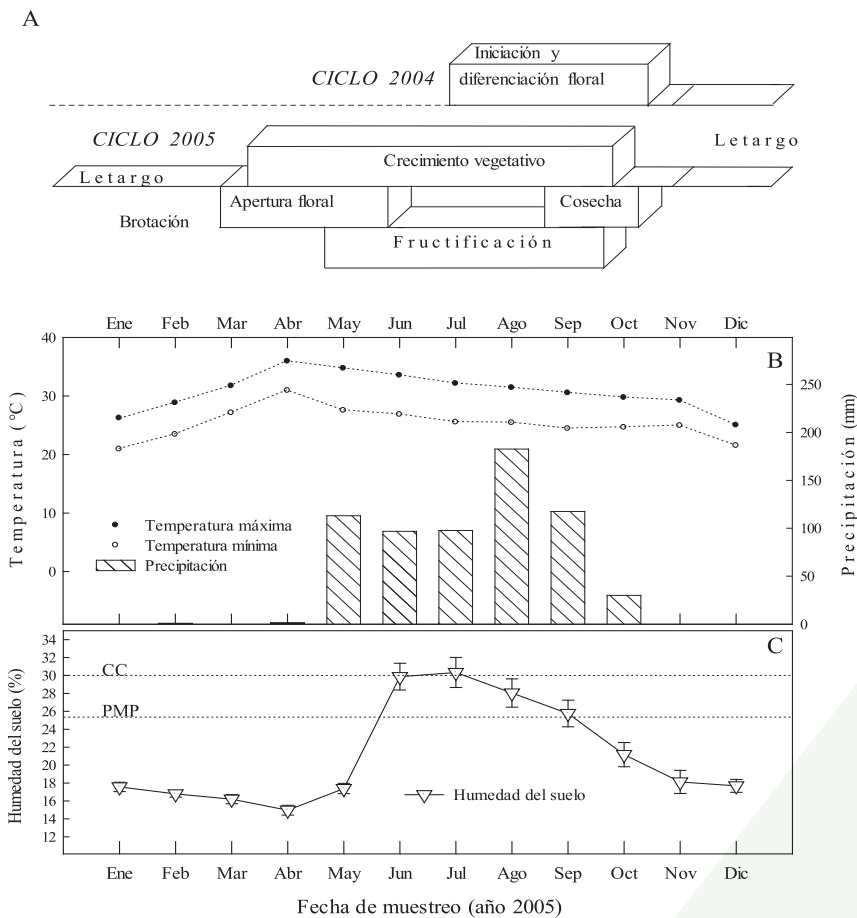
florescencia y una yema vegetativa accesoria. Las yemas se denominan sub-peciolares, ya que se ubican dentro del peciolo de la hoja y brotan después de su desprendimiento (Nakasone y Paull, 1998; Rosell *et al.*, 2007). Las flores se forman en yemas ubicadas en la parte media y terminal de brotes de la estación anterior, aunque también pueden desarrollarse directamente rodeadas por las cicatrices de las hojas sobre ramas o brotes maduros; las flores pueden ser solitarias o en grupos de dos o tres (Moncur, 1988). El meristemo apical de una yema vegetativa presenta una forma cónica; mientras que el meristemo de una yema floral adquiere una forma hemisférica. La diferenciación floral se caracteriza porque se forman de manera acropétala, los sépalos, pétalos, estambres y pistilo. Los primordios de pétalos se alargan y se curvan rebasando la longitud del hemisferio. Los primordios de estambres aparecen primero como pequeñas

protuberancias en la periferia del hemisferio, en una serie de verticilos que rápidamente ocupan la porción baja de éste. Los primordios de pistilo se desarrollan ocupando la porción apical del hemisferio; la parte basal de los carpelos permanece fundida, formando un sincarpo, mientras que la parte apical y terminal se convertirá en estilo y estigma, permaneciendo libres durante su desarrollo; la flor presenta una forma cónica. Cada pistilo presenta un estigma glandular húmedo, un estilo hueco y un ovario bulboso con un óvulo anátropo; mientras que los estambres están formados por grandes anteras con filamentos cortos. La antesis se inicia con la separación de los pétalos y regularmente ocurre en las primeras horas de la mañana, en esta etapa el estigma está receptivo, sin embargo las anteras aún no emiten polen, por lo que la fertilización se lleva a cabo con el polen de otras flores más desarrolladas de la misma o de



**Figura 1.** A-C: árbol foliado de ilama (*Annona diversifolia*); hoja y flor. D-F: árbol defoliado, hoja senescente y fruto maduro.





**Figura 2.** A: Fenología del crecimiento vegetativo y reproductivo anual de *Annona diversifolia* Saff., B: condiciones climáticas de la región norte de Guerrero, México. C: dinámica de pérdida de humedad del suelo en el sitio experimental (CC: capacidad de campo y PMP: punto de marchitamiento permanente) (las barras indican  $\pm$  error estándar).

de frutos, lo cual se debe aparentemente a la dicogamia protogínica (Vithanage, 1984), así como a condiciones climáticas adversas, tales como una baja humedad ambiental combinada con altas temperaturas durante el período de floración (George *et al.*, 1990); así como posiblemente a un raleo natural para limitar el número de frutos. Al respecto, la polinización artificial es una práctica que puede incrementar significativamente el número de frutos por planta en varias especies de anonáceas como son chirimoya, atemoya y guanábana (Moncur, 1988; León, 1987).

### Fisiología del letargo

Al igual que otras especies caducifolias de clima cálido-seco o cálido-subhúmedo, el letargo es establecido como un mecanismo de evasión que tiene lugar en condiciones naturales y en forma coincidente con la reducción de la humedad atmosférica y del suelo, así como de la temperatura y el fotoperíodo (Pimienta-Barrios y Ramírez-Hernández, 2003; Higuchi *et al.*, 1998). En cuanto a la defoliación, considerando el promedio de todos los muestreos, los tratamientos riego + promotores, sequía y sequía + pro-

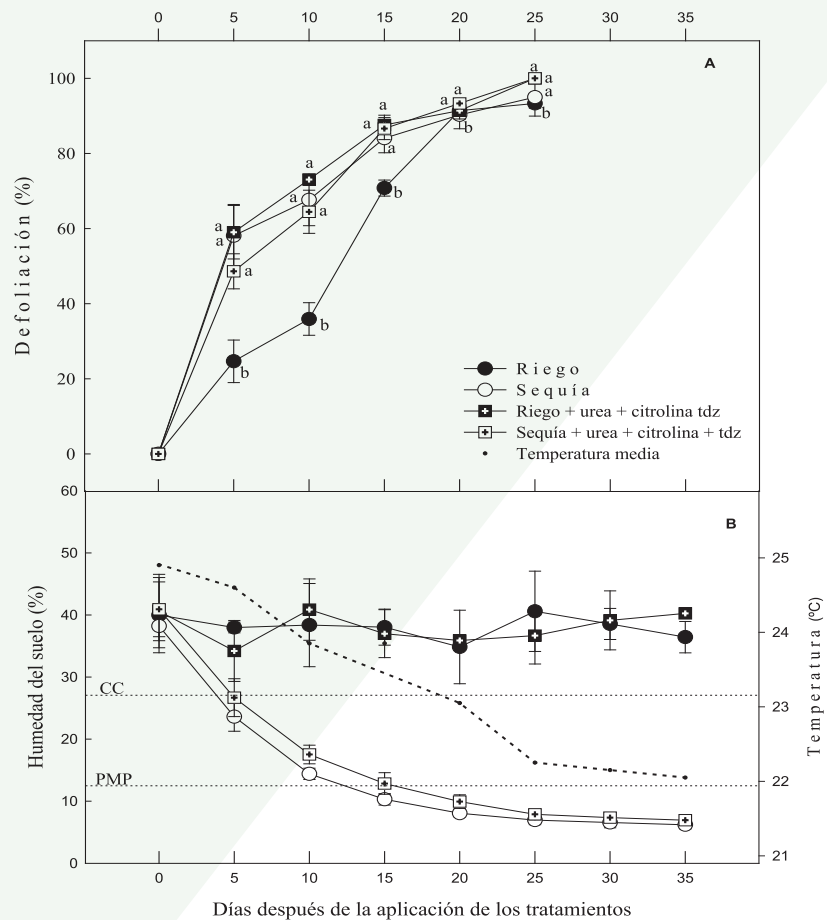
otras plantas, con la participación del viento y de los insectos (Moncur, 1988; Vithanage, 1984). La fase femenina se caracteriza por una ligera apertura de los pétalos y por la presencia de una abundante y aromática secreción del estigma, que sirve como atrayente de insectos polinizadores; durante la fase masculina, los pétalos abren completamente, los estambres se separan y las anteras se abren longitudinalmente formando surcos o canales que exponen los granos de polen facilitando su dispersión (Moncur, 1988). Después de la fecundación el estigma y el estilo (cubierta estilar) se desprenden del pistilo, quedando los carpelos soldados. El fruto es un sincarpo que se forma por la fusión de muchos carpelos simples unidos a un receptáculo (Figura 3). El crecimiento y la forma del fruto dependen de la fecundación de todos los óvulos, ya que la parte del fruto con óvulos no fecundados quedará deforme. *llama*, al igual que otras especies de *Annona*, se caracterizan por presentar un bajo amarre



**Figura 3.** Inflorescencia en anthesis, mostrando los pétalos (p), la cubierta estilar (ce), antera (a) y filamento (f), el estigma (sg), estilo (st), ovario (ov), óvulo (o), y receptáculo (r).

motores, presentaron un comportamiento estadísticamente similar, en comparación con el tratamiento de riego que registró un menor porcentaje de defoliación. Aquí también podemos destacar el efecto de la disponibilidad de agua en la defoliación de la planta y en donde, la sequía aparentemente solo acelera el proceso de senescencia de la hoja. La prueba de medias detectó un incremento de la defoliación con la adición del promotor de la defoliación-brotación, y con la restricción del riego. En la Figura 4, puede observarse la dinámica de defoliación y las condiciones de temperatura y de humedad del suelo durante el estudio. En general, la caída de hojas inició desde la primera semana del experimento y finalizó después de la cuarta semana. Con relación a las condiciones ambientales en la cámara de crecimiento, se observó que la defoliación coincide con una reducción gradual de las temperaturas, así como de la humedad del suelo, independientemente del tratamiento. Es posible que la temperatura sea el factor preponderante en la defoliación y brotación de ilama, considerando que el tratamiento sin restricciones de humedad también se defolió, aunque a un ritmo más lento (Higuchi *et al.*, 1998; Otero *et al.*, 2005). Aparentemente, el estrés hídrico solo ejerce un efecto coadyuvante al acelerar la senescencia de las hojas, tal y como ocurre en especies caducifolias como el nogal (Lang, 1996). En esta misma Figura puede observarse un incremento en la senescencia de las hojas, a medida que se reduce la temperatura ambiental; tendencia detectada también en el análisis de regresión.

Es interesante analizar la morfología de la hoja y la yema de *Annona*

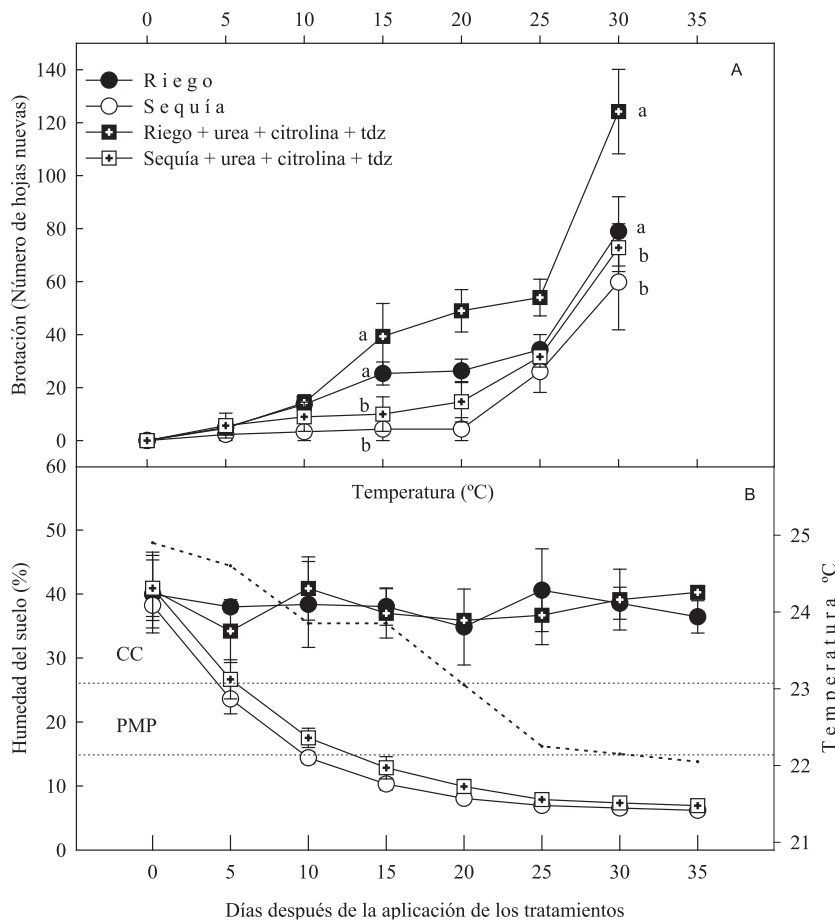


**Figura 4.** A: Defoliación de *Annona diversifolia* en respuesta a la aplicación de tratamientos de sequía, defoliación y estimuladores de brotación. B: Dinámica de la pérdida de agua del suelo y reducción de temperaturas. (Medias con la misma letra dentro de cada fecha son estadísticamente iguales, Duncan  $P \leq 0.05$ ) (Valores promedio de 5 y 3 repeticiones, para defoliación y humedad del suelo, respectivamente  $\pm$  error estándar).

*diversifolia*, en donde puede observarse que las yemas están ubicadas justo bajo del peciolo de la hoja (Moncur, 1988); lo sobresaliente estriba en que para que tenga lugar la brotación de la yema nueva, necesariamente tiene que ocurrir la dehiscencia de la hoja. En este sentido, es posible que la senescencia de la hoja sea el evento que ocurra primero ya que el letargo es una respuesta fisiológica a la reducción de las temperaturas y disponibilidad de agua; en consecuencia, el desarrollo de la nueva yema tendría lugar una vez que ésta salga de su condición de letargo en primavera, tal y como ocurre en algunos árboles caducifolios (Mulkey *et al.*, 1996; Díaz, 2002).

La Figura 5, muestra la dinámica de brotación durante los seis muestreos registrando la superioridad de los tratamientos de riego en cuanto velocidad de brotación; sin embargo los tratamientos sin riego también presentaron brotación aunque a un ritmo más lento; cabe mencionar que bajo condiciones naturales, la nueva brotación tiene lugar durante la época más seca del año, con baja humedad ambiental y a expensas de





**Figura 5.** A: Brotación vegetativa de *Annona diversifolia* en respuesta a la aplicación de tratamientos de sequía, defoliación y estimuladores de brotación. B: Dinámica de la pérdida de agua y temperatura del suelo. Medias con la misma letra dentro de cada fecha son estadísticamente iguales, Duncan  $P \leq 0.05$  (valores promedio de 5 y 3 repeticiones, para defoliación y humedad del suelo, respectivamente  $\pm$  error estándar).

semejante a como ocurre en frutales caducifolios de clima templado. La llama presenta algunos aspectos morfológicos y fisiológicos característicos de plantas aclimatadas y/o adaptadas a crecer en ambientes secos. La defoliación es inducida por la reducción de temperatura, mientras que la sequía solo ejerce un efecto coadyuvante acelerando la senescencia de la hoja.

## LITERATURA CITADA

- Alvacache A., Rojas N., Jopia C. 1999. Growing period of roots in chirimoya trees (*Annona cherimola* Mill.) in the north of Chile. Proc. 1st Int. Symp. of Cherimoya. 331-337 p.
- Bozzola J.J., Russell D.L. 1992. Electron microscopy principles and techniques for biology. Jones and Bertlett Pub., Inc., London, England. p. 1427.
- Díaz-Montenegro, D.H. 2002. Fisiología de árboles frutales. AGT Editor, S.A. México, D.F. 390 p.
- Rosell G.P.; Galán Saúco V., Hernández Delgado P.M. 2007. Cultivo Del Chirimoyo En Canarias. Cuadernos de divulgación. Departamento de Fruticultura Tropical Instituto Canario de Investigaciones Agradas. ICIA. Gobierno de canarias consejería de agricultura, ganadería, pesca y alimentación. España.
- García E. 1988. Modificaciones a la Clasificación climática de Kopen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Estación Iguala, Gro., 4ª edición. UNAM., México, D.F. 217 p.
- Higuchi H., Utsunomiya N., Sakuratani T. 1998. Effects of temperature on growth, dry matter production and CO<sub>2</sub> assimilation in chirimoya (*Annona cherimola* Mill.) and sugar apple (*Annona squamosa* L.) seedlings. Sci. Hort. 73: 89-97.
- Lang G.A. 1996. Plant dormancy. CAB International. Wallingford, Oxon UK. 385 p.
- León J. 1987. Botánica de los cultivos tropicales. 2ª edición. IICA. San José, Costa Rica. 445 p.
- Moncur M.W. 1988. Floral development of tropical and subtropical fruit and nuts

los elementos almacenados durante el ciclo anterior; por lo que en apariencia, la humedad edáfica no es un factor limitante para la nueva brotación, al menos en condiciones de campo (Higuchi *et al.*, 1998; Otero *et al.*, 2006). Con relación al efecto del promotor de defoliación-brotación (urea + thidiazuron + citrolina), se detectó cierto efecto al incrementarse el número de brotes nuevos, sin embargo al analizar la interacción de ambos factores, no se encontró significancia estadística. De manera general, la brotación inició a los 15 días después de la aplicación de tratamientos y finalizó cuatro semanas después; y al final del experimento todos los trata-

mientos presentaron una brotación completa. Es importante resaltar que la defoliación y la brotación se presentaron de manera simultánea considerando el total de plantas del experimento, debido aparentemente a que se tuvieron condiciones de temperatura adecuadas para la ocurrencia de dichos eventos.

## CONCLUSIONES

*Annona diversifolia* presenta un hábito semi-caducifolio, con un ciclo fenológico anual discontinuo que comprende una etapa de crecimiento activo y otra de letargo; el proceso de iniciación y diferenciación floral inicia en verano y termina a principio de otoño de manera



- species. National Library of Australia Cataloguing-in-Publication Entry. CSIRO. Melbourne, Australia. p. 23-26.
- Mulkey S.S., Chazdon R.L., Smith A.P. 1996. Tropical forest plant ecophysiology. Chapman and Hall, New York. 472 p.
- Nakasone Y.H., Paull E.R. 1999. Tropical fruits. Crop Production Science In Horticulture. CAB International. New York. p. 45-75.
- Otero-Sánchez M.A.; Ruíz-Pozadas L.M.; Becerril-Román A.E.; Tijerina-Chavez L.; Engleman, E.M; Castillo-Morales A. 2005. Crecimiento, relaciones hídricas e intercambio gaseoso de plantas jóvenes de ilama (*Annona diversifolia* Saff.) en condiciones de estrés hídrico. CHAPINGO Serie Horticultura: 11(1):59-65.
- Otero-Sánchez M.A., Becerril-Román A.E., Michel-Aceves A.C., Ariza-Flores R., Barrios-Ayala A., Rebolledo-Martínez A. 2006. Producción de ilama (*Annona diversifolia* Saff.) en el trópico seco de Guerrero, México. CHAPINGO Serie Horticultura: 12(2):137-143.
- Pearcy R.W., Ehleringer J.R., Mooney H.A., Rundel P.W. 1989. Plant physiological ecology, field methods and instrumentation. London New York. Chapman and Hall. p. 161-183.
- Pimienta-Barrios E., Ramirez-Hernández B.C. 2003. Phenology, growth, and response to light of ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L., Anacardiaceae). Econ. Bot. 57 (4): 481-490.
- Rosell G.P.; Galán-Saúco V.; Hernández-Delgado P.M. 2007. Cultivo Del Chirimoyo en Canarias. Cuadernos de divulgación. Departamento de Fruticultura Tropical Instituto Canario de Investigaciones Agradas. ICIA. Gobierno de canarias consejería de agricultura, ganadería, pesca y alimentación. España. 65 p.
- SAS Institute Inc. 2009. The SAS system. Version eight for windows. Cary N.C., USA.
- Taiz L., Zeiger E. 1998. Plant physiology. Sinauer Assoc., Inc., Pub., Sunderland, Massachusetts. 792 p
- Vitahanage B.G.L. 1984. Pollen-stigma interactions: Development and cytochemistry of stigma papillae and their secretions in *Annona squamosa* L. (Annonaceae). Annals of Botany 54: 153-167.



# DESARROLLO DE UN SISTEMA DE PARAMETRIZACIÓN MORFOMÉTRICA DE LIMA PERSA (*Citrus latifolia* Tanaka) PARA EL CONTROL DE CALIDAD

## DEVELOPMENT OF A MORPHOMETRIC PARAMETRIZATION SYSTEM FOR PERSIAN LIME (*Citrus latifolia* Tanaka) FOR QUALITY CONTROL

**Posada-Gómez, R.; Martínez-Sibaja, A.\*; Sandoval-González, O.O.; Aguilar-Laserre, A.A.;  
Trujillo-Caballero, J.C.; Águila-Rodríguez, G.; Cortés-Robles, G.; Herrera-Aguilar, I.**

Departamento de Postgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Orizaba, Av. Oriente 9 No  
852, Col. Emiliano Zapata, Orizaba, Veracruz, México.

**\*Autor responsable:** albino@itorizaba.edu.mx

### RESUMEN

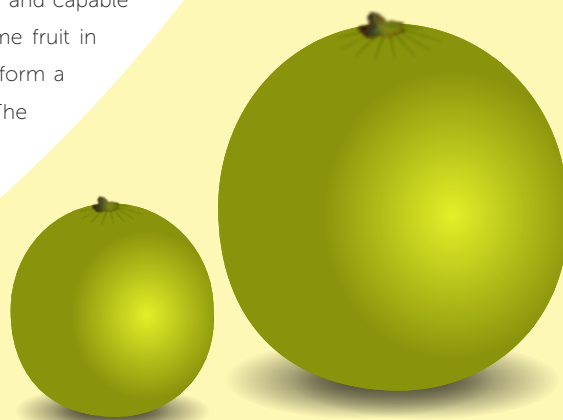
Un requerimiento fundamental en la producción del lima persa (*Citrus latifolia* Tanaka), es el control de la calidad del fruto, el cual requiere de una parametrización en la que se puedan obtener de manera objetiva las características morfométricas. Se diseñó un sistema de fácil operación, gran movilidad, económico y versátil, basado en las técnicas de procesamiento digital de imágenes, capaz de obtener las características de la forma del fruto comercial de lima persa en una escena determinada. Se exploró la superficie del limón desde 360° para efectuar una medición del tamaño del fruto en píxeles y la uniformidad de la forma. El sistema fue capaz de utilizar la desviación estándar como indicador para conocer la uniformidad del color del fruto en toda su superficie y detectar mediante la variación de la misma, manchas de color o marcas indeseables, así mismo conocer la uniformidad o tendencia en cuanto a forma considerando variaciones en la desviación del diámetro medido.

**Palabras Claves:** Cítricos, morfometría, control de calidad.

### ABSTRACT

A fundamental requirement in the production of Persian lime (*Citrus latifolia* Tanaka) is the control of fruit quality, which requires a parametrization based on which morphometric characteristics can be obtained objectively. A system was designed based on the techniques of digital image processing, of easy operation, great mobility, economic and versatile, and capable of obtaining the characteristics of the shape of the commercial Persian lime fruit in a specific scenario. The surface of the lime was explored from 360° to perform a measure of the size of the fruit in pixels and the uniformity of the shape. The system was capable of using the standard deviation as indicator to explore the uniformity of the fruit's color on its entire surface and detect color spots or undesirable marks through its variation, as well as to understand the uniformity or tendency in terms of shape considering variations in the deviation of the diameter measured.

**Keywords:** Citrus fruits, morphometry,  
quality control.



## INTRODUCCIÓN

**México** se encuentra entre los principales productores de limones y limas (*Citrus* spp.) aportando 21% de la producción mundial. La lima Persa, conocida en México como limón sin semilla (*Citrus latifolia* Tanaka) (COVECA, 2011) se comercializa el fruto en base a distintas normas nacionales e internacionales. Se clasifica de acuerdo a las necesidades y características específicas de calidad del mercado al que es dirigido. De manera compartida, en todas las normas se requiere que el producto contenga cerca de 42% de jugo en su volumen, y un diámetro que oscila de 50 mm a 63 mm como máximo, además de ser mayormente uniforme en el color de la epidermis (70% a 90%) lo cual depende del mercado de destino como lo indica el Pliego de condiciones para el uso de la marca oficial México calidad selecta en limón persa PC-012-2004 (SAGARPA, 2014).

Poder clasificar el producto por características tales como, forma, tamaño, color, defectos visibles como laceraciones, raspaduras o cicatrices, permite separar en distintos grupos la producción de campo. Con una correcta clasificación se evita el desecho de producto de menor calidad, y se favorece su orientación a mercados con diferentes parámetros de calidad, además de posibilitar el almacenaje del volumende frutos que aún no se encuentran dentro de las especificaciones, aprovechando de esta manera al máximo los rendimientos de campo (Arias-Salazar, 2012).

El método de clasificación más utilizado es manual, a través de personal capacitado (operadores) quienes inspeccionan los frutos procedentes del campo, auxiliados de una banda transportadora o rodillos de goma, la cual puede dificultar la visibilidad completa, ya que normalmente el operador tiene que tomar y levantar el fruto con la mano para lograr una mejor inspección (Guo y Qixin, 2004); además de que la capacidad de inspección del operador se reduce a un solo producto a la vez, genera un alto grado de error y ocasiona daños en el producto debido a la manipulación por parte del operador. Otras opciones de clasificación consisten en arreglos mecánicos que realizan una discriminación mediante cernidores para determinar el tamaño del producto (Ruiz-Altisent, 2004), o empleando cámaras en la línea de inspección (Blasco *et al.*, 2007). Sin embargo las tecnologías de clasificación automática requieren de grandes inversiones para la adquisición de

equipos especializados de gran tamaño y condiciones especiales para su operación y mantenimiento (Lino *et al.*, 2008). Con el fin de brindar una alternativa de bajo costo que permita obtener una medición objetiva aplicable al control de la calidad en el fruto de lima persa, que permita obtener la certificación de la marca calidad "suprema" y favorecer la presencia del producto en el mercado internacional, se desarrolló un sistema basado en el procesamiento de imágenes, por ser un procedimiento no invasivo de bajo costo (Lee, 2000), considerando el examen de toda la superficie del fruto mediante un análisis de los 360° de superficie del fruto de la lima persa, en un medio con condiciones repetibles de iluminación, puesto que se ha demostrado que es un factor que afecta directamente los resultados (Amarasinghe y Sonnadara, 2009).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se evaluaron frutos comerciales de lima persa (*Citrus latifolia* Tanaka) procedentes de huertas comerciales de Cuitláhuac, Veracruz, México. Es importante resaltar que para que el sistema extrajera las características de forma y tamaño de los frutos de manera que pueda efectuarse un correcto control de calidad, se posicionó en el sistema, un fruto de lima persa para hacer la adquisición de toda la superficie; para ello, se contó con una etapa que mantiene al fruto en una posición fija, para así efectuar una toma del mismo con una webcam; posteriormente se hizo rotar al fruto para efectuar una toma desde otro ángulo de adquisición, de tal forma que se alcanzara la exploración de los 360° del fruto. El procesamiento de la información se efectuó mediante algoritmos necesarios para la extracción de características morfométricas y controlar al sistema de posicionamiento del fruto en una posición fija. La Figura. 1 muestra el diagrama a bloques sistema utilizado. El sistema consta de una cámara de aislamiento para tener una iluminación uniforme y reducir las sombras producidos por la geometría del fruto. Dentro de la misma se encuentra el sistema de posicionamiento y la cámara para la adquisición de las imágenes. Externa a esta cámara se ubicó un equipo de cómputo para recibir las imágenes y controlar el sistema de posicionamiento.

La cámara de aislamiento óptico constó de tres fuentes de luz; dos lámparas laterales de luz blanca provistas de balastra y arrancadores para el correcto funcionamiento de las mismas. La fuente de luz principal que proporcionó



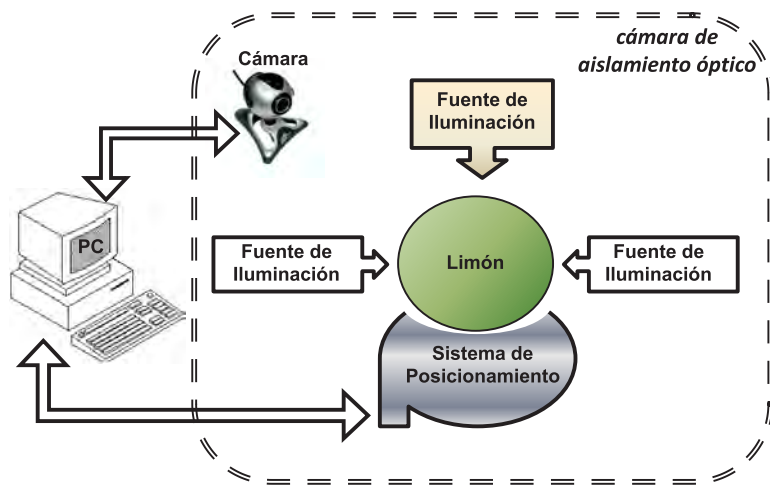


Figura 1 Diagrama a bloques del sistema

la iluminación frontal fue una lámpara halógena de luz blanca de 20 Watts. Es importante que la iluminación producida por la fuente de luz no incidiera de manera directa sobre el elemento sensor de la cámara para evitar la "saturación" sobre el dispositivo y se convirtiera en un obstáculo para la correcta captura de las imágenes. El interior de la cámara fue de color azul mate para impedir los reflejos de luz y permitir mejor segmentación. Para realizar la adquisición de los 360° del fruto, se empleó un sistema de posicionamiento (Figura 2) que constó de un elemento de fijación, un motor para girarlo, el circuito para el control del motor realizado directamente por el equipo de cómputo a través de su puerto paralelo y usando el driver del motor como interfaz de potencia y protección al puerto paralelo, mientras que el sistema de parametrización morfométrica (Figura 3) aseguró la repetitividad de las condiciones para la adquisición de las imágenes.

Para realizar una reconstrucción 3D del fruto a partir de las imágenes adquiridas, se consideró que la ima-

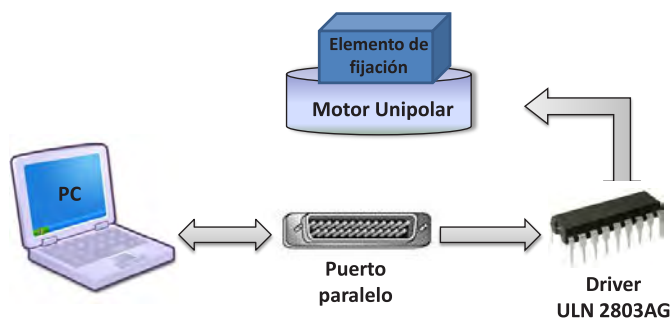


Figura 2 Sistema de posicionamiento y elementos que realizan el giro y posicionamiento del fruto de *Citrus latifolia* Tanaka.

gen haya sido tomada desde un plano. Así, sea lo la imagen original, sea  $T_r$  la transformación de rotación aplicada a lo, se genera una imagen capturada por la cámara  $I_c$ , y esto se expresó como (Ecuación 1):

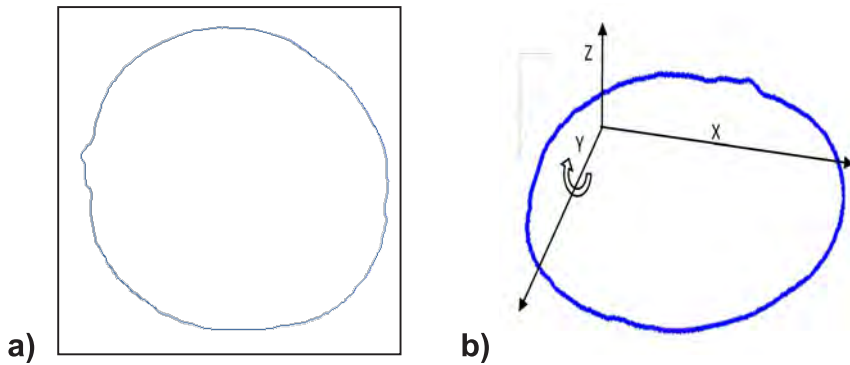
$$I_c = T_r [ I_o(x,y) ]$$

Dado que  $I_o$  está definida en un plano, es posible aplicarle un filtro de Sobel para obtener los contornos de la imagen de interés. La figura 4 A, muestra el resultado de aplicar el filtro de sobel sobre la imagen segmentada, haciendo un barrido sobre la imagen filtrada, de manera tal, que se puedan almacenar las coordenadas de la nube de puntos sobre el contorno (aquellas coordenadas donde el valor de intensidad es 1) se obtiene una nube de puntos con coordenadas en el plano x, y; lo que indica que en este plano la coordenada z=0. Como se muestra en la Figura 4 B.

Conociendo la rotación existente al momento de efectuar la captura ( $T_r$ ) se puede efectuar una rotación complementaria  $T_r'$  en un ángulo  $\theta_y$  definido por la Ecuación 2.



Figura 3 Sistema de parametrización morfométrica del fruto de lima Persa (*Citrus latifolia* Tanaka), para obtener una adquisición de imágenes desde 360°.



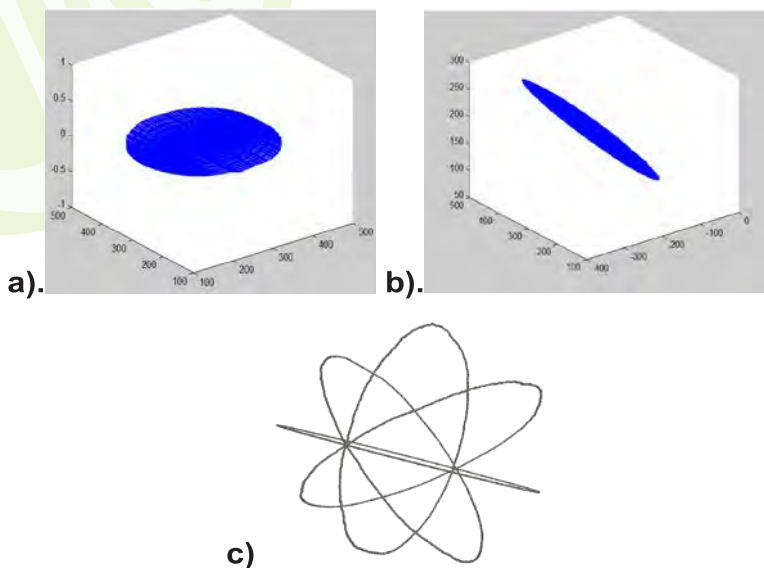
**Figura 4.** A: Contorno del fruto al aplicar el algoritmo de Sobel a las imágenes, B: Nube de puntos en la que se representa como una figura en el plano xy con un valor de 0 en el plano z.

$$T'_r = (I_c) \begin{pmatrix} \cos\theta_y & 0 & \sin\theta_y & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\sin\theta_y & 0 & \cos\theta_y & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

La Figura 5 A, muestra la nube de puntos de una vista del fruto, y como resultado de aplicar una transformación de  $15^\circ$  sobre la nube de puntos original se muestra en la figura 5 B. Finalmente la figura 5 C, muestra una reconstrucción de ocho diferentes ángulos de rotación a  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $135^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $225^\circ$ ,  $270^\circ$ , y  $315^\circ$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se efectuaron dos tipos de pruebas para verificar el correcto funcionamiento del sistema: La primera consistió



**Figura 5.** A: Nube de puntos de la imagen original. B: Nube de puntos obtenida después de transformar la imagen con la matriz de rotación. C: Reconstrucción tridimensional del fruto.

en determinar el tamaño aparente de los limones, es decir el tamaño en píxeles, que tiene relación con el calibre del limón y la segunda respecto a la uniformidad en el diámetro, que pone de manifiesto la existencia de un limón redondo, o en su defecto deformado de manera natural o por un manejo incorrecto. Para la prueba de medición de tamaño se analizaron tres limones (Figura 6) de calibre 2, 3 y 6 según el pliego de condiciones para el uso de la marca oficial México calidad selecta en limón persa (SAGARPA, 2014).

El Cuadro 1 muestra los valores obtenidos por el sistema para cada uno de los casos, resaltando la relación entre el diámetro obtenido y el calibre del fruto.

La marca de calidad suprema para lima persa establece que deben estar libres de abolladuras o malformaciones, y para determinar que un fruto presenta una forma irregular se puede emplear el análisis de los diámetros calculados para cada captura, de tal manera que una variación significativa indica que el limón presenta una forma diferente a la establecida por definición; una forma de ovoide. Se utilizaron 4 limones persa de diferentes tamaños y diferentes características para la realización de esta prueba, el primer limón (Figura 7a) mantuvo prácticamente una forma esférica sin variaciones a simple vista, los frutos 2, 3 y 4 (Figura 7b, 7c y 7d), debido a posible manejo rudo (excesiva presión en alguna de sus caras) por lo que presentan abolladuras en su forma, apreciándose lados planos.

El Cuadro 2 muestra los valores obtenidos en la prueba de uniformidad en cuanto a diámetro.

De lo anterior, (Cuadro 2), puede establecerse que la forma irregular de los frutos b, c y d, se reflejó en la variación del diámetro obtenido, ya que el fruto presentó una pequeña variación aceptable debido a la forma natural de la lima persa. La gran desviación estándar en los diámetros obtenidos da una idea de la forma irregular de los frutos analizados, condición comprobable en las imágenes mostradas, donde se observaron las caras planas debido al posible mal manejo del producto sometido



**Figura 6.** Frutos de *Citrus latifolia* Tanaka utilizados en la prueba de análisis del tamaño para verificar la efectividad del diámetro como indicador de tamaño, utilizando calibres: a) 2, b) 3 y c) 6.

**Cuadro 1.** Valores obtenidos de la prueba de análisis del tamaño para frutos de *Citrus latifolia* Tanaka.

Calibre	Tamaño esperado (mm)	Tamaño de la imagen (Píxeles)	Tamaño medido (mm)
2	59-61	449	61
3	56-59	412	56
6	50-51	369	50

a presiones que modifica su forma original, y ello confirmaría que la desviación estándar aplicada a los diámetros es un buen indicador para la forma del fruto y permite detectar aquellos que presentan anomalías de forma.

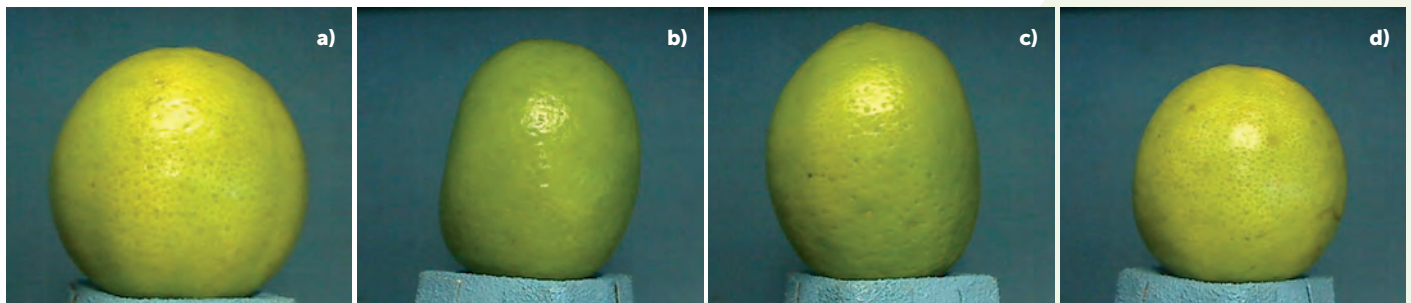
Una pruebas efectuada consistió en superponer los contornos obtenidos por cada una de las vistas adquiridas, esta prueba permitió tener una percepción clara de la uniformidad en la forma de las diferentes caras del fruto. La Figura 8 A muestra un fruto empleado para efectuar la reconstrucción tridimensional, mientras que la Figura 8 B, muestra los resultados de poner todas las caras superpuestas en un mismo plano, observando la similitud en forma y tamaño de las diferentes circunferencias.

**Cuadro 2.** Valores obtenidos en la prueba de uniformidad en el tamaño en cuanto a diámetro de frutos de *Citrus latifolia* Tanaka,  $\pm$  desviación estándar.

Fruto analizado	Diámetro promedio (píxeles)
Limón a)	402 $\pm$ 6.0
Limón b)	470 $\pm$ 25.8
Limón c)	474 $\pm$ 22.3
Limón d)	463 $\pm$ 30.8

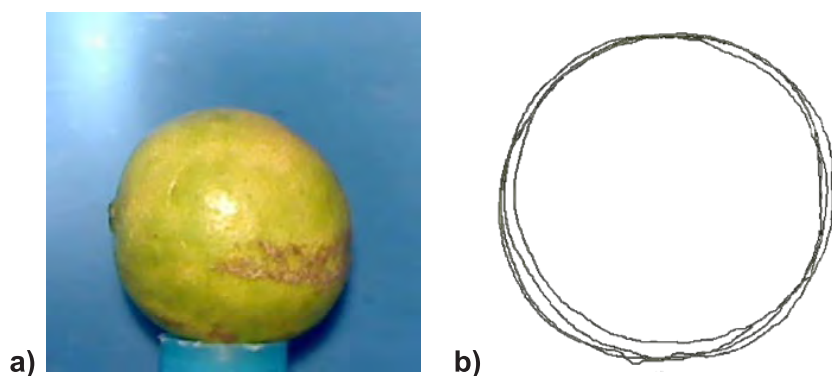
## CONCLUSIONES

**El sistema** desarrollado es capaz de utilizar la desviación estándar como un buen indicador que permite conocer la uniformidad del color de frutos de lima persa (*Citrus latifolia* Tanaka) en toda su superficie, y detectar mediante la variación de la misma, manchas de color o marcas indeseables en el producto final; así mismo, permite conocer la uniformidad o tendencia del fruto en cuanto a su forma original. Variaciones considerables en la desviación del diámetro medido indican variaciones indeseables en la forma del fruto.



**Figura 7.** Frutos de *Citrus latifolia* Tanaka utilizados en la prueba de uniformidad en cuanto a diámetro. a) Frutos sin deformaciones, b-d) Frutos con alguna deformación.





**Figura 8.** Comparación de las caras de un fruto de *Citrus latifolia* Tanaka. a: Limón empleado para la prueba. b: circunferencias que corresponden a diferentes tomas, efectuadas suponiendo que todas se encuentran en un mismo plano.

## LITERATURA CITADA

- Amarasinghe D.I., Sonnadara D.U.J. 2009. Surface colour variation of Papaya fruits with maturity. 25th Technical Sessions of the Institute of Physics – Sri Lanka (Proceedings). Pp 21–28
- Lino A.C.L., Sanches J., Fabbro I.M.D. 2008. Image processing techniques for lemons and tomatoes classification. *Bragantia* 67(3): 785–789
- Arias-Salazar C. 2012. Las pérdidas de productos agrícolas en el proceso de comercialización. Un problema a resolver. *Revista Granma Ciencia* 16(3): 1-8
- Blasco J., Cubero S., Arias R., Gómez J., Juste F., Moltó E. 2007. Development of a Computer Vision System for the Automatic Quality Grading of Mandarin Segments. *Pattern Recognition and Image Analysis* 4478(1): 460–466
- COVECA. 2011. Monografía del limón. Comisión Veracruzana de Comercialización Agropecuaria. Gobierno del Estado de Veracruz. 36 p
- Guo F., Qixin C. 2004. Study on color image processing based intelligent fruit sorting system. Fifth World Congress on Intelligent Control and Automation (Proceedings). Pp 4802–4805
- Lee D.J. 2000. Color space conversion for linear color grading. *Intelligent Robots and Computer Vision XIX: Algorithms, Techniques, and Active Vision*. SPIE 4197. (Proceedings). Pp 358–366
- Ruiz-Altisent M. 2004. Calidad y manipulación de los productos agrícolas-hortofrutícolas: el papel de la mecanización y la ingeniería en la producción de alimentos. En: *La transformación industrial de la producción agropecuaria*. Secretaría General Técnica. (Ed.). Departamento de Ingeniería Rural. Universidad Politécnica de Madrid, España. Pp 45-54
- SAGARPA. 2014. Pliego de condiciones para el uso de la Marca Oficial México Calidad Suprema en Limón Persa. PC-012-2004. SAGARPA - BANCOMEXT- Secretaría de Economía. México, D. F. 17 p

# EVALUACIÓN DE DIFERENTES CONCENTRACIONES DE AUXINAS EN EL ENRAIZAMIENTO DE ESTACAS DE *Jatropha curcas* L.

## EVALUATION OF DIFFERENT CONCENTRATION OF AUXINS IN ROOTING OF *Jatropha curcas* L. CUTTINGS

Dardon-Zunun, J.D.<sup>1</sup>; Aguirre-Medina, J.F.<sup>1\*</sup>; Iracheta-Donjuan, L.<sup>2</sup>; Solís-Guzmán, B.F.<sup>1</sup>; Mina-Briones, F.O.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Chiapas. Facultad de Ciencias Agrícolas. Entronque carretera costera y Estación Huehuetán. CP 30660. Fax (964)6270439. Huehuetán, Chiapas, México. <sup>2</sup>Campo Experimental Rosario Izapa. INIFAP. Km 18.5 carretera Tapachula-Cacaohatán, 30780, Tuxtla Chico, Chiapas, México.

\*Autor responsable: juanf56@prodigy.net.mx

### RESUMEN

Se evaluó la influencia de tres auxinas con diferentes concentraciones en el enraizamiento de estacas de piñón *Jatropha curcas* L. Se colectaron estacas con una longitud de  $30 \pm 3$  cm y un diámetro de  $20 \pm 3$  mm. Después de cortadas, se depositaron en recipientes con el corte hacia abajo donde permanecieron tres días. Antes de la siembra, se sumergieron en las auxinas durante 1 h y se sembraron en bolsas de polietileno de 5 kg de capacidad y posteriormente se aplicaron 66 ml de cada tratamiento por maceta. El sustrato fue mezcla de suelo y arena. Se tuvieron 13 tratamientos resultantes de cuatro concentraciones (10, 250, 500 y  $1000 \text{ mg kg}^{-1}$ ) de ácido indolacético (AIA), ácido indolbutírico (AIB), ácido naftalenacético (ANA) y un testigo, distribuidos en un diseño completamente al azar con ocho repeticiones. Se registró el número de raíces, peso seco de raíces y biomasa aérea, analizados estadísticamente considerando diferencias entre tratamientos (Tukey 5%). Los resultados indicaron que las auxinas promovieron el desarrollo radical y vegetal de *J. curcas* de forma diferencial de acuerdo a la concentración aplicada. El ANA promovió la mayor respuesta, mientras que AIB registró una intermedia y AIA fue la menor. La mayor biomasa aérea y radical se cuantificó con aplicación de ácido naftalenacético (ANA), y en cuanto a mayor incremento en estructuras y biomasa se registró con el ácido indolbutírico (AIB) y ácido indolacético (AIA) con la menor dosis aplicada respectivamente.

**Palabras clave:** Piñon, cerco vivo, biocombustible, reguladores del crecimiento.

### ABSTRACT

The influence of three auxins with different concentrations in the rooting of *Jatropha curcas* L. pine nut cuttings was evaluated. Cuttings were collected with a length of  $30 \pm 3$  cm and a diameter of  $20 \pm 3$  mm. After the cut, they were placed in containers with the cut facing down, and they remained there for three days. Before planting, they were immersed in auxins for 1 h and planted in polyethylene bags of 5 kg capacity, and later 66 ml of each treatment were applied to each pot. The substrate was a mixture of soil and sand. There were 13 resulting treatments with four concentrations (10, 250, 500 and  $1000 \text{ mg kg}^{-1}$ ) of indole-acetic acid (IAA), indole-butyric acid (IBA), naphthalene-acetic acid (NAA) and a control, distributed in a completely random design with eight repetitions. The number of roots, dry weight of radical and aerial biomass was recorded, and analyzed statistically considering differences between treatments (Tukey 5 %). The results indicated that auxins promoted the root and plant development of *J. curcas* in a differential manner, depending on the concentration applied. The NAA promoted the highest response, while IBA showed an intermediate response, and IAA was the lowest. The greatest aerial and radical biomass was quantified with the application of naphthalene-acetic acid (NAA), and in terms of greater increase in structures and biomass, it was seen with indole-butyric acid (IBA) and indole-acetic acid (IAA) with the lowest dose applied, respectively.

**Keywords:** Pine nut, live fence, biofuel, growth regulators.



## INTRODUCCIÓN

**El piñón** *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae) es una planta de origen americano que ha sido utilizada por diversas culturas en Mesoamérica. En la actualidad se ha incrementado el interés en su cultivo debido al alto contenido de aceite que puede aprovecharse para generar biodiesel y disminuir contaminación ambiental. El biodiesel se puede extraer de diversas oleaginosas; sin embargo, una especie utilizada desde tiempos prehispánicos es el piñón y en la actualidad es utilizado por los agricultores del sureste de México, como cercos vivos y en linderos de potreros. Es una planta de porte arbustivo, que se adapta fácilmente a distintos tipos de suelo y tolera sequía, especialmente a las condiciones del trópico y subtropico. La tendencia actual de utilización de ésta planta ha generado demanda de semillas para el establecimiento de plantaciones comerciales. Sin embargo, ésta planta en la región del Soconusco, en Chiapas, México, se siembra mediante varetas o estacas, que es la forma como se sustituye o complementan nuevas áreas en los cercos vivos. Bajo el contexto anterior, se estableció como premisa de investigación, determinar si las auxinas favorecen el enraizamiento de las estacas de piñón con el fin de lograr mayor desarrollo vegetal y rápido establecimiento en campo, en función del crecimiento radical y su efecto concomitante en el desarrollo del vástago a la siembra.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en condiciones de invernadero en el Campo Experimental Rosario Izapa (INIFAP). El tipo de clima es Am (F) (W) ig, (García, 1973), temperatura media máxima de 34 °C, mínima de 17 °C y 85% de humedad relativa. La precipitación total promedio varía de 3500 a 4000 mm de abril a octubre, y los suelos pertenecen al grupo andosol-mólico. El suelo se tamizó y agregó arena de río lavada en proporción 1:1 para llenar bolsas de plástico con 5 kg<sup>-1</sup> de capacidad. Al sustrato final se le realizó análisis físico-químico, que resulto con textura de arena-migajonosa, cuyos contenidos de arena fue 82.76%, 6.24% de arcilla, y 11% de limo; pH de 5.51, 0.15% de nitrógeno, 6.0 mg kg<sup>-1</sup> de fósforo, 11 mg kg<sup>-1</sup> de potasio y 3.35% de materia orgánica.

Se recolectaron estacas de un cerco perimetral en la Localidad Nueva Granada, Tapachula, Chiapas a 291 m. La longitud aproximada fue de 30±3 cm y un diámetro de 20±3 mm, de la parte intermedia de la planta. A cada estaca, se les hizo un corte de 45° en la punta y fueron transportadas en posición vertical respetando la polaridad. Se mantuvieron en esta posición durante tres días antes de la siembra con el fin de que el corte de la punta se secase ("cicatrizarse"). Como reguladores para el enraizamiento, se usó ácido naftalenacético (ANA), ácido indolbutírico (AIB), y ácido indolacético (AIA) en concentraciones de 10 mg kg<sup>-1</sup>, 250 mg kg<sup>-1</sup>, 500 mg kg<sup>-1</sup> y 1000 mg kg<sup>-1</sup>. Las estacas se sometieron a inmersión por una hora en la solución de cada tratamiento antes de la siembra; y posterior a ella, se aplicaron 66 ml<sup>-1</sup> de cada regulador. La combinación de los tres reguladores, cuatro concentraciones y un testigo absoluto, se obtuvieron 13 tratamientos, que fueron distribuidos completamente al azar con ocho repeticiones. Se

midieron el número de raíces, su peso seco y biomasa aérea. El muestreo fue cada 28 días partir del día 56 días después de la siembra (dds). Los resultados se analizaron con el programa (SAS) versión 9.0, con base a un análisis completamente al azar y las diferencias estadísticas mediante comparación de medias de Tukey (p≤0.05).

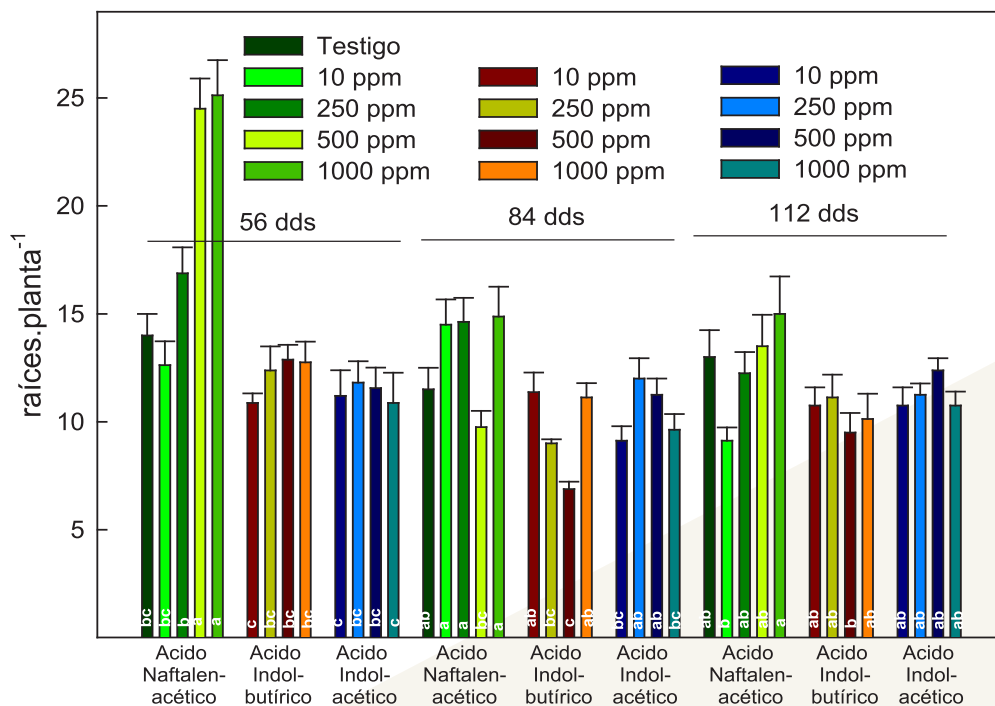
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Número de raíces

Todos los tratamientos evaluados promovieron el desarrollo de raíces en las estacas de *J. curcas*, sin embargo, únicamente las aplicaciones de ácido naftalenacético a los 56 días en concentraciones de 250 mg kg<sup>-1</sup> a 1000 mg kg<sup>-1</sup> fueron superiores al testigo. El número de raíces se incrementó con el aumento de la concentración de la auxina y en general fue superior al ácido indolbutírico e indolacético (Figura 1). Resultados semejantes han sido reportados por Cadme et al. (2010) en estacas de sangre de grado (*Crotón lechleri* Muell) aplicando 1000 mg kg<sup>-1</sup> de AIB y ANA; y por Ramos (2006) al evaluar el enraizamiento de *Chlorophora tictoria* (L) Gravid con 200 mg kg<sup>-1</sup> de ANA.

El testigo indujo mayor número de raíces en comparación con AIB y AIA en las tres evaluaciones. Respuesta similar citan Cassol-Tagliani et al. (2010), donde el testigo de mini estacas de *J. curcas* registraron mayor porcentaje de enraizamiento en comparación con las concentraciones de 250 mg kg<sup>-1</sup>, 500 mg kg<sup>-1</sup> y 1000 mg kg<sup>-1</sup> de AIB y Silva et al. (2007), reportan índices satisfactorios de enraizamiento en estacas de *J. curcas* sin algún tratamiento.





**Figura 1.** Número de raíces de *Jatropha curcas* a diferentes concentraciones de hormonas. Valores promedios de ocho repeticiones  $\pm$  error estándar. Letras diferentes entre columnas indican diferencia estadística Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

Las concentraciones aplicadas de ácido indolbutírico, indujeron respuesta semejante al ANA, pero con menor proporción de raíces y sin diferencia entre las concentraciones aplicadas en el primer periodo, mientras que en el segundo y tercer periodo de evaluación (84 y 112 dds), el número de raíces fue estadísticamente diferente al testigo ( $p \leq 0.05$ ). Al respecto autores como Castrillón *et al.* (2008) señalan que la mejor respuesta de estacas de *Vaccinium meridionales* Swartz al enraizamiento, se obtuvo con la aplicación de AIB en 200 mg kg<sup>-1</sup> aplicadas a la base; de igual forma, Hernández y Almeida (2010), recomiendan la utilización de AIB en 200 mg kg<sup>-1</sup> en la producción de acodos en *Magnolia grandiflora*, sin embargo; Ramos (2006) cita incremento en la longitud de las raíces cuando aplicó AIB a 1000 mg kg<sup>-1</sup> en *Chlorophora tictoria* (L) Gradv.

La respuesta de *J. curcas* a la aplicación de ácido indolacético no fue diferente al testigo durante ningún periodo de evaluación, y únicamente se registró el mayor número de raíces con las aplicaciones de 250 mg kg<sup>-1</sup> y 500 mg kg<sup>-1</sup>, mientras que 10 mg kg<sup>-1</sup> y 1000 mg kg<sup>-1</sup>, indujeron menor número de raíces. En *Pinus caribaeae* esta auxina incrementó el número de raíces (Copen y Torres, 1987). Las diferencias entre las concentraciones de auxinas y *J. curcas* presentan en general, efecto di-

ferencial en el número de raíces. Bastos *et al.* (2004) señalan que la formación de sistema radical en las estacas de *J. curcas* L. está relacionada con factores externos al material colectado, época del año o especie. La disminución en el número de raíces en los periodos de 84 y 112 dds, es probable que se deba al reemplazo de las raíces pequeñas por las plantas.

### Peso seco de sistema radical

El peso seco de las raíces de *J. curcas* con los diferentes tratamientos presentó diferencias estadísticas significativas a los 56 y 112 dds (Figura 2). La mayor

biomasa radical se presentó con la aplicación de ANA en las diferentes concentraciones en comparación con AIB y AIA durante las tres evaluaciones. De 56 a 84 dds, la biomasa radical en todos los tratamientos presentó poco incremento, siendo el más importante a los 112 dds, atribuido lo anterior a que en tiempos iniciales, después de la emisión de raíces, la planta transporte mayor cantidad de fotosintatos a la parte aérea. A los 56 dds el incremento en la biomasa radical con la concentración de 500 ppm de ANA fue estadísticamente diferente al resto de los tratamientos ( $p \leq 0.05$ ). En el muestreo realizado a los 84 dds, la biomasa radical se incrementó con 250 mg kg<sup>-1</sup> de ANA, 1000 mg kg<sup>-1</sup> de AIB y 250 mg kg<sup>-1</sup> de AIA. Oliva y López (2005) evaluaron el efecto de cuatro dosis de ANA (0, 100, 200 y 300 mg kg<sup>-1</sup>) y dos tiempos de inmersión (30 y 60 minutos) en *Myrciaria dubia* (HBK) Mc Vaugh y citan mayor enraizamiento con 200 mg kg<sup>-1</sup> y 30 minutos de inmersión.

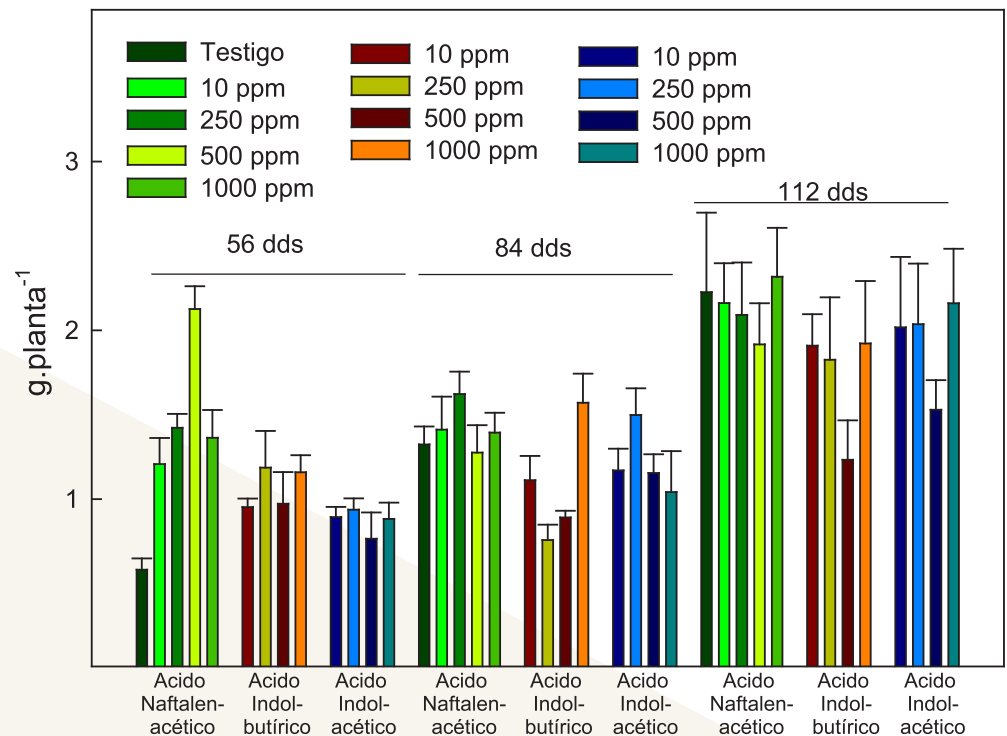
La menor cantidad de materia seca radical se encontró con AIB a las concentraciones de 250 y 500 mg kg<sup>-1</sup>, inclusive, menor que el testigo a los 84 y 112 dds y con el AIA la biomasa radical fue también inferior al testigo, con excepción de la concentración de 250 mg kg<sup>-1</sup> a los 84 dds. A esta fecha se observó tendencia a mayor biomasa radical con las aplicaciones crecientes de ANA y cuando

las concentraciones fueron menores con AIA.

El ANA ha mostrado capacidad para inducir enraizamiento en diferentes cultivos en vivero, de especies forestales, frutales y ornamentales (Weaver, 1999; Hartman y Kester, 2001) y en condiciones *in vitro* de *J. curcas* (Mazariegos, 2011). El peso seco de la raíz de *J. curcas* fue alto con la concentración de 10 mg kg<sup>-1</sup> de AIA y sin diferencias consistentes con las demás concentraciones. El ácido indolacético después de ser aplicado en su punto óptimo, propician un aumento en la capacidad de enraizamiento; las altas concentraciones inducen toxicidad, y al aumentar la dosis de auxina resulta en una disminución en el enraizamiento debido a los efectos tóxicos de sobredosis (Blazich 1988; Hartmann y Kester 1996; Mesén 1993), y en este aspecto, Castro *et al.* (2009) reportaron que la aplicación de bajas dosis de AIA tiene mayor efecto en la emisión de brotes en la caña de azúcar.

A los 112 dds la biomasa radical en los tratamientos con las auxinas no presentó variaciones relacionadas con las concentraciones aplicadas, más bien las diferencias se presentan por tipo de auxina aplicada, con excepción de la aplicación de 500 mg kg<sup>-1</sup> en AIB y AIA donde se registró menor cantidad de materia seca radical. El AIB ha sido citado por Castillo y Hernández (2005) como promotor de biomasa fresca y seca, número y longitud total de raíces con la aplicación de 4000 mg g<sup>-1</sup>.

La inducción en el crecimiento de las raíces parece estar relacionado con la posible edad cronológica de las estacas (Bastos *et al.*, 2004), aunque Silva *et al.* (2007) agregan que es probable que *J. curcas* tenga suficientes niveles de auxinas endógenas para promover su enraizamiento y no requiera de aplicación exógena. A este respecto, Enciso Garay y Castillo Echeverría (2010) al evaluar diferentes longitudes de estacas encontraron que



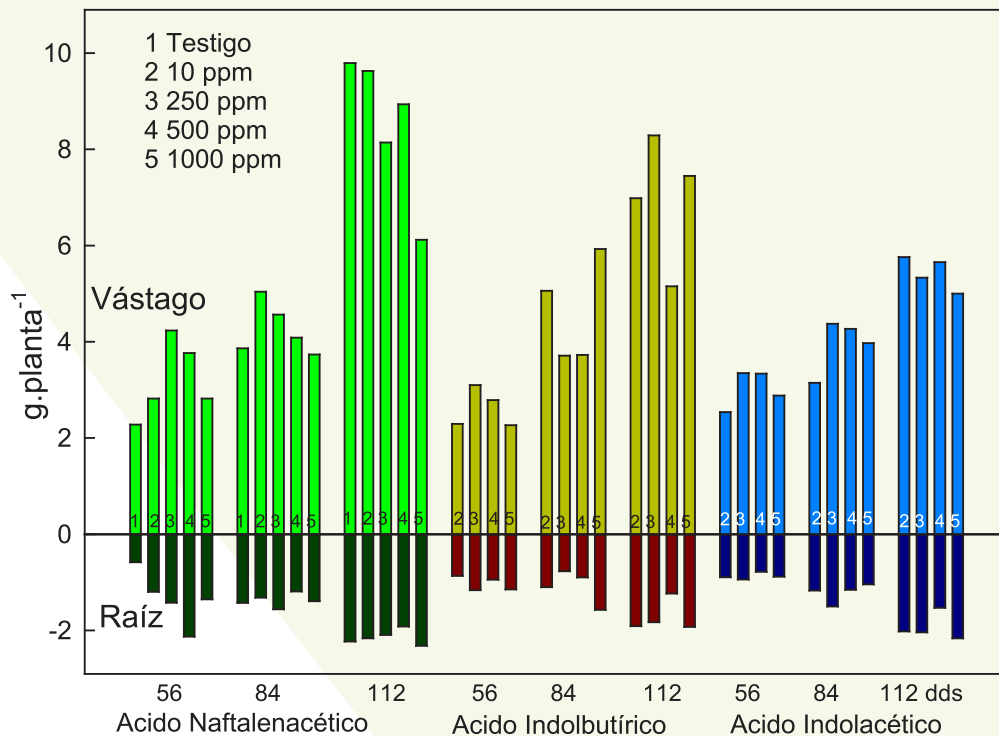
**Figura 2.** Biomasa radical de *Jatropha curcas* con la aplicación de diferentes concentraciones de hormonas. Valores promedio de ocho repeticiones por tratamiento en cada muestreo  $\pm$  error estándar.

la longitud de los brotes de la parte aérea y de la raíz es proporcional a la longitud de las estacas y recomiendan longitudes de entre 20 y 30 cm, sin embargo, en el presente estudio, las diferentes concentraciones de auxinas evaluadas no reflejaron relación con la biomasa radical acumulada en los tratamientos.

Varios autores se han referido a la utilización del ácido naftalenacético (ANA) y al ácido indolacético (AIA) para estimular el enraizamiento de esquejes de especies arbóreas (Oporto y García, 1998; Pollisco, 1998) y Hartmann y Kester (1980), citan que los ácidos indolbutírico (AIB) y naftalenacético (ANA) son los materiales químicos sintéticos más confiables para estimular la producción de raíces adventicias en las estacas.

### Relación Raíz-Vástago

La relación raíz-vástago presentó la respuesta de mayor contrastante entre los tratamientos durante los primeros 56 dds (Figura 3). La diferencia en la acumulación de biomasa radical disminuyó conforme avanzó el tiempo de evaluación. En el periodo inicial los tratamientos con ANA reflejaron mayor biomasa en ambos órganos de la planta, sin embargo, al final de la evaluación, las diferencias fueron menores en relación al número de tratamientos que superaron al testigo, tanto en raíz como en



**Figura 3.** Relación vástago/raíz de *J. curcas* cuando se aplican diferentes concentraciones de hormonas. Los valores son promedios de cuatro repeticiones por tratamiento en cada muestreo.

vástago. El testigo y el tratamiento con 10 mg kg<sup>-1</sup> de AIB presentaron menor cantidad de biomasa aérea.

A los 84 dds se registró mayor asignación de biomasa al vástago en los tratamientos con auxinas en comparación al testigo, sin embargo, a los 112 dds, la biomasa del vástago del testigo fue más alta. Lo anterior sugiere la capacidad de rebrote de *J. curcas* y la menor dependencia de la aplicación de auxinas sintéticas para enraizamiento. El efecto de las auxinas es casi igual en el testigo y las concentraciones de ANA a los 84 y 112 dds. En comparación con las otras auxinas, la longitud del sistema radical fue muy semejante a los 112 dds en comparación al testigo. A partir del segundo y tercer muestreo, se incrementó notablemente el sistema radical de las plantas testigo. La mayor o menor asignación de biomasa hacia algunos órganos de la planta, se relaciona con el crecimiento modular, del vástago y la raíz en *J. curcas*. Después del amplio desarrollo de un órgano en un periodo de tiempo, tiende a disminuir en el siguiente periodo, pero con incremento importante en otro órgano de la planta (Figura 4).

## CONCLUSIONES

Las auxinas promueven el desarrollo radical y vegetal

de *J. curcas* de forma diferencial de acuerdo a diferentes concentraciones aplicadas. El ANA promovió la mayor respuesta; el AIB una respuesta intermedia, y AIA la menor. La mayor cantidad de biomasa aérea y radical se registró con la aplicación del ácido naftalenacético (ANA), mientras que el mayor aumento en estructuras y biomasa se registró con la menor dosis aplicada de ácido indolbutírico (AIB) y ácido indolacético (AIA).

## LITERATURA CITADA

- Bastos D.C., Martins A.B.G., Scaloppi Júnior J., Sarzi I., Fatinansi J.C. 2004. Influencia do ácido indolbutírico no enraizamento de estacas apicais e basais de caramboleira (*Averrhoa carambola* L.) sob condições de nebulização intermitente. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 284-286.
- Blazich F.A. 1988. Chemicals and formulations used to promote adventitious rooting. In: T.D. Davis, B.E. Haissig and N. Sankhla (eds.). Adventitious Root Formation in Cuttings. B.E. Dioscorides Press, EE. UU. pp. 132-149.
- Cadme A.L.M., Concepción S.F., Mestaza U.A., Rodríguez G.Y., Triana D.Y., Medina J.L., Villacreses D.C.A. 2010. Propagación vegetativa de *crotón lechleri* muell. arg. (Sangre de drago) con fines de conservación y manejo en el ecuador en VI Simposio Internacional Sobre Manejo Sostenible de Recursos Forestales. Ecuador. pp 1-6.
- Cassol Tagliani M., Zuffellato-Ribas K.C., Galvéas Laviola B. Wendling I. 2010. Uso d Ácido Indol Butírico na Miniastaquia de Pinhão Manso (*Jatropha curcas* L.). Congresso Brasileiro De Mamona, 4 & Simpósio Internacional De Oleaginosas Energéticas,





**Figura 4.** Proceso de enraizamiento de *Jatropha curcas*. A: Estacas en sustrato con tratamientos. B: Estacas con brotación foliar. C: Estaca enraizada. D-E: Estacas tratadas con ANA a 250 mg kg<sup>-1</sup> y 1000 mg kg<sup>-1</sup> y el testigo respectivamente.

- 1, João Pessoa. Inclusão Social e Energia: Anais. Campina grande: Embrapa Algodão, p. 294-298.
- Castillo M., Him F., Hernández B.N. 2005. Efecto de la auxina AIB en la propagación de azahar de la india (*Moraya paniculata* L) por acodo aéreo. *Bioagro*. 17(2):123-126.
- Castrillón C.J., Carvajal E., Ligarreto G., Stanislav M. 2008. El efecto de auxinas sobre el enraizamiento de las estacas de agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz) en diferentes sustratos. *Agronomía Colombiana*. 26 (1):16-2.
- Castro C.O., Merino G.C.F., Telles T.I.L., Solano P.C.M., Ocampo M.Y., Arnau G.T.M. y Valencia G.M. 2009. Estado nutricional y crecimiento de vitroplantas de caña de azúcar en respuesta a reguladores de crecimiento. *Terra latinoamericana*. 27(3): 177-185.
- Copen M., Torres R. 1987. Interacción entre algunos reguladores del crecimiento su influencia en el enraizamiento de acodos aéreos en *Pinus caribaeae* Mor. *Acta científica Venezolana*. 38(4):459-464.
- Enciso Garay C.R., Castillo Echeverría F.M. 2010. Propagación vegetativa de *Jatropha curcas* L. por estacas. *Investig. Agrar*. 12(2): 69-73.
- García E. 1973. Modificación del sistema de clasificación climática (adaptado a las condiciones de la República Mexicana). Instituto de Geografía. UNAM. México. pp. 348-357.
- Hartmann T., Kester E. 1980. Propagación de plantas, principios y prácticas. *Rev. Continental*. 20: 45-60.
- Hartmann T., Kester E. 1996. Propagación de plantas: Principios y prácticas. Editorial Continental S.A. México. 814 p.
- Hartmann H., Kester y D. 2001. Propagación de Plantas. Principios y Prácticas. 8ª Reimpresión. Editorial Continental. México. 760 p.
- Hernández G.R., Almeida A.J. 2010. Ensayo para el enraizamiento de acodos aéreos de *magnolia grandiflora* L. (Magnoliaceae). En Universidades de los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. 34:129-131.
- Mazariegos C.A. 2011. Evaluación de tres concentraciones de auxinas (ANA) y cinco de citocinas (BAP) en la propagación *in vitro* del piñon (*Jatropha curcas* L.) cultivar Cabo Verde. Tesis de Licenciatura. Facultad de Agronomía. Universidad de San Carlos, Guatemala, C.A., 71 p.
- Oliva C., López A. 2005. Efecto del ácido naftalenacético, en el enraizamiento de estacas de *Myrciaria dubia* (HBK) Mc Vaugh, Camu Camu. *Folia Amazónica*, 14 (2): 43-49.
- Oporto D.A., García M.U. 1998. Clonal propagation of dao: Saving and endangered timber species. *Canopy International*. 24:4.
- Pollisco M.T. 1998. Propagating dipterocarp with nonmist system. *Canopy International*. 20:4.
- Silva S.D. dos A., Ávila T.T., Junior J.G.C., Loy F., Ávila D.T. 2007. Propagação vegetativa de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) via estaquia no rio grande do sul. In: II Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel. Anais, p. 219-223.
- Weaver R.J. 1999. Reguladores del crecimiento de plantas en la agricultura. Ed. Trillas. 622 p.

# TÉCNICA PARA PRODUCIR HÍBRIDOS EN NOCHEBUENA (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch)

## TECHNIQUE USED TO PRODUCE HYBRIDS IN POINSETTIA (*Euphorbia pulcherrima* Wild. ex Klotzsch)

**Canul-Ku, J.<sup>1\*</sup>; García-Pérez, F.<sup>1</sup>; Barrios-Gómez, E. J.<sup>1</sup>; Campos-Bravo, E.<sup>2</sup>; Osuna-Canizalez, F. de J.<sup>1</sup>; Ramírez-Rojas, S.<sup>1</sup>; Rangel-Estrada, S.E.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Campo Experimental Zacatepec. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Av. Progreso No. 5. Santa Catarina, Coyoacán, D.F. CP. 04010 México. <sup>2</sup>Posgrado en Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Cuernavaca, Morelos.

\*Autor responsable: canul.jaime@inifap.gob.mx

### RESUMEN

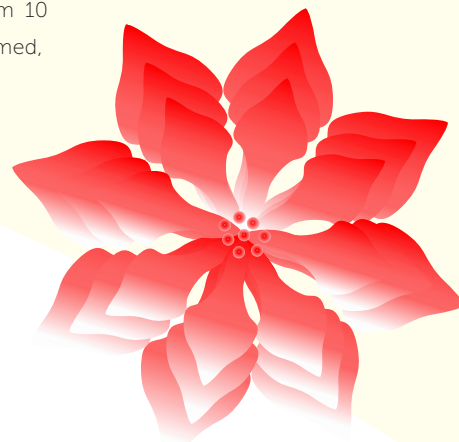
La planta ornamental en maceta más vendida en el mundo es la nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch) considerada símbolo de la navidad. En México, el productor de nochebuena tiene la oportunidad de elegir para su cultivo entre más de 60 variedades e híbridos, todos mejorados en el extranjero. En este trabajo se presenta la técnica para producir híbridos en nochebuena, para lo cual se utilizaron colectas provenientes de 10 estados de México. Se realizaron pruebas de viabilidad de polen y receptividad de estigma, además se modificó la técnica de emasculación. En los resultados, con la emasculación se obtuvo 61% de prendimiento de frutos en 2010 y en 2013 como tercer año de su aplicación, se incrementó hasta 68%; en cambio, cuando no se aplica la técnica el prendimiento o fecundación es nulo. La modificación de la técnica de emasculación fue factor clave para producir híbridos empleando germoplasma de origen mexicano. Esto permitirá a los productores contar con material adaptado a las condiciones locales de producción en menor tiempo.

**Palabras clave:** Emasculación, viabilidad de polen, receptividad de estigma, colectas.

### ABSTRACT

The highest sold ornamental plant in pots in the world is poinsettia (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch), considered a symbol of Christmas. In México, the poinsettia producer has the opportunity to choose for this crop among more than 60 varieties and hybrids, all of them improved outside the country. In this study, a technique to produce poinsettia hybrids is presented, for which collections from 10 Mexican states were used. Tests for pollen viability and stigma receptivity were performed, in addition to modifying the emasculatation technique. In the results, with emasculatation there was 61 % of fruit taking root in 2010 and in 2013, as third year of its application, it increased to 68 %; instead, when the technique is not applied the fertilization and taking root is null. Modifying the emasculatation technique was a key factor to produce hybrids using germplasm of Mexican origin. This will allow the producers to have material adapted to the local production conditions in less time.

**Keywords:** Emasculatation, pollen viability, stigma receptivity, collections.



## INTRODUCCIÓN

**La planta** en maceta más vendida en el mundo es la nochebuena (*Euphorbia pulcherrima*) usado como símbolo de las fiestas de navidad. En el estado de Morelos, México, se comercializan en promedio seis millones de plantas al año, cifra igual al que se vende en Noruega, mientras que, a nivel país es de aproximadamente 25 millones de plantas, la cual representa el 50% del que se comercializa en Estados Unidos (Lutken *et al.*, 2012).

El productor de flor de nochebuena tiene la oportunidad de elegir para su cultivo entre más de 60 variedades e híbridos de obtención extranjera. En México, existen viveros que se dedican a ofertar esquejes previo convenio con las empresas mejoradoras, y por lo regular, las variedades que se ofrecen no vienen con alguna especificación de manejo agronómico, requerimientos ambientales para su cultivo; así como, nutrición, sustratos y de control de enfermedades.

La condición anterior no permite obtener planta terminada de buena calidad, la respuesta más clara es la falta de pigmentación de brácteas, elongación de la planta y vida de contenedor muy corto; además, cuando las plantas logran pigmentar no son aptas para el manejo poscosecha y transporte. Estas condiciones provocan pérdidas económicas, lo cual desalienta al productor para continuar con la producción de las variedades ofertadas, por lo que, se podría decir que la evaluación final y de adaptación se realiza en cada zona de producción por los mismos productores.

En el mercado de México, solamente se encuentra la flor de nochebuena de origen nacional las denominadas de sol (Galindo *et al.*, 2012), que son de dominio público registrados en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales del SNICS-SAGARPA. Estas variedades se emplean para decorar espacios de exterior, y no existen en México genotipos mejorados para interiores, a pesar de que México es centro de origen de la nochebuena (Trejo *et al.*, 2012), provocando dependencia tecnológica, fuga de divisas y altos costos de producción. Bajo este contexto se requiere implementar acciones estructuradas de mejoramiento genético empleando como fuente de germoplasma la amplia diversidad genética que existe en México, determinando en forma paralela la técnica para producir híbridos, y con ese fin se desarrolló una metodología para la producción sistemática de materiales híbridos de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima*).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Lugar del estudio

La investigación fue desarrollada en el Campo Experimental Zacatepec del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado a 18° 39' 16" N, y 99° 11' 54.7" O, y altitud de 911 m. El clima predominante es cálido subhúmedo (Aw<sub>0</sub>), con lluvias en verano, precipitación y temperatura promedio anual de 800 mm y 24 °C, respectivamente (Ornelas *et al.*, 1997).

### Material genético

Se utilizó germoplasma de origen nacional obtenido por varetas y semilla de los estados de Sinaloa, Nayarit, Michoacán, Estado de México, Puebla, Veracruz, Oaxaca, Guerrero, Morelos y Distrito Federal, México. La característica principal fue que presentaran brácteas de color rojo, tamaño medio a grande y estructuras reproductivas bien diferenciadas y desarrolladas.

### Manejo del cultivo

El germoplasma obtenido fue enraizado de acuerdo a (García *et al.*, 2013) para obtener plantas nuevas, las cuales fueron establecidas en maceta de 12 pulgadas con sustrato a base de ocochal (hojarasca de ocote descompuesta), atocle (suelo de vega de río), polvillo de coco en block  $\frac{3}{4}$  (Pelemix<sup>®</sup>) y lombricomposta (compostaje de residuos de plantas mediante lombrices) en proporción 48:16:16:20 v/v. Cuando la planta desarrolló cuatro nudos, se aplicó una poda suave con la finalidad de favorecer la brotación de más ramas. De igual manera, cuando las nuevas ramas tuvieron cuatro nudos se aplicó una poda con el fin de estimular la formación de una bráctea potencial en cada ramificación. Bajo este sistema se mantuvo el crecimiento hasta la etapa de pigmentación de brácteas. La condición general para que ocurra la polinización de la flor es la sincronización de la floración masculina y femenina; además el polen debe ser viable y el estigma receptivo.

### Viabilidad de polen

En la etapa de anthesis, antes de la liberación del polen, se seleccionaron anteras de los genotipos recolectados para determinar la viabilidad de polen con el método propuesto por Dempsey (1993). Las anteras elegidas se colocaron en porta objetos, y enseguida se cortaron de forma longitudinal con un bisturí; se hizo presión sobre la antera cortada con la finalidad de liberar los granos de polen y se les aplicó aceto carmín (Solución colorante Meyer<sup>®</sup>). Finalmente se observó la tinción de los granos



de polen en un microscopio compuesto a 40x, mostrando una coloración roja como indicativo de su viabilidad, mientras que los de tonalidad rosa no fueron viables.

### Receptividad del estigma

El método que se empleó para determinar la receptividad del estigma fue el de Osborn *et al.* (1988). Previo a esto, se seleccionaron flores en estado de botón, con el estilo de aproximadamente dos cm de longitud. Se cubrieron con bolsa encerada para evitar la contaminación con polen ajeno, y cada día se abrió la bolsa con la finalidad de observar su desarrollo, cuando el estigma se dividió en tres partes y éstos a su vez se bifurcaron, se aplicó una gota de peróxido de hidrógeno al 3% sobre la superficie, lo cual provocó un burbujeo evidenciando que el estigma es receptivo.

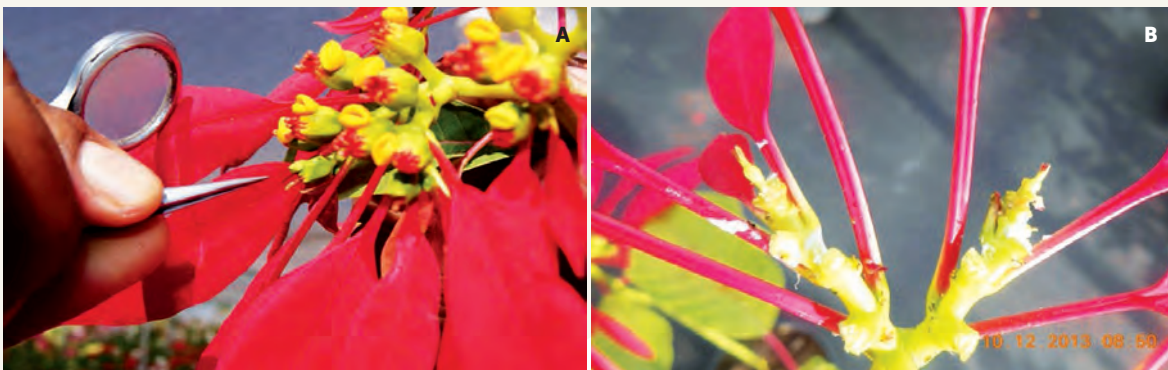
### Emasculación tradicional

La nochebuena presenta flores masculinas y hermafroditas agrupadas en una inflorescencia llamada ciatio. Las primeras flores en aparecer y crecer son las masculinas, observando la primera en el centro de la inflorescencia, después van apareciendo en los tres ejes de la misma. Posteriormente se desarrollan en la periferia de la inflorescencia las flores hermafroditas (Horvath *et al.*, 2011), que son las de interés para realizar la hibridación en nochebuena. La hibridación tradicional consiste en eliminar las estructuras masculinas (emasculación) en estado de botón floral y dejar solamente las femeninas. De forma específica, en estado de botón se eliminaron todos los estambres

de la flor hermafrodita y se dejó solamente la estructura femenina. El crecimiento fue diferencial, ya que primero emergieron los estambres y después el pistilo. En este caso se dejó solamente el pistilo con el ovario expuesto (Figura 1).

### Emasculación modificada

Con la finalidad de producir híbridos de nochebuena de origen nacional se generó la técnica cortando dos terceras partes la bráctea, en sentido del ápice hacia la base de la inflorescencia, eliminando todas las estructuras masculinas, dejando entre tres y cinco flores femeninas no receptivas que guarden el mismo estadio fenológico y cubrirlas con bolsa encerada anotando la fecha en que se llevó a cabo, ya que después de tres días se revisó para programar la polinización (Figura 2).



**Figura 1.** A: Flor femenina apta para ser emasculada. B: Flor emasculada de manera tradicional (derecha).



**Figura 2.** Emasculación modificada de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima*) y protección con bolsa encerada.

### Polinización

Tres días en promedio después de la emasculación, las flores mostraron receptividad, ya que el estigma se separó en tres porciones y se bifurcó. Entre las 10:00 am y 12:00 pm, se revisó el polen de las flores masculinas que funcionaron como progenitor; con la ayuda de pinzas de disección se recogió el polen sujetando el filamento; enseguida se impregnó abundante polen en los estigmas. Posteriormente se volvió a cubrir la flor ya polinizada con bolsa encerada, e inmediatamente se colocó la etiqueta con información de los parentales que intervinieron, tales como, fecha, número de flores polinizadas y hora en que se realizó (Figura 3).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Viabilidad de polen

Los genotipos que se utilizaron como donadores de polen fueron fértiles. En el microscopio compuesto a 40x

se observaron granos de polen con tonalidad roja en mayor proporción considerados viables; mientras que, los de tono rosa fueron pocos y no viables (Figura 4).

### Receptividad del estigma

La flor femenina que se eligió para determinar la receptividad del estigma fue observado por varios días. En ella se dieron cambios visibles, tales como, elongación del estilo hasta que se dividió en tres partes, y después cada uno se bifurcó. El estigma en esta etapa se expuso en un plano longitudinal. En este momento se aplicó el peróxido de hidrógeno al 3%. La reacción que se observó fue un burbujeo, esto fue indicativo de que en ese momento el estigma es receptivo para la polinización (Figura 5).

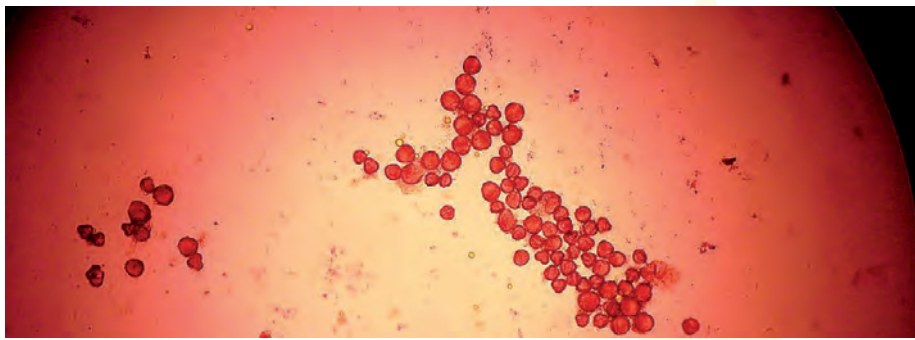
### Emasculación tradicional

En estado de botón floral se eliminaron las estructuras que conforman la flor hermafrodita, y se dejó el ovario, estilo y estigma. La Figura 6 muestra que la hibridación



**Figura 3.** Proceso de polinización en nochebuena (*Euphorbia pulcherrima*). A: Corte y preparación de bráctea; B: Emasculación de flor masculina y hermafrodita; C: Polinización; D: Días después de la polinización.





**Figura 4.** Resultado de la prueba de viabilidad de polen de *Euphorbia pulcherrima*.



**Figura 5.** Resultado de la prueba de receptividad de estigma de *Euphorbia pulcherrima*.



**Figura 6.** Evidencia de la deshidratación y muerte de estigmas de *Euphorbia pulcherrima* mediante la emasculación tradicional.

tradicional en nochebuena no se logró, ya que el ovario es muy sensible a las condiciones ambientales de alta temperatura, y con baja humedad relativa, tiende a desecarse

y el estigma al deshidratarse pierde receptividad.

#### Emasculación modificada

Con la técnica de emasculación

modificada se logró que la porción de brácteas que no se eliminó, protegiera la flor femenina, de tal forma que al no estar expuesto el ovario alcanzó su desarrollo normal, asegurando la receptividad del estigma, su fecundación y obtención de frutos. La Figura 7 muestra frutos en pleno crecimiento y desarrollo, resaltando que cuando se nota un cambio en la coloración, indica que está por alcanzar la madurez fisiológica.

Con la técnica de emasculación modificada para *E. pulcherrima*, se obtuvo 61% de prendimiento de frutos en el año 2010, y en el tercer año de su aplicación se incrementó en 7% hasta llegar a 68%, y los frutos obtenidos producen semilla viable, iniciando así la obtención de híbridos, sin embargo, cuando no se aplica la técnica modificada, el prendimiento es nulo (Figura 8).

En el año 2010 se realizaron los primeros cruzamientos entre germoplasma de origen nacional y variedades comerciales que llevan muchos años en el mercado. Al final del ciclo se cosechó la semilla, la cual formó la progenie  $F_1$  (híbrido). En el segundo año (2011), la semilla  $F_1$  se sembró en charolas de 50 cavidades con sustrato Sunshine<sup>®</sup> Núm. 3, cuando la plántula tuvo cuatro hojas verdaderas se cambiaron a maceta de 3.5 L de capacidad con sustrato a base de ocochal (hojarasca de ocote descompuesta), atocle (suelo de vega de río), polvillo de coco en block  $\frac{3}{4}$  (Pelemix<sup>®</sup>) y lombricomposta (a base de residuo de planta con estiércol de ganado vacuno) en proporción 48:16:16:20 v/v, donde se mantuvo hasta la pigmentación de brácteas. En esta etapa se identificaron los híbridos más sobresalientes y se seleccionaron. Estos a su vez fueron empleados como planta



**Figura 7.** Fruto en desarrollo producto de la polinización de *Euphorbia pulcherrima*.

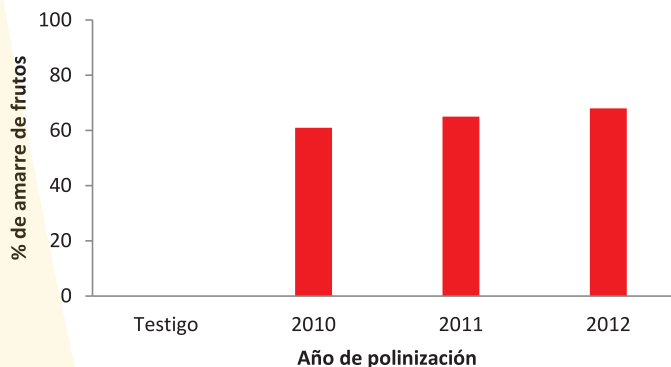
madre, se aprovechó la ventaja que ofrece la nochebuena, su fácil propagación a través de esquejes.

En 2012 se obtuvieron esquejes de la planta madre seleccionada y se establecieron bajo las mismas condiciones que en 2011. En la etapa fenológica de pigmentación de brácteas se realizó nuevamente la selección. Este proceso se repitió en 2013 y después de dos ciclos de selección se obtuvieron varios híbridos clonales potenciales.

Se sugiere que los híbridos generados sean validados en ambientes contrastantes para la confirmación de sus características fenotípicas. Una vez realizada la validación se pueden aprovechar para ser cultivados de manera comercial, si estos cumplen con los parámetros de calidad de los productores, comercializadores y consumidores.

## CONCLUSIONES

**La técnica** de emasculación modificada aplicado en *E. pulcherrima*, fue factor clave para producir híbridos empleando germoplasma de origen mexicano. Esto puede facilitar que los productores de flor de nochebuena, cuenten con genotipos adaptados a condiciones locales de producción. El uso de germoplasma nacional permitirá diversificar la oferta de nuevos genotipos en el mercado y puede garantizar su producción de alta calidad sin dificultades, tales como, las registradas cuando se intro-



**Figura 8.** Porcentaje de amarre de frutos en nochebuena (*Euphorbia pulcherrima*), durante tres años en Zacatepec, Morelos, México.

ducen materiales sin evaluar, por haber sido generados en ambientes distintos a su comercialización.

## LITERATURA CITADA

- Dempsey E. 1993. Traditional analysis of maize pachytene chromosomes. In: Freeling, M; Walbot, V. (eds.) The Maize Handbook. New York: Springer-Verlag. p. 432-441.
- Galindo-García D., Alía-Tejacal I., Andrade-Rodríguez M., Colinas-León M., Canul-Ku J. Sainz-Aispuro M. 2012. Producción de nochebuena de sol en Morelos, México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 3(4):751-763.
- García P.F., Canul K.J., Ramírez R.S., Osuna C.F.J., Portas F.B. 2013. Propagación asexual de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch). Agroproductividad 6(3):37-41.
- Horvath D., Wurdack K., Pullin K. 2011. Euphorbia. In: C. Kole. (Ed.). Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources, Plantation and Ornamental Crops. Springer – Verlag Berlin.
- Lutken H., Clarke J.L., Muller R. 2012. Genetic engineering and sustainable production of ornamentals: current status and future directions. Plant Cell Rep 31:1141-1157.
- Ornelas R.F., Ambriz C.R., Bustamante O.J. 1997. Delimitación y definición de agrohábitats en el estado de Morelos. Secretaría de Agricultura, Ganadería, y Desarrollo Rural. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Campo experimental Zacatepec, Morelos, México. Publicación especial Núm.11. Zacatepec, Morelos, México. 19 p.
- Osborn M., Kevan P., Meredith A. 1998. Pollination biology of *Opuntia polycantha* and *Opuntia phaeacantha* (cactaceae) in Southern Colorado. Plant. Syst. Evol. 159:139-144.
- Trejo L., Feria T.P., Olsen K.M., Eguarte L.E., Arroyo B., Gruhn J., Olson M.E. 2012. Poinsettia's wild ancestor in the Mexican dry tropics: historical, genetic, and environmental evidence. American Journal of Botany 99:1146-1157.



# IDENTIFICACIÓN DE HONGOS ARBUSCULARES EN CULTIVOS DE LIMÓN MEXICANO (*Citrus aurantifolia*) TRANSGÉNICO

## IDENTIFICATION OF ARBUSCULAR FUNGI IN TRANSGENIC MEXICAN LIME (*Citrus aurantifolia*)

**Cruz-Gutiérrez, E.J.<sup>1\*</sup>; Gutiérrez-Espinosa, M.A.<sup>2</sup>; González-Chávez M. C.<sup>3</sup>; Franco-Ramírez, A.<sup>3</sup>; Xocostle-Cazares, B.<sup>4</sup>; Pérez-Molphe, B.E.<sup>5</sup>; Robles-Gonzalez, M.M.<sup>6</sup>**

<sup>1</sup>Centro Nacional de Recursos Genéticos (CNRG), Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Tepatitlan, Jal. <sup>2</sup>Programa de Fruticultura, Área de Biotecnología, <sup>3</sup>Programa de Edafología. Área de Microbiología. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Carr. Méx.-Tex., Km 36.5. Montecillo, 56230. Méx. <sup>4</sup>Cinvestav, Zacatenco DF, <sup>5</sup>Universidad Autónoma de Aguascalientes, <sup>6</sup>INIFAP, Tecomán, Colima.

**\*Autor responsable:** esmeraldajudith@gmail.com ó alexge@colpos.mx

### RESUMEN

En condiciones naturales, los árboles de cítricos son dependientes de los hongos micorrizicos arbusculares (HMA) para su crecimiento, desarrollo y nutrición, sin embargo, el efecto de éstos en plantas de cítricos transgénicos se desconoce. De igual manera no se ha analizado como el ambiente rizosférico de estas plantas transgénicas se afecta y su repercusión sobre la diversidad de los mismos. Se realizó un estudio sobre la diversidad de esporas de HMA desarrollados en un suelo nativo del estado de Colima, México, donde se ubican árboles de *Citrus aurantifolia* transgénicos. Se observó que las plantas transgénicas tuvieron mayor diversidad de HMA, que las plantas no transgénicas. Los hongos predominantes en plantas transgénicas fueron *Racocetra fulgida*, *Gigaspora margarita*, *Funneliformis geosporum*, *G. microaggregatum*, *Sclerocystis coremioides*, *Sclerocystis taiwanesis*, *Sclerocystis clavispora* y *Sclerocystis sinuosa*, mientras que los predominantes en no transgénicas fueron *G. microcarpum*, *Acaulospora* sp. y *Sclerocystis sinuosa*.

**Palabras clave:** Glomeromycota, taxonomía, plantas transgénicas, micorriza arbuscular.

### ABSTRACT

Under natural conditions, citrus trees depend on arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) for their growth, development and nutrition; however their effect on transgenic citrus plants is unknown. Likewise, the manner in which the rhizosphere environment in these transgenic plants is affected has not been analyzed, nor their repercussion on diversity. A study was performed regarding the diversity of AMF spores developed in a native soil in the state of Colima, México, where transgenic *Citrus aurantifolia* trees are planted. It was observed that transgenic plants had a greater diversity of AMF than non-transgenic plants. The predominant fungi in transgenic plants were *Racocetra fulgida*, *Gigaspora margarita*, *Funneliformis geosporum*, *G. microaggregatum*, *Sclerocystis coremioides*, *Sclerocystis taiwanesis*, *Sclerocystis clavispora* and *Sclerocystis sinuosa*, while the predominant fungi in non-transgenic were *G. microcarpum*, *Acaulospora* sp. and *Sclerocystis sinuosa*.

**Keywords:** Glomeromycota, taxonomy, transgenic plants, arbuscular mycorrhiza.



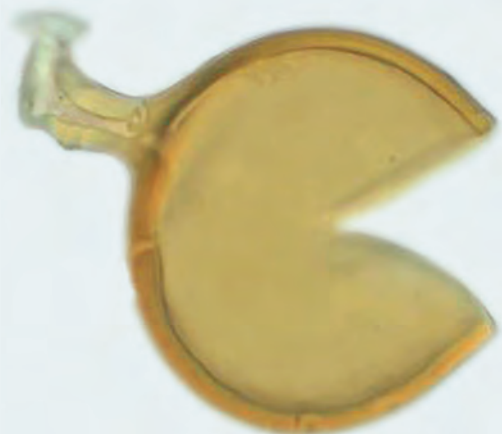
## INTRODUCCIÓN

La mayoría de las raíces de las plantas herbáceas, arbustivas y árboles, se encuentran colonizadas por hongos micorrízicos arbusculares (HMA). Algunas especies leñosas que presentan raíces gruesas y con muy pocos pelos absorbentes, tales como, los cítricos, son más dependientes de estos hongos, que otras plantas con un sistema radical más abundante (Baylis, 1975). Los HMA auxilian a que las raíces de las plantas incrementen el volumen de exploración del suelo, y mejoran la absorción de nutrientes (González-Chávez *et al.*, 1998; 2000; Alarcón y Ferrera-Cerrato, 2002; Ortas *et al.*, 2002). El género *Citrus* spp., presenta dificultades para el mejoramiento genético convencional, debido a que muchas de sus especies son apomícticas y sus semillas producen embriones nucelares que limitan el desarrollo de embriones cigóticos. Por tanto, es difícil recuperar una población grande de progenie para seleccionar plantas con características deseables (Peña y Navarro, 1999). La limitación también puede ser por incompatibilidad o autoincompatibilidad entre genotipos (Moore *et al.*, 1992) y juvenilidad prolongada (Grosser y Gmitter, 1990; Moore *et al.*, 1993) entre otras razones. Una alternativa para el mejoramiento de los cítricos es la transformación genética. Con este sistema pueden insertarse genes específicos foráneos dentro de un tejido vegetal receptor y así obtener una planta con características de interés agronómico sin la recombinación genética propia de la hibridación de dos progenitores. Algunas propiedades modificables mediante transformación genética de cítricos son la resistencia a plagas (Pérez-Molphe Balch y Ochoa-Alejo, 1998; Olivares-Fuster *et al.*, 2000), a plaguicidas, hábito de crecimiento y calidad del fruto (Pérez-Molphe Balch y Ochoa-Alejo, 1998). La transformación genética permite mantener integra las características del cultivar original, mientras se inserta un gen o genes para conferir una nueva cualidad (Bond y Roose, 1998; Pérez-Molphe Balch y Ochoa-Alejo, 1998), es decir, que generalmente no alteran el fenotipo, ni el comportamiento fenológico de la planta modificada genéticamente (Wassenegger, 2002). Sin embargo, es importante evaluar posibles cambios fisiológicos por ejemplo su capacidad para asociarse con HMA. Las evidencias muestran que las plantas transgénicas pueden cambiar la expresión de los genes que se le integran cuando son colonizadas por HMA, ya sea evitando o aumentando la colonización del hongo en la raíz, dependiendo de los genes integrados en la planta y el objeto buscado en la transformación (Bonfan-

te *et al.*, 1996; Gianinazzi-Pearson *et al.*, 1995). Con base a lo anterior, se evaluó la diversidad de HMA en la rizosfera de árboles transgénicos [transformados con *Agrobacterium rhizogenes* con los genes rol, nptII, GUS y el gen de la capa proteica del virus tristeza de los cítricos (Pérez-Molphe Balch y Ochoa-Alejo, 1998)] y árboles no transgénicos, con el fin de evaluar la repercusión sobre la diversidad de los HMA.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En dos etapas se tomaron muestras de suelo rizosférico (0-20 cm de profundidad) de árboles de limón mexicano (*Citrus aurantifolia*) transgénicos y no transgénicos de cuatro años de edad bajo condiciones de invernadero en invernadero en el campo experimental INIFAP, Colima, México. La primera etapa se realizó en marzo de 2004, y la segunda en junio de 2005. Los árboles se encuentran en macetas de aproximadamente 20-40 kg de suelo, la cantidad de suelo colectada por cada árbol fue de 0.5 kg, a una profundidad de 15 a 30 cm desde el nivel del suelo. Para cada muestra se realizó un tamizado por el método de Gerdemann y Nicolson (1963). Para la identificación de organismos, se separaron del tamizado de 15 a 20 esporas con características morfológicas semejantes y con hifa sustentora. Posteriormente se realizaron preparaciones permanentes en forma duplicada en laminillas con PVLG (polivinil alcohol lactoglicerol) y PVLG-reactivo de Melzer, respectivamente (Schenck y Pérez, 1990). Las preparaciones se dejaron secar en posición horizontal por 24 horas a temperatura ambiente. Una vez secas, las preparaciones se sellaron con esmalte transparente



para uñas alrededor del cubreobjetos. Las preparaciones se observaron en un microscopio en campo claro. Se consideraron como características relevantes para su identificación: el color de las esporas, tamaño y estructura de la pared, y forma de la hifa sustentora. Para ello se utilizó la tabla de colores del INVAM (<http://invam.caf.wvu.edu/fungi/taxonomy/speciesID.htm>). En esta tabla se utilizan varias combinaciones de los colores azul, magenta, amarillo y negro para dar diversas tonalidades que al compararse con el color de las esporas permiten definir su color.

El color de las esporas se expresa con la fórmula que indica la concentración de cada uno de los colores antes mencionados. La determinación de la estructura de la pared de cada esporas se basó en la descripción realizada por Walker (1983) con base a murógrafos. La forma de la hifa sustentora se determinó con base en las claves de Schenck y Pérez (1990). De las esporas con rasgos más representativos de la especie se tomaron fotografías con un microscopio invertido y uno de contraste de Normaski (Olympus, Modelo BX51, objetivos planaplo-cromáticos) para observar con detalle la estructura de la pared celular de las esporas. La identificación de las esporas se realizó siguiendo el enfoque de la clasificación actual de HMA (Redecker *et al.*, 2013).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las características físicas y químicas del suelo de donde se tomaron las muestras indicaron pH alcalino de 7.7, con conductividad eléctrica de  $1.93 \text{ ds m}^{-1}$ , donde el efecto de la salinidad es casi nulo. La materia orgánica fue pobre (0.87%), al igual que el nitrógeno total (0.04%). En el caso de fósforo (Olsen) el contenido en el suelo fue bajo ( $4 \text{ mg kg}^{-1}$ ), al igual que el potasio (0.28

$\text{cmol Kg}^{-1}$ ). La textura fue migajón arenoso, evidenciando que el suelo fue pobre en nutrientes (Vázquez y Bautista, 1993).

La diversidad de HMA en la rizosfera de las plantas transgénicas fue registró ocho especies, en comparación con la rizosfera de las no transgénicas con tres especies, observando diferencias en las especies presentes de los dos muestreos realizados (Cuadro 1). Lo anterior puede deberse a variaciones estacionales entre el primer y segundo muestreo. En la rizosfera de plantas no transgénicas, *Sclerocystis sinuosa* fue el HMA con mayor frecuencia, y su presencia se registró en ambos muestreos y rizósferas, mientras que en la rizosfera de las transgénicas fue *G. microaggregatum*. El hongo *Sclerocystis sinuosa* estuvo presente en la rizosfera de ambas plantas, transgénicas y no transgénicas.

Es relevante mencionar que la diversidad morfológica que se observó en este estudio, no representa la totalidad de HMA que pueden estar presentes en la rizosfera de las plantas de *C. aurantifolia*, transgénicas o no. Los HMA podrían haber estado colonizando las raíces de estas plantas sin haber esporulado en el período que se realizaron los muestreos (Douds y Millner, 1999). Adicionalmente, los HMA poseen estrategias de colonización y esporulación diferentes, por lo que un estudio estacional en períodos más cortos puede dar mayor información sobre la diversidad total de estos hongos en la rizosfera de cítricos. Estudios realizados por Hijri *et al.* (2006) indican que la diversidad morfológica medida por presencia de esporas puede subestimarse en el sistema suelo, y que aunado al estudio morfológico, el análisis ecológico y análisis molecular (Morton y Bentivenga, 1994) considerando raíces colonizadas y posiblemente micelio (en caso de poder

**Cuadro 1.** Especies de hongos arbusculares que se encontraron en la rizosfera de árboles de cuatro años de *Citrus aurantifolium* transgénicos y no transgénicos en dos épocas de muestreo.

Primer muestreo (marzo 2004)		Segundo muestreo (junio 2005)	
No transgénicos	Transgénicos*	No transgénicos	Transgénicos
<i>Sclerocystis sinuosa</i>	<i>G. microaggregatum</i>	<i>Sclerocystis sinuosa</i>	<i>G. microaggregatum</i>
<i>Acaulospora</i> sp.	<i>Funneliformis geosporum</i>		<i>Sclerocystis sinuosa</i>
<i>Glomus microcarpum</i>	<i>Racocetra fulgida</i>		<i>Sclerocystis coremioides</i>
	<i>Gigaspora margarita</i>		<i>Sclerocystis taiwanensis</i>
			<i>Sclerocystis clavispora</i>

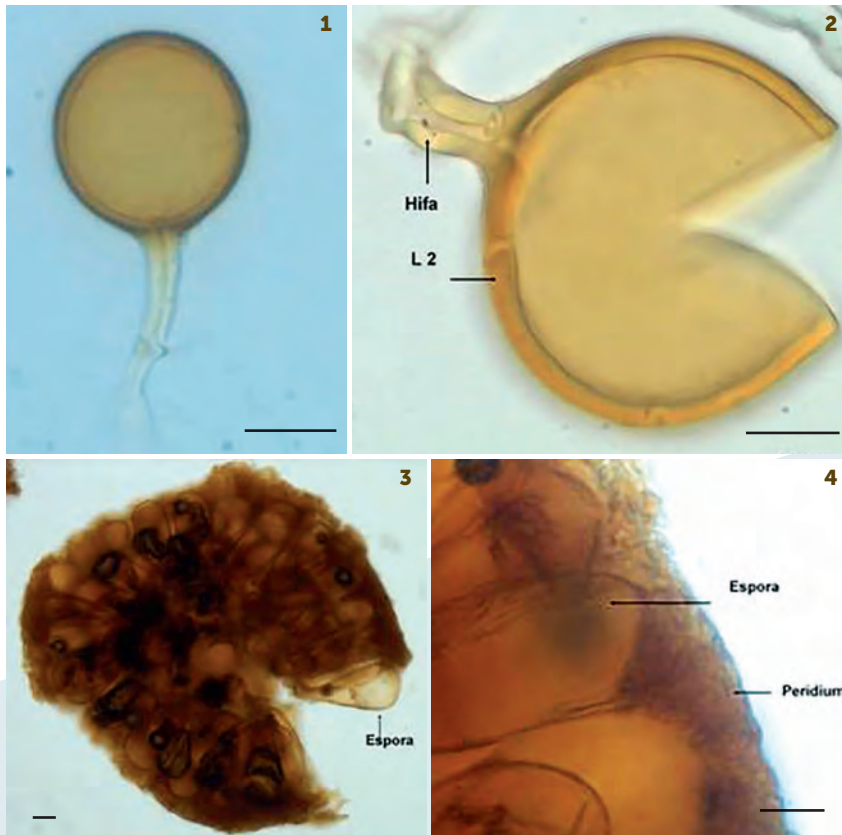
\* plantas transformadas con *Agrobacterium rhizogenes* con los genes de selección (rol, nptII y GUS) y el gen de la capa proteica del VTC.

separarlo del suelo) completaría la información sobre la diversidad de estos HMA. La diversidad de especies de HMA también puede deberse a las características de las plantas transgénicas; ya que algunas de ellas mostraron un fenotipo alterado, con entrenudos cortos, hojas arrugadas y sistema radical muy desarrollado al ser modificadas genéticamente mediante *Agrobacterium rhizogenes* (Chávez-Vela et al., 2003). Otro factor pudo ser por la baja capacidad nutrimental del suelo, así como, por la estacionalidad de muestreo. Los resultados mostrados parecen ser los primeros en su género que relacionen el efecto de plantas transgénicas sobre la diversidad de HMA que crecen en ambiente de la rizosfera. La mayor diversidad observada debe analizarse en futuros trabajos con respecto al efecto que los HMA

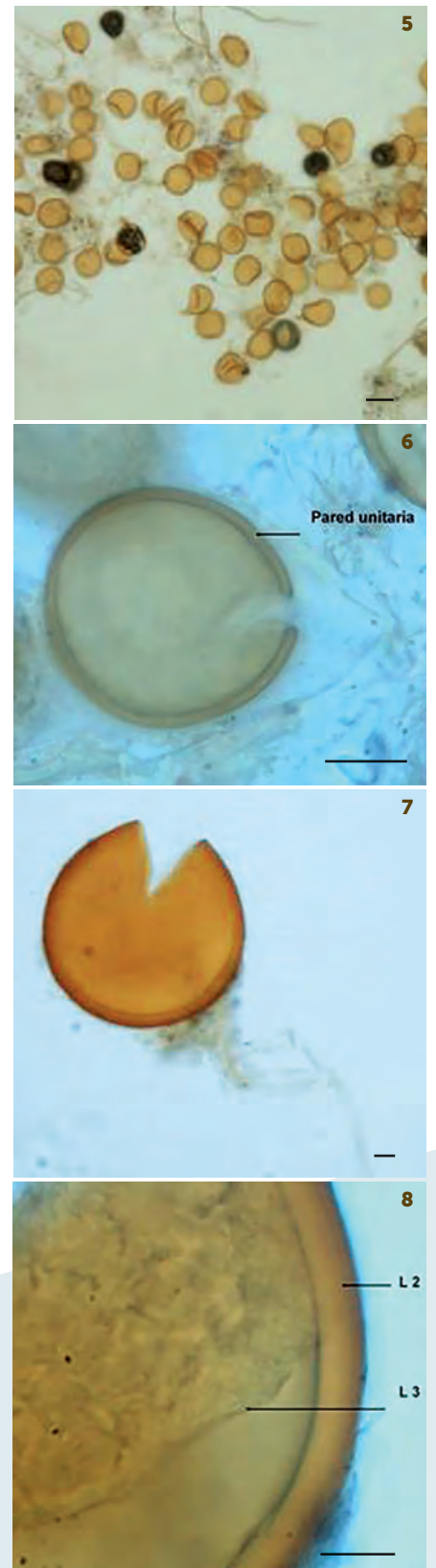
pueden tener en la producción de dichos árboles, además de conocer si existen diferencias en la funcionalidad de las especies similares tales como, *Sclerocystis sinuosa*, y *G. microaggregatum* encontradas en ambas rizosferas de cítricos transgénicos o no. Para ello sería necesario establecer cultivos monospóricos e incrementar la cantidad de inóculo. Las Figuras 1 a 15 muestran detalles de las esporas de cada especie, ubicando las hifas y las paredes de las esporas.

## CONCLUSIONES

La diversidad de los HMA en las muestras de suelo del campo experimental INIFAP, Colima no fue alta. Las muestras de suelo de la rizosfera de plantas transgénicas con genes de selección y con el gen de la capa proteica presentaron mayor



**Figura 1.** 1: *Glomus microcarpum* espora solitaria. 2: Espora rota, detallando la pared laminada (L2) y la hifa sustentadora. 3: *Sclerocystis sinuosa*, esporocarpio envuelto por el peridium de hifas. 4: Detalle de las esporas y peridium, Barra=30  $\mu$ m.

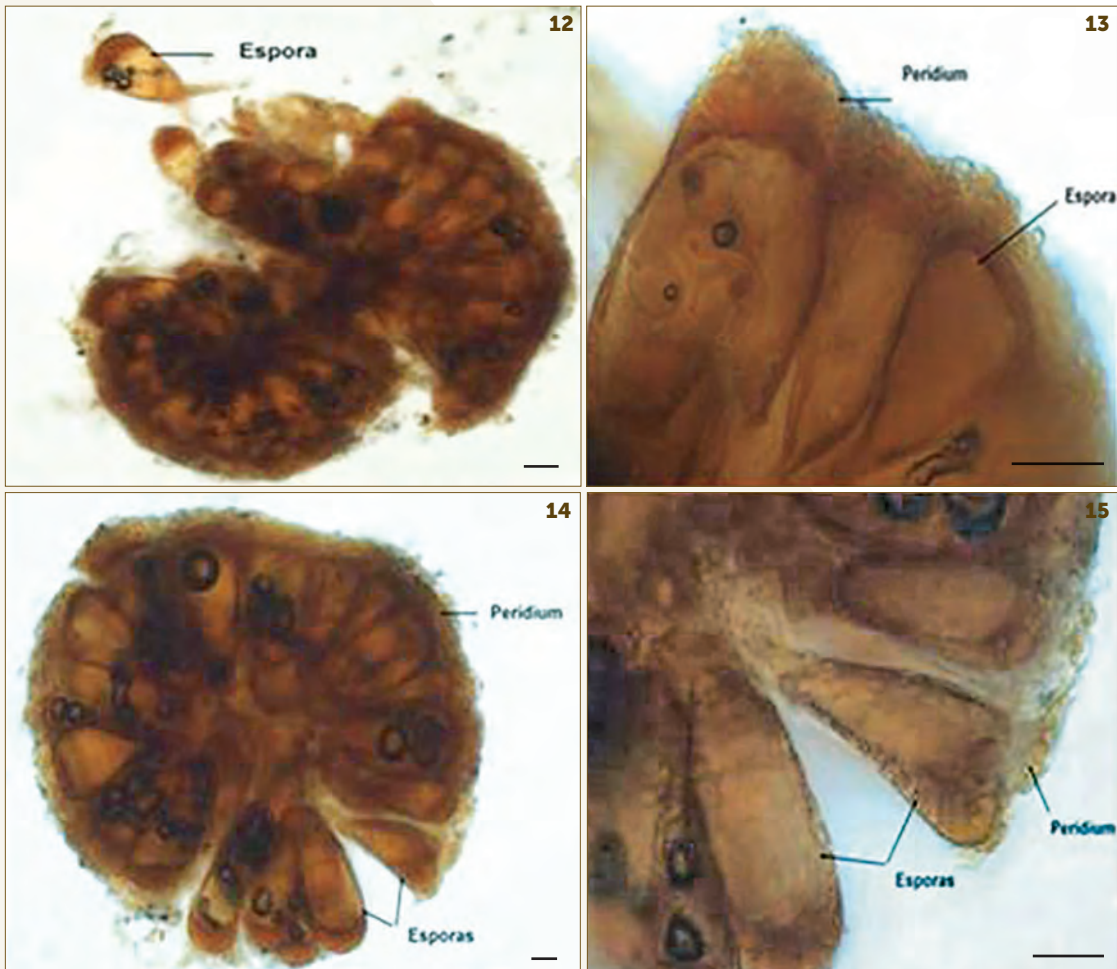


**Figura 2.** *Glomus microaggregatum* 5: Parte de un esporocarpio. 6: Detalle de una espora mostrando la pared unitaria. 7: *Funneliformis geosporum*, espora solitaria. 8: Acercamiento de una espora detallando las paredes, L2 pared rígida laminada, L3 pared membranosa Barra=30  $\mu$ m.





**Figura 3.** 9: *Racocetra fulgida* espora solitaria mostrando la forma de la hifa sustentora. 10: *Gigaspora margarita* espora solitaria. 11: Espora rota detallando la espora sustentora. Barra=30  $\mu$ m.



**Figura 4.** *Sclerocystis taiwanensis*. 12: Esporocarpio envuelto por el peridium de hifas. 13: Detalle de las esporas y del peridium. 14: *Glomus microcarpa*. 15: Esporocarpio mostrando el arreglo radial de las esporas. 15.- Detalle de las esporas y el peridium. Barra=30  $\mu$ m.

diversidad de esporas. La presencia de los HMA en los cítricos da pauta a un estudio ecológico más exhaustivo.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Dr. Ronald Ferrera Cerrato por las facilidades brindadas en el laboratorio de Microbiología para la toma de las fotografías presentadas en este manuscrito.

## LITERATURA CITADA

- Alarcón A., R. Ferrera-Cerrato. 2002. Aplicación de fósforo e inoculación de hongos micorrízicos arbusculares en el crecimiento y estado nutricional de *Citrus volkameriana* Tan and Pasq. *Terra* 21: 91-99.
- Baylis G.T.S. 1975. The magnoloid mycorrhiza and mycotrophy in root systems derived from it. *In: Sanders F. E., B. Mosse y P. B. Tinker (eds.), Endomycorrhizas. Academic Press, London. 373-389.*
- Bond J.E., Roose M.L. 1998. Agrobacterium-mediated transformation of the commercially important citrus cultivar Washington Navel Orange. *Plant Cell Report* 18: 229-234.
- Bonfante P., Bergero R., Uribe X., Romera C., Rigau J., Puigdomenech P. 1996. Transcriptional activation of a maize  $\alpha$ -tubulin gene in mycorrhizal maize and transgenic tobacco plants. *The Plant Journal* 9: 737-743.
- Chávez-Vela N.A., Chávez-Ortiz L.I., Pérez-Molphe B.E. 2003. Transformación genética del naranjo agrio usando *Agrobacterium rhizogenes*. *Agrociencia* 37: 629-639.
- Douds D.D., Millner P.D. 1999. Biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 74: 77-93.
- Gerdemann J.W., Nicolson T.H. 1963. Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transactions of the British Mycological Society* 46: 235-244.
- Gianinazzi-Pearson V., Gollotte A., Lhemnier J., Tisserant B., Franken P., Dumas- Gaudot E., Lemoine M.C., Van Tuinen D., Gianinazzi S. 1995. Cellular and molecular approaches in the characterization of symbiotic events in functional arbuscular mycorrhizal associations. *Canadian Journal of Botany* 73: 526-532.
- González-Chávez M.C., Ferrera-Cerrato R. 2000. Roca fosfórica y *Glomus* sp. en el crecimiento de naranjo agrio. *Terra* 18: 361-367.
- González-Chávez M.C., Ferrera-Cerrato R., Pérez-Moreno J. 1998. Biotecnología de la micorriza arbuscular en fruticultura. Universidad Autónoma de Tlaxcala y Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México. 131 p.
- Grosser J.W., Gmitter F.G.Jr. 1990. Protoplast fusion and citrus improvement. *Plant Breeding Reviews* 8:339-374.
- Hijri I., Sýkorová Z., Ole F., Ineichen K., Madre P., Wiemken A., Redecker D. 2006. Communities of arbuscular mycorrhizal fungi in arable soils are not necessarily low in diversity. *Molecular Ecology* 15: 2277-2289.
- Moore G.A., Jacono C., Neidigh J.L., Lawrence S.D., Cline K. 1992. Agrobacterium-mediated transformation of citrus stem segments and regeneration of transgenic plants. *Plant Cell Reports* 11: 238-242.
- Moore G.A., Jacono C., Neidigh J.L., Lawrence S.D., Cline K. 1993. Transformation in *Citrus*. *In: Bajaj Y. P. S. (eds.) Plant protoplasts and genetic engineering IV. Biotechnology in agriculture and forestry. Springer, Berlin Heidelberg New York* 23: 194-208.
- Morton J.B., Bentivenga S.P. 1994. Levels of diversity in endomycorrhizal fungi (Glomales, Zygomycetes) and their role in defining taxonomic and non-taxonomic groups. *Plant Soil* 159: 47-59.
- Olivares-Fuster O., Fleming G.H., Albiach-Marti M.R., Gowda S., Grosser J.W. 2000. Alternative citrus transformation with emphasis on disease resistance. *In: Proceedings of the International Society of Citriculture. IX Congress. 2000. Florida. p. 88-90.*
- Ortas I., Ortakçi D., Kaya Z., Çınar A., Önelge N. 2002. Mycorrhizal dependency of sour orange in relation to phosphorus and zinc nutrition. *Journal of Plant nutrition* 25: 1263-1279.
- Peña L., Navarro L. 1999. Transgenic citrus. *In: Y. P. S. Bajaj (ad). Biotechnology in Agriculture and Forestry. 44. Springer – Verlag. Germany p.39-54.*
- Pérez-Molphe B.E., Ochoa-Alejo N. 1998. Regeneration of transgenic plants of Mexican lime from *Agrobacterium rhizogenes*-transformed tissues. *Plant Cell Reports* 17: 591-596.
- Redecker D., Schüßler A., Stockinger H., Stürmer S.L., Morton J.B., Walker C. 2013. An evidence-based consensus for the classification of arbuscular mycorrhizal fungi (*Glomeromycota*). *Mycorrhiza* 23: 515-531.
- Schenck N.C., Pérez Y. 1990. Manual for the identification of VA mycorrhizal fungi. Published by Synergistic Publications Gainesville, USA. 286 p.
- Vázquez A.A., Bautista A.N. 1993. Guía para interpretar el análisis químico de suelo y agua. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de suelos. 29 p.
- Walker C. 1983. Taxonomic concepts in the Endogonaceae: Spore wall characteristics in species descriptions. *Mycotaxon* 18: 443-455.
- Wassenegger M. 2002. Gene silencing – based disease resistance. *Transgenic Research* 11: 639-653.
- <http://invam.caf.wvu.edu/fungi/taxonomy/speciesID.htm>



# RENTABILIDAD DE LA REPRODUCCIÓN DE ENEMIGOS NATURALES DE ÁCAROS DEL PAPAYO (*Carica papaya* L.)



## PROFITABILITY ON THE REPRODUCTION OF NATURAL ENEMIES OF PAPAYA (*Carica papaya* L.) RED SPIDERS

Reyes-Pérez, N.<sup>2</sup>; Platas-Rosado, D.E.<sup>1</sup>; Villanueva-Jiménez, J.A.<sup>1\*</sup>; Abato-Zárate, M.<sup>2</sup>; Vargas-Mendoza, M.C.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados, *Campus* Veracruz. Programa de Postgrado en Agroecosistemas Tropicales y Línea Prioritaria de Investigación en Agroecosistemas Sustentables. (nreyes@colpos.mx, dplatas@colpos.mx, mvargas@colpos.mx). <sup>2</sup>Universidad Veracruzana, *Campus* Xalapa, Facultad de Ciencias Agrícolas.

\*Autor responsable: javj@colpos.mx

### RESUMEN

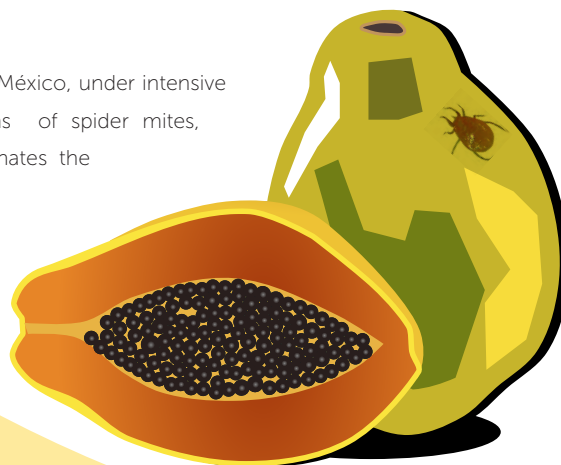
La producción de papayo en la zona Centro del estado de Veracruz, México bajo manejo intensivo es altamente rentable. El cultivo presenta altas poblaciones de ácaros plaga, controladas comúnmente con acaricidas. Sin embargo, esta práctica contamina el ambiente, deja residuos en la fruta, intoxica a los aplicadores y promueve el rápido desarrollo de la resistencia a plaguicidas en los ácaros. Se puede lograr un control biológico efectivo de la plaga con ácaros depredadores, pero para lograrlo estos se deben producir masivamente. Por ello se evaluó la viabilidad técnica y económica de establecer un Centro de Reproducción Masiva de *Phytoseiulus persimilis* en la zona Centro de Veracruz. Se calculó la tasa interna de rentabilidad (TIR), el valor actual neto (VAN) y el beneficio/costo (B/C) en un horizonte de cinco años, con tres variaciones de precio del producto por hectárea: (MX) \$1,000, \$1,250 y \$1,500. Se solicitó la opinión de los productores mediante una encuesta respecto al producto que generaría el Centro. El proyecto muestra rentabilidad aceptable, con valores de TIR de 41.5, 115.6 y 187.2 %; una VAN de \$411,368, \$1'633,913 y \$2'837,815, para los tres precios del producto; y relación B/C de 1.01 en el primer año con el precio más bajo de producto, hasta 1.83 con el precio más alto obtenido en el quinto año. La principal competencia en la región es la venta de acaricidas como dicofol, abamectina, óxido de fembutatín e imidacloprid. El 61.4 % de los productores está dispuesto a utilizar ácaros depredadores a un costo de \$1,000 por hectárea. Debido a que este producto no puede ser almacenado por largos periodos, el éxito depende de una producción coordinada con grupos de productores.



**Palabras clave:** *Phytoseiulus persimilis*, *Tetranychus merganser*, viabilidad económica.

### ABSTRACT

The papaya tree production in the central zone of the state of Veracruz, México, under intensive management, is highly profitable. The crop presents high populations of spider mites, commonly controlled with acaricides. However, this practice contaminates the environment, leaves residues in the fruit, causes poisoning of applicators and promotes the fast development of resistance to pest-control substances in the acari. An effective biological control of the pest can be achieved with predatory mites, massively produced. Therefore, the technical and economic viability of establishing a Center for Massive Reproduction of *Phytoseiulus persimilis* in the central area of Veracruz was evaluated. The internal rate of return (IRR), the net





present value (NPV) and the benefit/cost (B/C) were calculated in a horizon of five years, with three variations of price of the product per hectare: (MX) \$1,000, \$1,250 and \$1,500. The opinion of producers was requested through a survey regarding the product that the Center would generate. The project shows acceptable profitability, with IRR values of 41.5, 115.6 and 187.2 %; NPV of \$411,368, \$1'633,913 and \$2'837,815, for the three prices of the product; and B/C relation of 1.01 in the first year with the lowest price of the product, up to 1.83 with the highest price obtained on the fifth year. The main competition in the region is the sale of acaricides such as dicofol, abamectin, fenbutatin oxide and imidacloprid. Of the producers, 61.4 % are willing to use predatory mites at a cost of \$1,000 per hectare. As this product cannot be stored for long periods, the success lies in a production coordinated with groups of producers.

**Keywords:** *Phytoseiulus persimilis*, *Tetranychus merganser*, economic viability.

## INTRODUCCIÓN

**El cultivo** de papayo (*Carica papaya* L.) en México, ocupa el sexto lugar en producción y el primero en exportación del fruto a nivel mundial. En el estado de Veracruz se cultiva 43.3% de la superficie nacional dedicada al papayo. A pesar de las dificultades que se presentan para lograr el ingreso del producto al mercado internacional, se vislumbra un incremento en la demanda en los próximos años, sobre todo en EUA (Duniesky y Portal, 2013), lo que representa escenarios positivos para el cultivo.

En la región Central del estado de Veracruz, México, las especies de ácaros que causan daños económicos al papayo son *Tetranychus merganser*, *T. urticae*, *Eotetranychus lewisi* y *E. banksi*, donde los plaguicidas representan su principal forma de control (Abato et al., 2011). El control químico frecuente propicia que los organismos plaga desarrollen resistencia a los ingredientes activos, perdiendo efectividad y fomentando el uso de mayores dosis (Van Driesche et al., 2007). Otro aspecto de lo anterior, es la demanda de nuevos productos que pueden incrementar los costos de control y aumentar negativamente el impacto ambiental y económico, ge-

nerando el efecto espiral de los plaguicidas (Barrera et al., 2008). Se han identificado en la región de Veracruz, especies depredadoras como *Galendromus helveolus* y *Euseius hibisci* (Abato, 2011), sin embargo, el control químico generalizado, puede estar propiciando un desequilibrio al eliminar los ácaros depredadores y permitir que las arañas rojas (*Tetranychus* spp.) re-infesten las plantas.

Autores como Reyes (2012) han demostrado que el ácaro depredador *Phytoseiulus persimilis*, obtenido comercialmente, se alimenta de todos los estados de desarrollo de *T. merganser* (Figura 1), aunque sus parámetros poblacionales indican que no se establecerá en la huerta si se alimenta únicamente de este ácaro. Este depredador puede utilizarse como control biológico de ácaros del papayo por inundación, cuando las poblaciones de depredadores naturales no estén en los niveles poblacionales adecuados. Para que el control biológico pueda ser la base del manejo de ácaros plaga en esta región, debe ser eficiente y a costos competitivos (Romo et al., 2007). Actualmente todos los ácaros depredadores comerciales utilizados en México, incluyendo *P. persimilis* (Figura 2), son importados de Holanda y EUA, a un costo



**Figura 1.** Ácaro plaga del papayo (*Carica papaya*), A: Adulto de *Tetranychus merganser*, B: Edeago de *T. merganser*.





**Figura 2.** Ácaro adulto *Phytoseiulus persimilis*, depredando sobre ninfas de tetraníquidos en papayo (*Carica papaya*).

cercano a \$5,000 pesos por hectárea, según la especie y presentación del producto, considerando que la dosis mínima recomendada en frutales es de 60,000 depredadores por hectárea. La producción de un organismo de control biológico requiere de instalaciones adecuadas, tal y como lo especifica la Organización de Protección de las Plantas (NAPPO, 2004). Además, deben realizarse procesos meticulosos, que incluyen el transporte y la aplicación del producto. Lo que motivó a evaluar la viabilidad técnica y económica de establecer un Centro de Reproducción Masiva de *P. persimilis* (CEREMAPP) cercano a la zona productora de papayo del estado de Veracruz.

Con base en lo anterior, se evaluó la viabilidad económica de un CEREMAPP mediante un plan de negocios, con el fin de determinar la rentabilidad del control biológico de ácaros del papayo (*Carica papaya* L.) en la región central del estado de Veracruz, México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Análisis Financiero

Se evaluó la viabilidad económica de un CEREMAPP mediante un plan de negocios, con base en la metodología sugerida por Hernández (2006) y Entrepreneur (2006). El plan de negocios incluyó al plan financiero de las instalaciones, equipo, consumibles y personal, y los ciclos productivos para cuatro naves en producción escalonada. Los cálculos se hicieron para un periodo de cinco años con una duración mínima de cada ciclo productivo de dos meses, y su relación con los ingresos planificados. Los costos se calcularon de acuerdo a los requerimientos y directrices para la cría masiva de ácaros depredado-

res sugeridos por la NAPPO (2004). Debido a que se trata de organismos vivos, se manejó un factor de eficiencia de 80% en el proceso productivo y 90% para el transporte. Se aplicó un incremento por inflación de 5% anual en costos y precios de venta. Se calcularon los costos e ingresos para obtener la tasa interna de rentabilidad (TIR), el valor actual neto (VAN) y la relación beneficio/costo (B/C) con un horizonte de cinco años como indicadores para conocer la viabilidad económica de una empresa (Torres et al., 2009; Terrones y Sánchez, 2011).

### Costos iniciales

Los costos de inversión hasta el inicio del CEREMAPP ascendieron a \$1'232,620; incluye costo del terreno, cuatro naves, equipo de laboratorio e instalaciones adecuadas para el manejo, empaque y almacenaje del producto, entre otros. Considera la adquisición de equipo de energía eléctrica en caso de fallos en el suministro. Los costos fijos y variables se presentan por año en el Cuadro 1, con incrementos anuales debido a ajustes por inflación; no incluyeron costos de inversión, sólo costos para la producción. Los costos fijos incluyeron sueldos de trabajadores, especialistas, técnicos, administrativos y de mantenimiento. Los costos variables consideraron al suelo, fertilizantes, semilla, reactivos de laboratorio, envases, etcétera (Cuadro 1). Se plantearon tres escenarios de precio por hectárea tratada con depredadores: \$1,000, \$1,250 y \$1,500, considerando que se requieren seis dosis de 10,000 depredadores. También se plantearon escenarios de ventas de producto de 50%, 75% y 100%. El 100% de producción del CEREMAPP sería su máxima capacidad, al generar 6,048 dosis de 10,000 depredadores cada una, cantidad suficiente para cubrir 1,008 hectáreas en una aplicación (60,000 individuos depredadores por hectárea), que se aproxima a la superficie sembrada de papayo en la región Centro del estado

**Cuadro 1.** Costos fijos, variables y de producción masiva de ácaros depredadores para control de ácaros plaga en *Carica papaya* en un horizonte de cinco años en Veracruz, México.

Año	Costos fijos (MX\$)	Costos variables (MX\$)	Total (MX\$)
1	1'043 642	288 010	1'331 652
2	1'095 824	322 518	1'418 342
3	1'150 615	328 468	1'479 084
4	1'208 146	341 442	1'549 588
5	1'254 661	355 012	1'609 674

de Veracruz. Badii y colaboradores (2000) mencionan que por cada dólar estadounidense gastado por la Universidad de California (EUA) en la importación de enemigos naturales, la cría masiva y liberación, ha generado hasta 2,500% de beneficio, traducido en prevenir la reducción del rendimiento del cultivo y menor costo económico de control de plagas.

### Estudio de mercado

Para estimar el volumen del producto a comercializar, definir el tamaño total del mercado objetivo, así como el segmento del mercado de la empresa e identificar la competencia (Hernández, 2006), se realizó una encuesta a 20 productores del Consejo Estatal de Productores de Papayo del Estado de Veracruz, A.C., y a 24 productores no asociados, capturando las variables: datos del productor, predio, opinión ante contaminación ambiental por plaguicidas y su aceptación al uso del producto biológico. La actitud ambientalista pudiera influir en el mercado, por lo que se incluyeron dos preguntas con la técnica de Likert (Hernández *et al.*, 2008), con afirmaciones calificadas por los encuestados: Muy de acuerdo (5), De acuerdo (4), Ni de acuerdo ni en desacuerdo (3), En desacuerdo (2) y Muy en desacuerdo (1). La calificación [Suma total de puntos / (núm. afirmaciones) \* (núm. cuestionarios)], permitió considerar una afirmación positiva (>3) o negativa (<3) (Hernández-Castro *et al.*, 2008).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para establecer un buen negocio, la tasa de rendimiento mínima aceptada es de 11.7%, compuesta por la tasa de rendimiento en Certificados de la Tesorería del Gobierno Mexicano (CETES) a plazo anual, cotizados en julio de

2012 y ajustada por la inflación (0.7 %), la tasa de riesgo de la tasa de intereses (3%), la tasa de riesgo del país (2%), la tasa de riesgo del sector (3%) y la tasa de riesgo del proyecto (3%). La TIR encontrada va de 41.5% con el precio de producto más bajo a 187.2% con el precio de venta del producto más alto y con ventas al 100%. Un proyecto es aceptable si la TIR es igual o mayor a la tasa de rendimiento mínima aceptable (Torres *et al.*, 2009), y en este proyecto todos los casos presentaron una considerable diferencia con la tasa mínima aceptada (Cuadro 2).

El VAN de los diferentes precios de producto es positivo, por lo que el proyecto sería rentable si las ventas son del 100%. La relación B/C muestra que el proyecto es rentable con el costo de producto más bajo (\$1,000 por dosis  $\text{ha}^{-1}$ ) si se logra 100% de ventas del producto. Con los precios de \$1,250 y \$1,500 por cada dosis por hectárea, el proyecto es rentable aunque las ventas del producto sean de 75%, no así si las ventas son de 50%.

La relación B/C mejora después del primer año. Romo *et al.* (2007) sugiere incluir en la relación B/C los beneficios por prevenir el desarrollo de resistencia del organismo plaga a los plaguicidas, y Dahlsten *et al.* (2000) proponen incluir los beneficios por los servicios ambientales indirectos. Dahlsten *et al.* (1998) indican que el control biológico de *Ctenarytaina eucalypti* redujo los costos al evitar el uso de insecticidas con B/C de 9:1 a 24:1. En el presente caso, los indicadores TIR, VAN y B/C mostraron que el proyecto sería económicamente viable si se producen los depredadores con 80% de eficiencia. Soto *et al.* (2010) reconocen una empresa económicamen-

**Cuadro 2.** Indicadores de factibilidad económica de producción masiva de depredadores para control de ácaros plaga en *Carica papaya* en un horizonte de cinco años en Veracruz, México.

Indicador	MX\$1 000 $\text{ha}^{-1}$			MX\$1 250 $\text{ha}^{-1}$			MX\$1 500 $\text{ha}^{-1}$		
	50	75	100	50	75	100	50	75	100
TIR (Ventas 100 %)	41.5 %			115.6 %			187.2 %		
VAN (Ventas 100 %)	MX\$411 368			MX\$1'633 913			MX\$2'837 815		
Relación Beneficio/Costo	Ventas (%)			Ventas (%)			Ventas (%)		
	50	75	100	50	75	100	50	75	100
Año 1	0.51	0.76	<b>1.01</b>	0.63	0.95	<b>1.27</b>	0.76	1.13	<b>1.51</b>
Año 2	0.62	0.93	<b>1.24</b>	0.78	1.17	<b>1.55</b>	0.93	1.39	<b>1.86</b>
Año 3	0.60	0.90	<b>1.20</b>	0.75	1.13	<b>1.51</b>	0.90	1.35	<b>1.80</b>
Año 4	0.60	0.90	<b>1.21</b>	0.76	1.13	<b>1.51</b>	0.90	1.35	<b>1.81</b>
Año 5	0.61	0.91	<b>1.22</b>	0.76	1.14	<b>1.53</b>	0.91	1.37	<b>1.83</b>

te viable aun con valores ligeramente menores en estos indicadores, para un horizonte de cinco años y consolidar la empresa; en este estudio considerando 75% de ventas y precios medios, la rentabilidad financiera se ve garantizada desde el segundo año. El costo más bajo de producto (\$1,000.00 por hectárea) coincide con el que la mayoría de los productores están dispuestos a pagar, por lo que la empresa deberá buscar la mayor cantidad de ventas posibles para generar ganancias.

De los 44 productores entrevistados, la edad promedio fue 53.2 años, con una sola mujer. La escolaridad promedio fue 4.8 años (quinto de primaria), que puede explicar por qué pocos productores llevan bitácoras de actividades, costos e ingresos del cultivo. La experiencia promedio en el cultivo fue de 13.7 años; con productores cultivando de manera permanente. Los pequeños productores manifestaron pocos años de experiencia, aunque algunos contaban con más experiencia en papaya tipo "Cera". De los pertenecientes a la asociación de productores, 75% afirmó estar asociados por tener acceso a financiamiento y 25% indicaron que les permite mejorar su productividad.

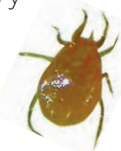
### Características de los predios

Los entrevistados tienen sus predios en los municipios de Puente Nacional, Cotaxtla, Actopan, Soledad de Doblado, Medellín y Jamapa, Veracruz, con extensión promedio de 3.6 ha; 19 de estos predios son de temporal, dos cuentan con riego por gravedad y 23 con riego por goteo y cintillas. La producción de 22.7% de los predios es para mercado local, 47.7% llega al mercado regional, 27.3% al nacional y sólo 2.3% se exporta. La producción promedio mencionada es de 46.5 t ha<sup>-1</sup>, con precio promedio de \$2.91 por kg de fruto. El poco control de las condiciones de humedad del suelo que enfrentan gran parte de los productores entrevistados, aunado a la pequeña superficie que pueden dedicar al cultivo, contribuye en parte a que no se alcance la calidad ni el volumen de producción para aumentar el volumen de exportación.

En opinión de los productores, sus principales problemas incluyen la inestabilidad del precio de venta, plagas, financiamiento, agua, disponibilidad de mano de obra, costo de insumos y falta de organización, que coincide con lo encontrado por Abato et al. (2011) en la misma región. La inversión promedio aplicada a las plantaciones es de \$57,561 por hectárea.



Los problemas fitosanitarios identificados en orden de importancia fueron: virus de la mancha anular (VMAP), pelazón de fruto (*Colletotrichum gloeosporioides*) y ácaros; en menor medida mencionan pudrición de tallo, chicharritas, pulgones y daños por sol. Rivas-Valencia et al. (2002) citan que la presencia de pelazón y anillos virales en la fruta reduce la calidad del fruto, además, los productores en transición son altamente dependientes del intermediarismo en el mercadeo; la falta de organización los enfrenta a la inestabilidad de precios y limita su acceso a mercados internacionales. El 61.4% de los productores recibe asesoría por parte de las compañías distribuidoras de agroquímicos. El 25% manifiesta recibir asesoría por parte de alguna institución como INIFAP, Colegio de Postgraduados o de otras instituciones; 2.3% lo hace de manera privada y 11.4% afirma no recibir asesoría y son aconsejados de forma eventual por los demás productores.



Los acaricidas más adquiridos son AK-20 (dicofol), Agrimec (abamectina), Talstar (bifen-trina), Dicofol (dicofol), Azadiracta (azadiractina), Torque (óxido de fenbutatín), Avolant (fenpyroximate) y Confidor (imidacloprid). La preferencia por un acaricida depende principalmente de la efectividad que el productor haya observado y de su precio. Los principales centros de venta de acaricidas se encuentran en ciudad Cardel, municipio de La Antigua y en Cotaxtla, ambos en Veracruz. El 54.5% mencionó que aplica sólo si ve daños en muchas plantas, 43.2% cuando ve ácaros en algunas plantas y sólo 2.3% aplica si registra alta cantidad de ácaros en varias plantas, similar a lo reportado por Agnello et al. (2003), y a este respecto, Abato (2011) menciona una tolerancia máxima del productor a la presencia de ácaros plaga, de un acaro por hoja.

### Actitud ambientalista de productores

Los productores registraron una actitud positiva (3.97 en escala Likert) en relación a la consciencia sobre el daño que causan los plaguicidas en el ambiente; apoyan que se busquen formas más sanas de producir sin causar daños al ambiente, lo cual también ha sido documentado por Infante (2008) y Prokopy et al. (1980). En cuanto a quién debe pagar por daños ambientales causados por plaguicidas, 52% creen que todos deberían pagarlo, 18.2% piensa que es responsabilidad del gobierno, y 11.36% indica que debe ser el consumidor, aunque 18.2% opinó que nadie debería pagar los daños al ambiente. Muñoz y Ávila (2005) indican que ni productores

ni consumidores pagan los costos ambientales derivados de su uso, y proponen un impuesto relacionado al grado de toxicidad del agroquímico empleado. A pesar de que existe consciencia del daño ambiental, la necesidad de llevar a buen término su inversión impide que se minimice su uso. Opinan además, que para reparar cualquier daño al ambiente, sería factible el uso de subsidios obtenidos por el pago generalizado de impuestos nacionales o locales, aplicables durante el estibado o empaquetado de la fruta.

Para conocer los agroquímicos comerciales que se ofrecen a los productores de papayo, se realizó una encuesta a casas distribuidoras cercanas a la región de estudio, ubicadas en Cotaxtla, Soledad de Doblado, La Antigua y Xalapa, registrando que se ofrecen 31 productos diferentes para el control de ácaros; sin embargo AK-20, Agrimec, Talstar y Confidor representaron 42.2% de las ventas totales.

El 77.3% de los productores entrevistados no conoce el concepto de control biológico y ninguno ha aplicado algún tipo de control biológico en papayo. Sin embargo, en general se muestran abiertos a probarlo, de tal forma que 61.4% mencionó estar dispuesto a utilizar el control biológico de ácaros depredadores, si garantiza efectividad similar a la de los plaguicidas que usan; 11.1% estaría disponible a pagar hasta \$500 por este control, 63.0% hasta \$1,000., 22.2% hasta \$2,000 y 3.7% hasta \$3,000.

### Costos dirigidos al control de ácaros

En el sistema más aproximado al que usan los productores media-

nos, Guillén-Sánchez (2000) calculó un costo por hectárea de \$70,000. Además del incremento del costo de insumos, el presente estudio incluyó costos de administración de los productores, transporte de insumos y una modalidad en la venta del producto que está apareciendo recientemente, donde el productor carga con el costo de corte y empaque, y el intermediario agrega este costo al precio del producto. Puede notarse una amplia diferencia en cuanto a inversión en la producción por hectárea entre los pequeños productores, y los medianos o grandes productores, asociado a los diferentes sistemas de producción. Los pequeños producen en temporal (lluvias), mientras que medianos y grandes productores usan sistemas de riego, tanto por gravedad como de goteo y uso de cintilla. El sistema de riego implica mayor inversión pero se compensa con mayor producción. Los pequeños productores mencionan producciones menores a 20 t ha<sup>-1</sup>, y los medianos y grandes aproximadamente 100 t ha<sup>-1</sup>.

El control de ácaros absorbe de 6.9% a 10.5% del costo total de producción de papaya (Cuadro 3). La proporción del costo de producción por hectárea para el control de todas las plagas es 26.7%, 33.8% y 37.2% para productores pequeños,

medianos y grandes, respectivamente. Para el control fitosanitario, los pequeños dependen de la disponibilidad de recursos económicos, los medianos y grandes intentan no poner en riesgo su inversión, por lo que al menor indicio de presencia de cualquier plaga aplican agroquímicos, sin embargo, se ha creado dependencia de éstos, de tal forma que su uso, ha inducido a organismos que no eran plagas. Además, problemas como la virosis (VMAP) que se transmiten por pulgones que no habitan el papayo, y que basta con que algunos migrantes se posen e intenten alimentarse en papayo para transmitir la enfermedad que ocurre en segundos, hacen que prácticamente no haya insecticida capaz de detener este proceso (Hernández-Castro *et al.*, 2005). A pesar de ello, se siguen recomendando insecticidas para su control.

Un controlador biológico no puede ser almacenado por largo tiempo comparado con los acaricidas comerciales (Riddick y Wu, 2010); su producción y aplicación se deben programar de manera precisa, por lo que se requiere un plan de acción desde el inicio del cultivo (Koppert, 2014). Actualmente las compañías que introducen depredadores al país hacen su producción bajo pedido (Koppert México, s/f).



**Cuadro 3.** Costo total de producción, de control de plagas y de aplicación de acaricidas por tipo de productor en papayo (*Carica papaya*) en el Centro de Veracruz.

Tipo de productor	Total	Costo por hectárea		(MX\$) Aplicación acaricidas	Aplicación + acaricidas	Costo control ácaros (%)
		Control de plagas	Acaricidas			
Pequeño	18 780	5 016	964	333	1 297	6.91
Mediano	140 107	47 407	11 214	3 533	14 748	10.53
Grande	170 065	63 194	12 245	4 100	16 345	9.62



La viabilidad de este proyecto requiere la coordinación y el compromiso entre los productores de papaya asociados y las empresas productoras de organismos para control biológico. Con la finalidad de lograr mayor eficiencia del producto, se sugiere ofrecer el organismo de control biológico con capacitación para su uso correcto, incluso la aplicación del producto y el seguimiento hasta lograr su efecto deseado (Montaño, 2005). Se debe ofrecer un paquete del manejo mediante control biológico de los ácaros plaga en papayo. Este modelo podría reproducirse en otros cultivos para las condiciones agroecológicas específicas. El uso del control biológico se vería favorecido mediante un incentivo económico o subsidio ambiental del gobierno, para los productores que usen depredadores (Silva Arroyave y Correa Restrepo, 2010), que reduzca además los efectos dañinos en los aplicadores y el consumidor (Duarte y Castañeda, 1991). La implementación del control biológico de ácaros plaga en papayo en la región Centro del estado de Veracruz, conlleva un amplio beneficio social y ambiental. En el mediano o largo plazo evitaría la resistencia de ácaros plaga, lo cual podría contribuir a pasar a esquemas de producción orgánica y mejores mercados (Martínez et al., 2011). Finalmente, el servicio ambiental que ofrece el control biológico evita el vertido de plaguicidas sintéticos al medio.

## CONCLUSIONES

La producción de ácaros depredadores para el control biológico de ácaros plaga es económicamente viable y socialmente recomendable. La competencia más fuerte de *P. persimilis* es la venta y uso de acaricidas sintéticos. En general, los productores son conscientes del daño que los plaguicidas causan al ambiente y están dispuestos a usar agentes de control biológico, si muestran una efectividad similar a la de los productos químicos. La mayoría se encuentra dispuesta a pagar hasta \$1,000 por este servicio.

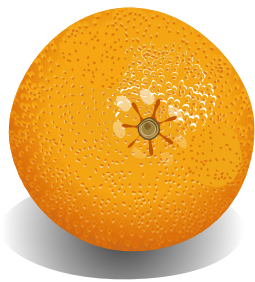
## LITERATURA CITADA

- Abato Z.M. 2011. Manejo integrado de la acarofauna del papayo y su transferencia en el estado de Veracruz. Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados. Campus Veracruz. Programa en Agroecosistemas Tropicales, Veracruz, México. 114 p.
- Abato-Zárate M., Villanueva-Jiménez J.A., Reta-Mendiola J.L., Ávila-Reséndiz C., Otero-Colina G., Hernández-Castro E. 2011. Grupos de crecimiento productivo simultáneo (GCPs): innovación en el manejo de ácaros plaga del papayo. *Trop Subtrop Agroecosyst* 13: 397-407.
- Agnello A.M., Reissig W.H., Kovach J., Nyrop J.P. 2003. Integrated apple pest management in New York State using predatory mites and selective pesticides. *Agric Ecosyst Environ* 94: 183-195.
- Badii M.H, Flores E.A., Galan Q.L.J. 2000. Fundamentos y Perspectivas del Control Biológico. Univ. Autó. Nuevo León. México. 462 p.
- Barrera J.F., Toledo J., Infante F. 2008. Manejo integrado de plagas: Conceptos y estrategias. In: Toledo J., Infante F. (eds.). *Manejo Integrado de Plagas*. Trillas. México. pp. 13-33.
- Dahlsten D.L., Hansen E.P., Zuparko R.L., Nogaard R.B. 1998. Biological control of the blue glum psyllid proves economically beneficial. *Calif Agric* 52: 35-40.
- Dahlsten D.L., Rowney D.L., Lawson A.B., Chaney W.E., Robb K.L., Costello L.R., Kabashima J.N. 2000. The red gum lerp psyllid, a new pest of eucalyptus species in California. pp. 45-50. In: Jones S.M., Adams D.M., Rios J.E. (eds.). *Proc. 48th Ann Meeting Calif Forest Pest Council*. California Department of Forestry and Fire Protection. Sacramento, Nov 18-19, 1999.
- Duarte F., Castañeda C. 1991. Efecto de los plaguicidas en Honduras. *Rev Méd Hondur* 59: 155-158.
- Duniesky F. M., Portal B.M. 2013. La competitividad en las exportaciones de papaya de México: un análisis cuantitativo. *Perspectivas* 7(2): 27-54.
- Entrepreneur. 2006. Plan de negocios. En línea: <http://www.soyentrepreneur.com/home/index.php?idNota=1062&p=nota>.
- Guillén-Sánchez D. 2000. Plagas y enfermedades del papayo. In: Fuentes-Dávila G., Castillo-Ponce G. (eds.). 2000. *Fitosanidad de Cultivos Tropicales*. Sociedad Mexicana de Fitopatología A.C. México. pp. 46-53.
- Hernández G.J.J. 2006. Guía para Elaborar un Plan de Negocios. Unidad Politécnica para el Desarrollo y la Competitividad Empresarial. IPN. México. 38 p.
- Hernández S.R., Fernández-Collado C., Bautista L.P. 2008. Metodología de la Investigación. 4a ed. McGraw Hill Interamericana, México. 850 p.
- Hernández-Castro E., Utrera-Landa V., Villanueva-Jiménez J.A., Rodríguez-Lagunes, D. A., Ojeda-Ramírez M.M. 2005. Neem extracts on *Aphis nerii* behavior and papaya ringspot virus transmission. *J Agric Univ Puerto Rico* 89(1-2): 75-84.
- Hernández-Castro E., Martínez-Dávila J.P., Gallardo-López F., Villanueva-Jiménez J.A. 2008. Aceptación de una nueva tecnología por productores ejidales para el manejo integrado del cultivo del papayo. *Trop Subtrop Agroecosyst* 8(3): 279-288.
- Infante F. 2008. Uso de parasitoides y depredadores en el manejo integrado de plagas. In: Toledo J., Infante F. (eds.) *Manejo Integrado de Plagas*. Trillas México. pp. 93-104.
- Koppert. 2014. Swirski-mite LD keeps pests under control effectively. Koppert Biological Systems. *Biojournal* 15: 12.
- Koppert México. (s/f). SPIDEX® *Phytoseiulus persimilis*. Ficha Técnica. 2 p. [http://www.koppert.com.mx/pdf/fichas\\_tecnicas/SPIDEX.pdf](http://www.koppert.com.mx/pdf/fichas_tecnicas/SPIDEX.pdf)
- Martínez S.G.M., Oaxaca T., Guerra M.R. 2011. Productos orgánicos; agronegocio exitoso en México. *Rev Mex Agronegocios* XV(28): 503-513.
- Montaño S.F.A. 2005. *Mercadotecnia. Investigación y Análisis para el Éxito*. Trillas. México. 352 p.
- NAPPO. 2004. Norma Regional sobre Medidas Fitosanitarias No. 22. Directrices para la construcción y operación de una instalación

- de contención para insectos y ácaros que se utilizan como agentes de control biológico. Secretaria de la Organización Norteamericana de Protección de las Plantas. Ottawa, Ontario, Canadá. 10 p.
- Prokopy R.J., Coli W.M., Hislop R.G., Hauschild K.J. 1980. Integrated management of insect and mite pest in commercial apple orchards in Massachusetts. *J Econ Entomol* 73: 529-535.
- Reyes P.N. 2012. Implementación del Control Biológico de *Tetranychus merganser* Boudreaux, ácaro plaga de papayo en Veracruz, México. Tesis doctoral. Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. Programa de Agroecosistemas Tropicales. Veracruz, México. 85 p.
- Reyes-Pérez N., Villanueva-Jiménez J.A., Vargas-Mendoza M.C., Cabrera-Mireles H., Otero-Colina G. 2013. Parámetros poblacionales de *Tetranychus merganser* Boudreaux (Acari: Tetranychidae) en papayo (*Carica papaya* L.) a diferentes temperaturas. *Agrociencia* 47: 147-157.
- Riddick E.W., Wu Z. 2010. Potential long term storage of the predatory mite *Phytoseiulus persimilis*. *BioControl* 55: 639-644.
- Rivas-Valencia P., Mora-Aguilera G., Teliz-Ortiz D., Mora-Aguilera A. 2002. Influencia de variedades y densidades de plantación de papayo (*Carica papaya* L.) sobre las epidemias de mancha anular. *Rev Mex Fitopatol* 21(2): 109-116.
- Romo L.J.L., García J.J., Cibrián T.D., Serrano G.E. 2007. Análisis económico del control biológico del psílido del eucalipto en la ciudad de México. *Rev Chapingo Serie Cienc For Amb* 13(1): 47-52.
- Silva Arroyave S.M., Correa Restrepo F. 2010. Los instrumentos económicos como incentivos a la internalización de costos ambientales en empresas floricultoras. *Pensamiento & Gestión* (Universidad del Norte). 29: 25-55.
- Soto Z.M., Magaña M.E., Kiessling D.C.M., Licon T.L.P., Hernández S.J., Villarreal R.V.H. 2010. Análisis de mercado económico y financiero para instalar un centro de acopio y envasado de miel en Delicias, Chihuahua, México. *Rev Mex Agroneg* XIV(27): 360-373.
- Terrones C.A., Sánchez T.Y. 2011. Análisis de la rentabilidad económica de la producción del jitomate bajo invernadero en Acaxochitlán, Hidalgo. *Rev Mex Agroneg* XV(29): 752-761.
- Torres S.G., Prado V.V.H., Rivera E.M.P. 2009. Evaluación Financiera de dos sistemas de riego, goteo y gravedad en el cultivo de caña de azúcar en Zapotiltic Jalisco, México (Parte I). *Rev Mex Agroneg* XIII(24): 798-806.
- Van Driesche R.G., Hoddle M.S., Center T.D. 2007. Control de plagas y malezas por enemigos naturales. USDA Forest Service. Florida, USA. 751 p.



# ANÁLISIS COMPETITIVO DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE NARANJA (*Citrus sinensis*) EN NUEVO LEÓN, MÉXICO



## COMPETITIVE ANALYSIS OF ORANGE (*Citrus sinensis*) PRODUCTION SYSTEMS IN NUEVO LEÓN, MÉXICO

Magdaleno-Hernández, A.<sup>1\*</sup>; García-Salazar, J.A.<sup>1</sup>; Omaña-Silvestre, J.M.<sup>1</sup>; Hernández-Romero, O.<sup>1</sup>; Cruz-Galindo, B.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Economía y Desarrollo Rural. Campus Montecillo; Colegio de Posgraduados. Km. 36.5 Carretera México-Texcoco, Montecillo, Texcoco, Estado de México, C.P. 56230.

\*Autor responsable: magdaleno.adalberto@colpos.mx

### RESUMEN

Con el objetivo de identificar oportunidades de competitividad comercial en el sector citrícola de Nuevo León, México, se evaluó la competitividad y ventajas comparativas de sistemas de producción de naranja (*Citrus sinensis*), con énfasis en el método de riego. Se usó la metodología Matriz de Análisis de Política (MAP), que incluye cálculo de ingresos, costos y rentabilidades a precios privados y económicos, así como, la cuantificación de transferencias provocadas por intervención gubernamental y existencia de imperfecciones de mercado. La MAP se construyó para los sistemas de producción con riego rodado, bombeo, aspersión, micro-aspersión y goteo usando información del ciclo agrícola 2011, registrando como resultados, que la rentabilidad privada en los sistemas fue de entre \$197 y \$8,413 pesos ha<sup>-1</sup>, sugiriendo que todas las tecnologías son competitivas, sin embargo, bajo condiciones de eficiencia económica, sólo la micro-aspersión y goteo, tuvieron rentabilidad económica positiva de \$10,271 y \$16,586 pesos ha<sup>-1</sup>, indicando ventajas comparativas entre éstas. El efecto de la política sectorial y macroeconómica, así como, la existencia de barreras fitosanitarias, no generan protección ni incentivos para ninguna tecnología, concluyendo que la actividad citrícola de Nuevo León es sostenible, resaltando que el riego rodado, bombeo y aspersión son ineficientes con rentabilidad social negativa.

**Palabras clave:** Competitividad, eficiencia económica, Matriz de Análisis de Política.

### ABSTRACT

With the objective of identifying opportunities for commercial competitiveness in the citrus sector of Nuevo León, México, the competitiveness and comparative advantages of orange (*Citrus sinensis*) production systems was evaluated, with an emphasis on the irrigation system. The methodology of Policy Analysis Matrix (PAM) was used, which includes a calculation of income, costs and profitability at private and economic prices, as well as the quantification of transfers provoked by government intervention and the existence of market imperfections. The PAM was built for production systems with flood, pump, spray, micro-spray and drip irrigation using information from the 2011 agricultural cycle, recording as results that private profitability in the systems was between \$197 and \$8,413 MX pesos ha<sup>-1</sup>, which suggests that all the technologies are competitive, although only micro-spray and drip irrigation had a positive economic profitability of \$10,271 and \$16,586 MX pesos ha<sup>-1</sup> under conditions of economic efficiency, indicating comparative advantages between them. The effects of the sectorial and macroeconomic policy, and the existence of phytosanitary barriers do not generate protection or incentives for any technology, concluding that the citrus fruit production activity in Nuevo León is sustainable, although flood, pump and spray irrigation are inefficient with negative social profitability.

**Keywords:** Competitiveness, economic efficiency, Policy Analysis Matrix.

## INTRODUCCIÓN

**La naranja** (*Citrus sinensis*) es un producto cítrico importante en México; en el año 2011 se sembraron 335 miles de hectáreas generando una producción de 4,079 miles de toneladas y un valor de 5,903 millones de pesos. En 2011 los principales estados productores fueron Veracruz, San Luis Potosí, Tamaulipas, Puebla y Nuevo León; que concentraron el 84% del total nacional, registrando para este último, 7% de producción; contribuyendo con 23% del Producto Interno Bruto estatal equivalente a 30.7 miles hectáreas y 322 mil toneladas (SIA-CON-SAGARPA, 2011).

Los sistemas productivos del sector cítrico de Nuevo León, son bajo condiciones de riego e incluyen el rodado ("gravedad"), bombeo, aspersión, micro-aspersión y goteo, y el mayor problema comercial para los cítricos en la región es fitosanitario. Actualmente el Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) y el Departamento de Agricultura de EUA (USDA) reconocen a Nuevo León como área de baja prevalencia en mosca mexicana de la fruta (*Anastrepha ludens*), sin embargo, ello no es suficiente para exportar al mercado de EUA. Actualmente el gobierno estatal pretende pasar del status de "zona de baja prevalencia" a "zona libre de mosca de la fruta" mediante acciones para erradicar la plaga en 15 mil hectáreas y obtener el reconocimiento de "zona libre" (CDANL, 2012). Dichas acciones parecen ser una solución a la barrera fitosanitaria y ofrecen importantes beneficios para la cadena cítrica.

Desde la firma del Tratado de Libre Comercio en América del Norte (TLCAN) existían opiniones en relación de los efectos de la apertura comercial sobre el sector cítrico mexicano; planteando que la apertura comercial tendría un impacto marginal sobre este sector, afirmando inclusive que México improvisó el desarrollo de su industria cítrica, ya que la oferta es principalmente afectada por efectos de clima, y que existen barreras fitosanitarias que hacen imposible exportar fruta, y que por lo tanto, era urgente que el gobierno mexicano acelerara las negociaciones con EUA para lograr la aceptación de nuevas medidas fitosanitarias que favorecieran a los productores mexicanos (Gómez *et al.*, 1997; Gómez y Schwentesius, 1999). Tales negociaciones no han logrado que dichas barreras se hayan eliminado y siguen estando presentes en la actualidad. Otros estudios indicaban la existencia de oportunidades comerciales del sector cítrico nacional en los mercados norteamericanos, afirmando que las condiciones actuales de precios y materia prima permiten la sostenibilidad de la industria de jugo de naranja en el estado de Veracruz, y constituye una base importante para un crecimiento en su participación en el mercado de exportación (CEDEFRUT, 2009). Para Nuevo León se afirmaba que el sector podría ser competitivo en mercados globales si se aseguraba la inocuidad (ICSD, 2005), sin embargo, no hay estudios que apoyen esta posición. Lo anterior son opiniones contrarias en relación a la existencia o no de la competitividad en el sector cítrico de México, y particularmente en el Estado de Nuevo León, seguramente las conclusiones de dichos estudios son válidas bajo algunas circunstancias. Aunque es importante mencionar que ninguno de estos estudios determinó con claridad los sistemas productivos que tienen ventajas comparativas

y la capacidad de competir en el mercado mundial de cítricos. Con base en lo anterior, se planteó si la producción de naranja en el Estado de Nuevo León es competitiva, y para ello, se evaluó la competitividad y ventajas comparativas de la producción de naranja, bajo el supuesto de que los sistemas productivos con riego (gravedad, bombeo, aspersión, micro-aspersión y goteo) son competitivos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se empleó la Matriz de Análisis de Política (MAP) desarrollado por Monke y Pearson (1989) y Masters y Winter-Nelson (1995). Los cálculos para su construcción se basaron en los manuales de Gotsch y Pearson (2003); Salcedo (2007), y de la aplicación de la MAP en la agricultura de Indonesia (Pearson *et al.*, 1990; Pearson *et al.*, 2004), partiendo de los costos de producción, clasificándolos en insumos comerciables y factores internos.

Las ganancias, el ingreso y ambos tipos de costos se calculan a precios que se registran en el mercado (privados) y a precios de eficiencia (sociales o económicos). La valuación económica de los precios de los factores internos se hace con base en los costos de oportunidad respectivos, a fin de estimar los valores de escasez que representan el ingreso neto perdido debido a que el factor no está orientado a su mejor uso alternativo. Las diferencias entre los precios privados y económicos se denominan transferencias, y su magnitud refleja la medida en que los precios privados distorsionados difieren de los precios de eficiencia o económicos. El método requiere la construcción de una matriz de acuerdo a Monke y Pearson (1989) (Cuadro 1).



**Cuadro 1.** Estructura de la Matriz de Análisis de Política.

Concepto	Ingreso total	Costo de producción		Ganancia
		Insumos comerciables	Factores internos	
Precios privados	A	B	C	$D=A-B-C$
Precios económicos	E	F	G	$H=E-F-G$
Efectos de política	$I=A-E$	$J=B-F$	$K=C-G$	$L=D-H$

La primera fila de la matriz presenta los ingresos (A), los costos de insumos comerciables (B), los costos de factores internos (C) y las ganancias (D) utilizando precios privados. Un sistema productivo con ganancias privadas positivas es competitivo o rentable. La primera fila de la matriz refleja la realidad del sistema de producción analizado. La segunda fila de la matriz corresponde a un escenario donde no existen distorsiones de mercado. Los ingresos (E), los costos de insumos comerciables (F), el costo de factores internos (G) y las ganancias (H) se contabilizan a precios sociales (económicos o de eficiencia). Un sistema productivo con ganancias sociales positivas es eficiente, y por tanto, tiene ventajas comparativas. La tercera fila de la matriz, obtenida por diferencia, mide las distorsiones de política e imperfecciones de mercado originadas a través del precio del producto (I), precio de los insumos (J), precio de los factores internos (K) y las ganancias (L); y en todos los casos habrá transferencias positivas o negativas, indicando incentivos o desincentivos. Las distorsiones en los precios pueden deberse a una política gubernamental o a fallas en el mercado de factores que no propician la eficiencia. Los sistemas de producción eficientes obtienen ganancias sin ninguna ayuda del gobierno y la magnitud de las fallas de mercado en ellos no son significativas en los efectos de política. Debido a que los ingresos, costos y rentabilidades están contabilizados en pesos  $ha^{-1}$ , se pueden hacer comparaciones con otros sistemas que obtengan el mismo producto final, en este caso la naranja.

### Indicadores

La comparación entre sistemas con diferentes productos finales es posible con la formulación de indicadores, y los más importantes son: 1) El Coeficiente Nominal del Producto (CPNP= $A/E$ ), mide el grado de transferencias por la política comercial y tipo de cambio, si es mayor a uno hay un subsidio implícito al producto; 2) El Coeficiente Nominal de Insumos Comerciables (CPNI= $B/F$ ) que muestra el grado de transferencias en insumos comerciables, si es mayor a la unidad, existe un impuesto

implícito a los insumos; 3) El Coeficiente de Protección Efectiva [ $CPE=(A-B)/(E-F)$ ]; 4) La Eficiencia del Costo Privado (RCP);  $RCP=C/(A-B)$  que es la relación entre los valores agregados a precios de mercado y a precios sociales, si es mayor a la unidad existe un desincentivo para los productores ya que éstos podrían haber obtenido mayor remuneración si enfrentaran un precio económico al producto e insumos; 5) La Eficiencia del Costo de los Recursos Internos  $RCR=[G/(E-F)]$  que indica la existencia ventaja comparativa; 6) El Subsidio Social al Productor ( $SSP=L/E$ ), que indica la proporción en que debe apoyarse al ingreso bruto del productor para mantener su nivel actual de ganancias privadas ante una total apertura comercial; 7) El Equivalente del Subsidio al Productor ( $ESP=L/A$ ) indica la transferencia neta de política al ingreso bruto a precios privados y; 8) El Subsidio a la Ganancia del Productor ( $SGP=D/H$ ) que muestra la proporción en que la ganancia privada excede a la social.

Para determinar los sistemas productivos representativos de Nuevo León y la superficie de cada uno (Cuadro 2), se consideró la información de Gaitán (2002), mientras que la información técnica del cultivo fue obtenida de entrevistas con citricultores y publicaciones del Centro de Investigación Regional del Noreste (CIRNE) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en General Terán Nuevo León. Para definir los valores promedio del rendimiento, costos de producción y coeficientes técnicos, se empleó información obtenida de entrevistas con productores de naranja, complementada con información del Fondo de Aseguramiento Citrícola de Nuevo León. Esto implicó el análisis de 4,580 hectáreas de riego de 121 citricultores, quienes emplearon alguno de los paquetes tecnológicos identificados. La cobertura de la información fue de 18% de la superficie total sembrada de naranja en 2011 equivalente a 25.4 mil hectáreas.

Los precios de mercado por tecnología se obtuvieron mediante promedio simple. Los precios económicos

**Cuadro 2.** Tecnologías de producción de naranja (*Citrus sinensis*) evaluadas.

Sistema productivo	Superficie		Rendimiento ton ha <sup>-1</sup>
	%	Hectáreas	
Gravedad toma directa	44%	11,013	9.42
Gravedad bombeo	28%	7,157	13.67
Microaspersión	24%	6,048	20.08
Aspersión	2.7%	680	14.75
Riego por goteo	1.2%	302	24
Total	100%	25201	

Fuente: Elaborado con información de Gaitán (2002).

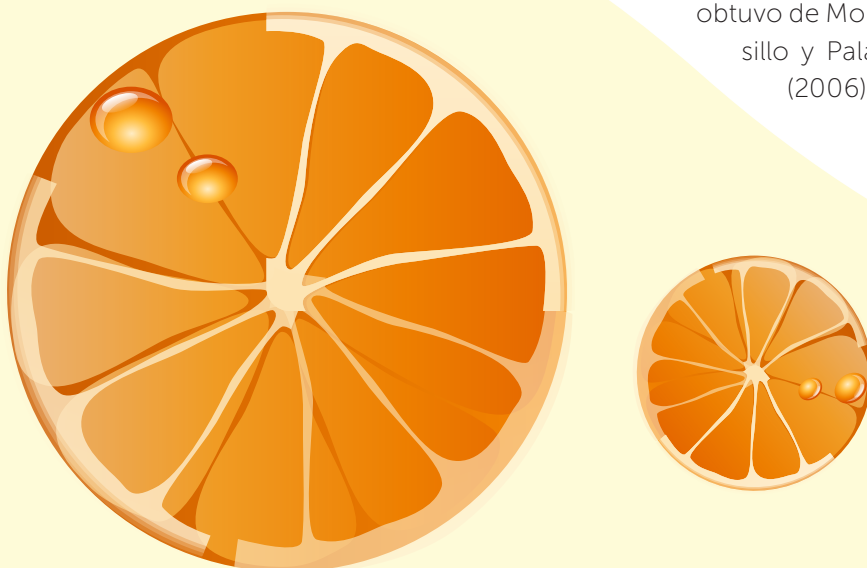
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los Cuadros 3 y 4 ilustran los efectos de política, así como los indicadores de competitividad y ventaja comparativa. La ganancia privada (Cuadro 3) muestra que todas las tecnologías son rentables, y por tanto competitivas dada las política agrícola y económica, aunque aquellas que emplean riego por gravedad tienen menos ganancias por hectárea. El RCP indicó que las tecnologías de micro-aspersión y goteo son más competitivas dado que por cada \$0.56 y \$0.50 invertidos respectivamente en factores internos, generan un valor agregado de \$1.0, es decir el valor agregado de la producción cubre el pago de todos los factores internos más un remanente de utilidad neta. Los sistemas de producción de gravedad-directa, gravedad-bombeo y aspersión también son rentables ya que por cada \$0.97, \$0.91 y \$0.78 invertidos en factores internos generan un valor agregado de \$1.0 respectivamente. La ganancia social es una medida de eficiencia social o de ventaja comparativa, ya que en ella se eliminan los efectos de política y se calcula la rentabilidad que para el país significa una actividad productiva. Considerando los resultados del cuadro 3, las tecnologías de micro-aspersión y goteo presentan ventaja comparativa y podrían haber operado eficientemente sin ninguna política de transferencia. Aquellas tecnologías con ganancias sociales negativas no pueden continuar sin la ayuda de gobierno, ya que sus costos exceden los costos de importación.

El RCR permite realizar un análisis de las ventajas comparativas y dar respuesta a la interrogante sobre qué resulta más económico para un país, importar un bien

de insumos comerciables y del producto se obtuvieron mediante los precios económicos de paridad de importación o exportación, para lo cual se promediaron precios de largo plazo proyectados por el USDA. Estos precios se ajustaron por los costos de comercialización, para hacerlos comparables con los precios de finca. Este ajuste considera la conversión de moneda extranjera a moneda nacional mediante un tipo de cambio de equilibrio, el cual tuvo como año base diciembre de 2003. Se realizó un concentrado del costo y beneficio de las acti-

vidades que se llevan a cabo durante el proceso productivo para una hectárea de cada sistema productivo. Como se trató de un cultivo perenne se estableció un periodo de 14 años (1996-2011), del cual se obtuvo un valor promedio actualizado. De esta manera se analizó el desarrollo productivo de la huerta (una hectárea), desde su establecimiento hasta que se normaliza la producción. Los datos adicionales para la construcción de la MAP se obtuvieron del Banco de México, (BANXICO, 2011), INEGI (2011), Comisión Federal de Electricidad (2011), SIACON-SAGARPA (2011), USDA-NASS (2009), USDA-ERS (2011), y BLS-USDL (2011). La definición del precio económico del agua se obtuvo de Montessillo y Palacio (2006).



**Cuadro 3.** Resultados de la Matriz de Análisis de Política en las diferentes tecnologías.

Concepto	Gravedad directa	Gravedad bombeo	Aspersión	Micro aspersión	Goteo	Promedio
Presupuesto privado en \$ ha <sup>-1</sup>						
(A) Ingresos totales	13,854	20,023	21,472	29,311	34,691	23,870
(B) Insumos comerciables*	5,470	7,269	8,904	11,739	13,696	9,416
(B´) Insumos indirectamente comerciables <sup>¶</sup>	1,064	3,564	3,678	3,328	4,122	3,151
(C) Factores internos	7,122	8,350	6,973	7,999	8,460	7,781
(D) Ganancias	197	840	1,917	6,244	8,413	3,522
Presupuesto económico en \$ ha <sup>-1</sup>						
(E) Ingresos totales	25,372	36,055	38,815	53 109	62 112	43 092
(F) Insumos comerciables*	5,696	6,786	8,124	9 676	11 510	8 358
(F´) Insumos indirectamente comerciables <sup>¶</sup>	795	2,555	2,677	2 466	3 027	2 304
(G) Factores internos	27,970	30,926	29,242	30 696	30 988	29 964
(H) Ganancias	-9,089	-4,213	-1,228	10 271	16 586	2 466
Efectos de Política en \$ ha <sup>-1</sup>						
(I) Por precio de producto	-11,518	-16,032	-17,343	-23,798	-27,420	-19,222
(J) Por precios de insumos comerciables	-225	483	780	2,063	2,186	1,057
(J´) Por precios de insumos indirectamente comerciables	269	1,008	1,001	863	1,095	847
(K) Por precios de factores internos	-20,847	-22,576	-22,269	-22,697	-22,528	-22,184
(L) Efecto total de política	9,285	5,053	3,145	-4,027	-8,173	1,057

\*Incluye fertilizantes, fungicidas, herbicidas, insecticidas, semilla o planta y diésel; <sup>¶</sup>Incluye tractor e implementos agrícolas.

Fuente: Elaboración propia con información de campo.

o producirlo internamente. Los resultados confirman que las tecnologías de micro-aspersión y goteo tienen ventajas comparativas, ya que en ellas el valor de los recursos internos usados en la producción de naranja es inferior al valor de las divisas que se requieren para importar la naranja producida internamente. Las RCR obtenidas para las tecnologías de micro-aspersión y goteo (0.75 y 0.65, respectivamente), significa que se requirieren 75 y 65 centavos de dólar de recursos internos para obtener un dólar por la venta de naranja, o bien, significa que el país ahorra 25 y 35 centavos de dólar al no tener que importar naranja. Por tanto, en un escenario de no intervención del gobierno a través de distorsiones de política agrícola y macroeconómica, al país le conviene más producir naranja mediante dichas tecnologías que importarla.

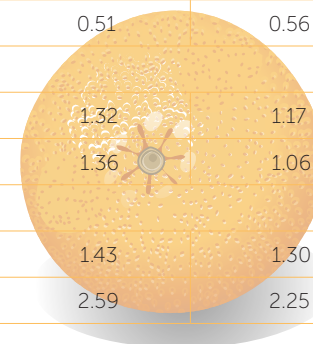
Los sistemas de riego por gravedad, bombeo y aspersión no tienen ventaja comparativa, ya que por cada unidad de divisa invertida en la producción se pierden 1.48, 1.16 y 1.04 unidades respectivamente. Considerando la cobertura de cada tecnología, los resultados de la MAP indicaron que 75% de la superficie de riego destinada a producir naranja no tiene ventaja comparativa, y que sólo un 25% la tiene.

La transferencia negativa sobre el precio del producto, implica que los citricultores pierden en promedio \$19,222 pesos ha<sup>-1</sup> anualmente debido a que obtienen un precio inferior al que obtendrían sin barreras comerciales. La diferencia en los precios se debe principalmente a la política fitosanitaria de EUA, que impide el libre comercio de cítricos.

**Cuadro 4.** Coeficientes de protección y eficiencia en los sistemas de producción de naranja (*Citrus sinensis*) en Nuevo León, México.

Indicadores	Gravedad	Bombeo	Aspersión	Micro aspersión	Goteo	Promedio
Coeficientes de protección						
CPNI	0.96	1.07	1.1	1.21	1.19	1.11
CPNIIC	1.34	1.39	1.37	1.35	1.36	1.36
CPNP	0.55	0.56	0.55	0.55	0.56	0.55
CPE	0.39	0.34	0.32	0.35	0.35	0.35
Relaciones de eficiencia						
RCP	0.97	0.91	0.78	0.56	0.5	0.75
RCR	1.48	1.16	1.04	0.75	0.65	1.02
Relaciones de subsidios						
SSP	0.37	0.14	0.08	-0.08	-0.13	0.08
ESP	0.67	0.25	0.15	-0.14	-0.24	0.14
SGP				0.61	0.51	0.56
Rentabilidad incluyendo tierra						
RRP	1.01	1.04	1.1	1.27	1.32	1.17
RRE	0.74	0.9	0.97	1.24	1.36	1.06
Rentabilidad excluyendo tierra						
RRP	1.19	1.17	1.22	1.39	1.43	1.30
RRE	1.96	1.92	2.09	2.49	2.59	2.25
Consumo intermedio (%)						
PCIP	47	54	51	59	51	53

Fuente: Elaboración propia, a partir de información de campo y bibliografía citada.



Los efectos netos de política sobre el precio del producto (CPNP) indican que la restricción fitosanitaria desprotege al sistema productivo evaluado, ocasionando un impuesto implícito a los sistemas de producción de 55%, dando como resultado un precio del producto final de 45% menor del que tendría en condiciones de eficiencia. Esto resulta de la comparación del precio de mercado de la naranja con el precio económico de paridad de importación.

Las divergencias entre los precios privados y de eficiencia de insumos comerciables e indirectamente comerciables, ocasiona que los

citricultores paguen \$1904 pesos ha<sup>-1</sup> adicionales a lo que deberían pagar por el uso de estos insumos. Debido a la política de apertura comercial que permite la importación de insumos, estas diferencias se explican por la existencia de fallas de mercado. El valor de los coeficientes CPNI y CPNIIC de 1.11 y 1.36, indican que los productores pagan un precio 11% y 36% mayor por la adquisición de insumos, en relación a los precios que pagarían en caso de no existir distorsiones de mercado provocadas por la implementación de políticas distorsionantes. El CPE muestra que el efecto conjunto de política sobre producto e insumos representa desprotección y

desincentivo. El efecto neto de las políticas que afectan los precios del producto y de los insumos, permite que se obtenga sólo 35% del valor agregado que se tendría en condición de eficiencia, lo cual reduce la ganancia privada.

El SGP sólo se pudo obtener para las tecnologías de micro-aspersión y de goteo, e indicó que las distorsiones reducen la ganancia privada en 39% y 49% respectivamente; sólo se obtiene el 61% y 51% de la ganancia que se podría obtener bajo condiciones de eficiencia económica. Por lo tanto, bajo condiciones de ausencia de barreras al comercio internacional, las ganancias que



obtendrían los sistemas de micro-aspersión y goteo se incrementarían 39% y 49% respectivamente.

El SSP mostró la parte proporcional en que debería apoyarse al ingreso bruto del productor para mantener el nivel actual de ganancias privadas ante una total apertura comercial. Las tecnologías de gravedad, bombeo y aspersión son las menos eficientes y necesitarían un apoyo porcentual al ingreso bruto del productor de 33%, 11% y 4% respectivamente, y las tecnologías de micro-aspersión y goteo verían incrementados sus ingresos brutos en 8% y 11% respectivamente sin requerir apoyo adicional.

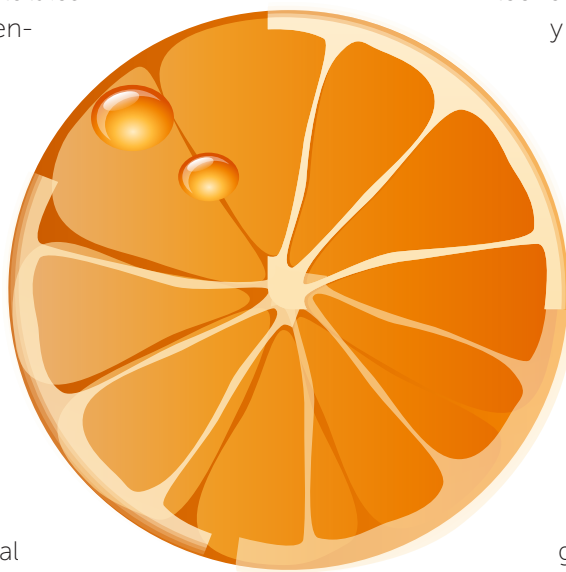
El ESP indicó que las tecnologías de riego por gravedad, bombeo y aspersión reciben una transferencia neta positiva a los ingresos brutos totales a precios privados; esta transferencia representa el 67%, 25% y 15% de dichos ingresos. En el caso de las tecnologías de micro-aspersión y goteo, las transferencias netas de las políticas distorsionantes y fallas de mercado disminuyeron 14% y 24% los ingresos brutos privados. La tierra destinada al cultivo de la naranja en Nuevo León, tiene costo alto de oportunidad, (\$21,500 pesos ha<sup>-1</sup>) que es la ganancia anual promedio que se obtendría al emplear una hectárea al cultivo de hortalizas. Esta situación, considerada como una falla de mercado, explica las diferencias entre la rentabilidad privada y económica, con y sin tierra.

La rentabilidad privada promedio  $[A/(B+C)]$  de la producción de naranja se incrementa en 13% cuando no se considera el valor de la tierra, generando 30% de utilidad neta o ganancia extraordinaria del costo de producción. Esto explicaría parte de los motivos por los cuales los citricultores aún continúan desarrollando esta actividad económica. La rentabilidad económica o social promedio  $[E/(F+G)]$  indica la importancia del valor económico de la tierra, pues la utilidad neta se incrementa en 119% cuando no se considera el valor de ésta. Para lograr una mayor eficiencia en la asignación de la tierra, se deben realizar acciones sobre las tecnologías de gravedad, bombeo y en menor medida en la

de aspersión que permita eliminar la rentabilidad social negativa que actualmente tienen. El consumo intermedio (B/A) promedio de las tecnologías analizadas indicó que la actividad productiva citrícola es sostenible; contribuye al dinamismo de los sectores de la economía productores de insumos con 53% de sus ingresos y el 47% representa la derrama económica hacia el desarrollo de esta actividad agrícola.

## CONCLUSIONES

La elaboración de la MAP para los sistemas de producción de naranja en el Estado de Nuevo León, indica que todas las tecnologías de riego evaluadas son rentables y competitivas. El valor agregado cubre el costo de los factores internos, más una tasa de ganancia extraordinaria, la cual es de magnitud considerable en las tecnologías de goteo, micro-aspersión y aspersión. El análisis de ingresos y costos valuados a precios económicos indicó que sólo los sistemas de micro-aspersión y goteo presentan ventajas comparativas, y que el efecto total de las políticas sectorial y macroeconómica es de desprotección y desincentivo para el desarrollo de la producción. El consumo intermedio indicó que producir naranja es sostenible, sin embargo, las tecnologías de riego por gravedad, bombeo y aspersión tienen rentabilidad social negativa e ineficientes.



## AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y Colegio de Postgraduados por el apoyo económico recibido para el desarrollo de esta investigación.

## LITERATURA CITADA

- BANXICO. 2011. Tipos de cambio. 30 de enero de 2012. [www.banxico.org.mx](http://www.banxico.org.mx).
- BLS-USDL (Bureau of Labor Statistic-U.S Department of Labor). 2011. Prime Rate and index information. 6 de febrero de 2012 [www.bls.gov](http://www.bls.gov).
- CDTEFTH (Centro de Desarrollo Tecnológico y Empresarial para Frutales del Trópico Húmedo). 2009. Estudio de Mercado para Identificación de Necesidades de Infraestructura Logística para la Comercialización de Jugo de Citricos en Veracruz. Sistema Producto Citricos del Estado de Veracruz, Fideicomiso de Riesgo Compartido. México, 237 pp.

- CFE (Comisión Federal de Electricidad). 2011 Tarifas para electricidad de uso agrícola. 25 de enero de 2012. [www.cfe.gob.mx](http://www.cfe.gob.mx).
- Gaitán G.J. 2002. Situación de la Citricultura del Estado de Nuevo León. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM). Monterrey N.L. México. 168 pp.
- Gómez C.M. A., Schwentesius R.R., Barrera A.G., García L.R.C., Echánove F.H., Steffen C.R. 1997. La agroindustria de naranja en México. Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agricultura Mundial (CIESTAAM), Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 181 p.
- Gómez C. M.A., Schwentesius R.R. 1999. Cítricos y TLCAN, Expectativas y Realidades. Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM) de la Universidad Autónoma Chapingo. Reporte de Investigación. Chapingo, Estado de México. 42 pp.
- Gotsch C., Pearson S. 2003. The basic Policy Analysis Matrix, manual for regional workshops: a computer tutorial. 51 pp. 10 de enero de 2012. [www.stanford.edu/group/FRI/indonesia/html/tutorials.html](http://www.stanford.edu/group/FRI/indonesia/html/tutorials.html)
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2011. Inflación e Índices de Precios al Productor y al Consumidor. 23 de enero de 2012. [www.inegi.gob.mx](http://www.inegi.gob.mx).
- ICSD (Instituto de Competitividad Sistémica y Desarrollo). 2005. Programa de Competitividad y Modelo de Negocio en la Cadena Global de Valor del Sector Frutícola de Nuevo León: Cítricos y Nuez. Fundación Produce Nuevo León. Corporación para el Desarrollo Agropecuario de Nuevo León. Monterrey Nuevo León. 199 pp.
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias). 2009. El Cultivo de los Cítricos en el Estado de Nuevo León. Libro Científico No. 1. (CIRNE) Centro de Investigación Regional del Noreste. Campo Experimental General Terán, N.L. México. 474 pp.
- ITESM (Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey). 2005. El Plan Rector del Sistema Producto Cítricos. 103 pp. 27 de diciembre de 2011. [www.sagarpa.gob.mx/agricultura/Publicaciones/SistemaProducto/Lists/Ctricos/Attachments/1/prn\\_citri.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/Publicaciones/SistemaProducto/Lists/Ctricos/Attachments/1/prn_citri.pdf).
- Masters W.A., A. Winter-Nelson. 1995. Measuring the comparative advantage of agricultural activities: domestic Resource Costs and the Social Cost-Benefit Ratio. *American Journal of Agricultural Economics* 77 (2):243-250.
- Monke E.A., Pearson S.R. 1989. *The Policy Analysis Matrix for Agriculture Development*. Cornell University Press. Ithaca New York. U.S.A. 196 pp.
- Montesillo-Cedillo J.L., Palacio-Muñoz V.H. 2006. Precio del agua para riego en México en un contexto de eficiencia social. *Ingeniería Hidráulica en México XXI* (4):125-133.
- Pearson S., Gotsch C., Bahri C.S. 2004. Application of the Policy Analysis Matrix in Indonesian Agriculture. Jakarta Yayasan, Obor Indonesia. 114 pp.
- Pearson S., Monke E., Naylor R., Falcon W., Heytens P. 1990. *Indonesian Rice Policy*. Cornell University Press, USA. 134 p.
- SIACON-SAGARPA (Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta-Secretaría de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2011. Estadísticas agrícolas, precio de maquinaria agrícola. 19 de diciembre de 2011. [www.siap.sagarpa.gob.mx](http://www.siap.sagarpa.gob.mx).
- Salcedo B.S. 2007. Competitividad de la Agricultura en América Latina y el Caribe. Matriz de Análisis de Política: Ejercicios de Computo. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile. 99 pp.
- USDA-ERS (United States Department of Agriculture- Economic Research Service). 2011. Fruit and Tree Nuts Outlook/FTS -350/ November 29. 15 de enero 2012. <http://www.ers.usda.gov/>
- USDA-NASS (United States Department of Agriculture-National Agricultural Statistics Service). 2009. Agricultural prices 2008. 9 de enero de 2012. Internet: [www.nass.usda.gov](http://www.nass.usda.gov).



# INDUCCIÓN DE MUTACIONES EN CRISANTEMO (*Dendranthema grandiflora*) USANDO RADIACIÓN GAMMA Y ETIL METANO SULFONATO

## MUTATION INDUCTION IN CHRYSANTHEMUM (*Dendranthema grandiflora*) USING GAMMA RADIATION AND ETHYL METHANESULFONATE

Castillo-Martínez, C.R.<sup>1</sup>; De la Cruz-Torrez, E.<sup>2</sup>; Carrillo-Castañeda, G.<sup>3</sup>; Avendaño-Arrazate, C.H.<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup>Centro Nacional de Recursos Genéticos (CNRG), Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Progreso # 5 Col. Barrio Santa Catarina Coyoacán D.F. <sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, Carretera México-Toluca s/n, La Marquesa, Ocoyoacac, México. <sup>3</sup>Colegio de Postgraduados, carretera federal México-Texcoco km. 36.5. <sup>4</sup>Campo Experimental Rosario Izapa-INIFAP. Km. 18 Carr. Tapachula-Cacahoatán, Tuxtla Chico, Chiapas.

\*Autor responsable: fitogeneticarlos@hotmail.com

### RESUMEN

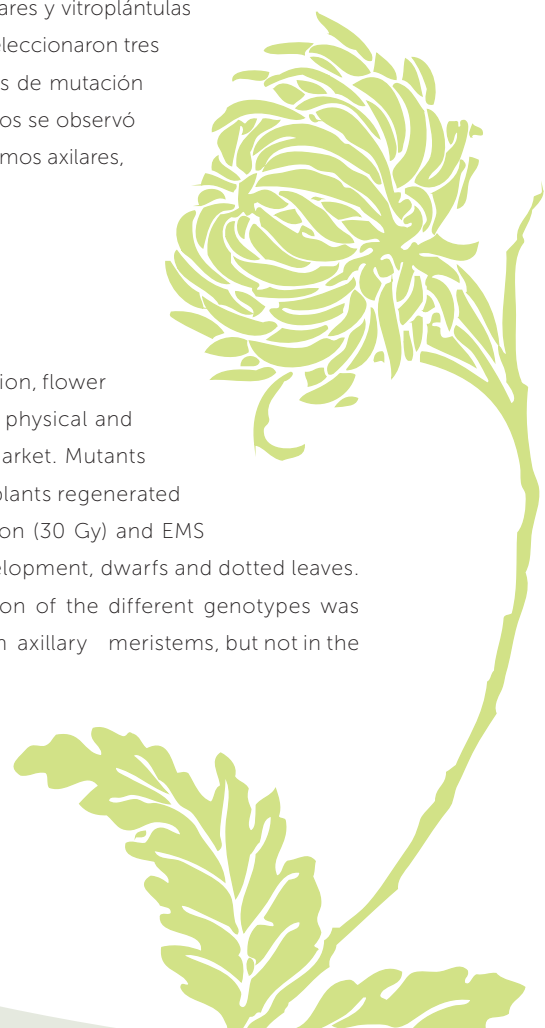
Se realizó una investigación enfocada a modificar características en la pigmentación de follaje, flor y arquitectura en plantas de crisantemo (*Dendranthema grandiflora*), a través de agentes mutagénicos físicos y químicos, con el fin de generar nuevas variantes para el mercado. Se detectaron mutantes con estos tipos de cambios en las primeras etapas de propagación de plántulas regeneradas a partir de explantes foliares y vitroplántulas que fueron expuestas a radiación gamma (30 Gy) y EMS (0.2% v/v por 30 min). Se seleccionaron tres mutantes con genotipos de lento desarrollo, enano y moteado en hojas. Las tasas de mutación respectivas fueron 0.0470, 0.0033 y 0.0007. La expresión de los diferentes genotipos se observó en un 95% de plantas obtenidas en tres generaciones vegetativas a partir de meristemos axilares, pero no en aquellas plantas regeneradas de explantes foliares.

**Palabras clave:** Radiación gamma, flores, nuevas variedades.

### ABSTRACT

A study was performed focused on modifying characteristics of foliage pigmentation, flower and architecture of chrysanthemum plants (*Dendranthema grandiflora*), through physical and chemical mutagenic agents, with the aim of generating new varieties for the market. Mutants with these types of changes were detected in the first stages of propagation, in plants regenerated from foliar explants and *in vitro* seedlings that were exposed to gamma radiation (30 Gy) and EMS (0.2 % v/v for 30 min). Three mutants were selected with genotypes of slow development, dwarfs and dotted leaves. The respective mutation rates were 0.0470, 0.0033 and 0.0007. The expression of the different genotypes was observed in 95 % of the plants obtained in three vegetative generations from axillary meristems, but not in the plants regenerated from foliar explants.

**Keywords:** Gamma radiation, flowers, new varieties.





## INTRODUCCIÓN

La actividad florícola en México ha crecido considerablemente, alentada por el incremento en la exportación de flores, destacando la rosa (*Rosa spp.*) y el crisantemo (*Dendranthema grandiflora*). Las exportaciones de esta última especie en 1994 ascendieron a 55.5 millones de pesos (Pizano, 1997). Para 2007 se exportaron 115.85 millones de pesos equivalente a 2,205 kg (SIAP, 2007). Los productores de plantas ornamentales demandan características novedosas tales como, color, forma y aroma de las flores. Por tal motivo, los fitomejoradores han puesto atención a estos aspectos en sus programas de mejoramiento convencional; sin embargo, como la mayoría de las variedades recientes se propagan vegetativamente, es común usar otras técnicas de mejoramiento genético incluyendo las nuevas herramientas biotecnológicas, físicas o químicas (Bowen, 1994).

Mediante la inducción de mutaciones con radiación gamma o agentes químicos se han obtenido numerosas variedades en diversas especies; por ejemplo, tratamientos con etil metanosulfonato (EMS) en anteras de arroz (*Oryza sativa*), produjeron hasta 20.7% de mutantes (Lee y Lee, 2001). En *Vicia faba*, se comparó la eficiencia entre agentes mutagénicos físicos y químicos, encontrándose que el EMS (agente químico) generó una mayor tasa de mutación comparada con la radiación gamma (agente físico), debido a los mayores efectos en la generación irradiada (Kumari, 1996).

Investigaciones realizadas en seis variedades de crisantemo con hojas disectadas y tratadas con 0.5% de EMS, mostraron 42% de disminución en la formación de brotes adventicios (Toaima y Pank, 1996), y mediante la radiación gamma se han logrado generar nuevas variedades de crisantemo (Maluzynski, 1992). Al irradiar esquejes comerciales de crisantemo con dosis de 10, 15 y 25 Gy, se seleccionaron tres mutantes con flores de aspecto atractivo (Talukdar y Paswan, 1997). Tratamientos con 25 Gy en la variedad MOGUI de crisantemo, color rojo brillante, originaron flores con sectores de coloración blanca y amarilla (Debasis *et al.*, 1999). Otros efectos como cambios en altura de planta, tamaño de hojas y forma de la flor (número y forma de pétalos), se obtuvieron con dosis de 30 y 40 Gy (Data y Benerji, 2002).

Al inducir mutaciones con irradiación gamma, es necesario considerar el tipo de tejido seleccionado a tratar, pues de ello depende la frecuencia de quimeras (individuos con cambios morfológicos o anatómicos no heredables). Así, por ejemplo, al irradiar esquejes enraizados de cuatro variedades de crisantemo con rayos gamma a dosis de 15, 20 y 25 Gy se obtuvo una disminución en el tamaño de la planta y hojas; además de la aparición de ramas con efectos quiméricos en la flor, tales como, color y forma (Data y Benerji, 2002).

En el presente estudio se evaluó la eficiencia mutagénica de agentes físicos (radiación gamma) y químicos (EMS) en crisantemo, a través del

número de mutantes con efectos en forma, tamaño y pigmentación de hojas y flor, esperando encontrar mayor número de mutantes al emplear agentes físicos. Además de determinar el mejor tipo de tejido para irradiar: meristemos o segmentos foliares, partiendo de la premisa de que usando segmentos foliares se obtendría menor número de quimeras y mutantes con mayor estabilidad, después de varias generaciones de multiplicación vegetativa.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se emplearon plantas de crisantemo TIKARA, que fueron transferidas a condiciones *in vitro* y propagadas a través de meristemos axilares en tres subcultivos en medio MS (Murashige y Skoog, 1962) suplementado con sacarosa (30 g L<sup>-1</sup>).

### Tratamientos con radiación gamma y etil metanosulfonato

Segmentos foliares de aproximadamente 1 cm<sup>2</sup> provenientes de plántulas micropropagadas se colocaron en cajas petri con medio MS líquido con pH de 5.8 al cual se le agregó 0.2% v/v de etil metanosulfonato (EMS). Los explantes fueron expuestos a este agente químico por tiempos de: 15, 30, 45, 60, 90, 120 y 150 min. Posterior a este tratamiento los segmentos foliares fueron cultivados en un medio sólido preparado con las sales inorgánicas del medio MS suplementado con agua de coco (*Cocos nucifera*) 200 mL<sup>-1</sup> sacarosa, 20 g AIA, 4 mg L<sup>-1</sup> Kinetina, 2 mg L<sup>-1</sup>, ajustando el pH a 5.8. Cuando los brotes se formaron se realizaron subcultivos en medio sólido MS. Las condiciones de cultivo en el cuarto de incubación fueron: temperatura de 28 °C y fotoperíodo de 16 horas luz y 8 horas de oscuridad,

para lo cual se emplearon lámparas fluorescentes de luz blanca de 40 W. El experimento se realizó bajo un diseño experimental completamente al azar con cinco repeticiones por tratamiento. El análisis de los resultados se realizó mediante un análisis de varianza y la comparación entre tratamientos se hizo con la prueba de Tukey con un  $\alpha=0.05$ . La irradiación gamma se aplicó a segmentos foliares con las dimensiones previamente descritas partiendo de plantas micropropagadas, que poseían meristemos de 10 mm de longitud, los cuales antes de ser tratados se mantuvieron en un medio MS sin hormonas durante 72 h., La fuente de rayos gamma fue un Irradiador Gammacell 220 con barras de 60 Co. Las dosis fueron 10, 20, 30, 50, 100, 150, 200 y 300 Gy. Los tejidos irradiados se transfirieron a un medio fresco MS, con hormonas para los segmentos foliares y sin hormonas para las yemas axilares, con las mismas condiciones de cultivo que los tejidos tratados con EMS.



### Selección y análisis de los mutantes

Las plantas que mostraron cambios en el tamaño, forma de hojas y flores; tasa de crecimiento (centímetros por semana); pigmentación foliar y floral; fueron seleccionadas después de 60 días de cultivadas. Se separaron las provenientes de meristemos y segmentos foliares para identificar el tejido original irradiado e inferir sobre la influencia del tipo de tejido y la respuesta quimérica de los mutantes.

### Evaluación de la persistencia

Para evaluar si los cambios son heredables y no quiméricos se observó el comportamiento de los cambios durante tres generaciones. En este caso se siguió la recomendación de Data y Benerji (2002) seleccionando individuos tanto los regenerados de segmentos foliares, como los de meristemos y fueron sometidos a cinco subcultivos de 25 días cada uno, para determinar la estabilidad de cada fenotipo mutante seleccionado e inferir la persistencia de los caracteres mutados. También se evaluó la capacidad de regeneración y multiplicación de los mutantes mediante el porcentaje de explantes con brotes, así como, el número de brotes por explante y poder inferir si los materiales seleccionados pudieran ser individuos con múltiples mutaciones.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

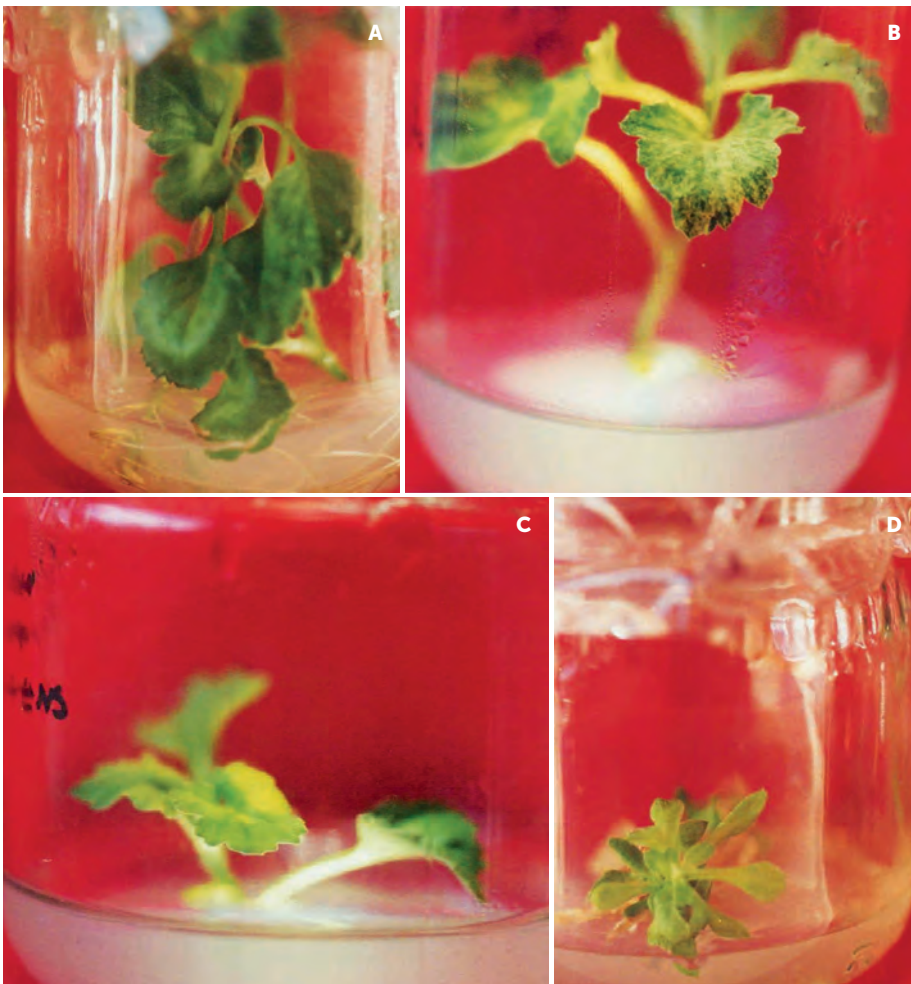
### Mutantes obtenidos

De un total de 1620 explantes tratados con EMS se detectaron dos plantas que mostraron cambios fenotípicos comparados con la planta testigo en las primeras etapas de desarrollo de la plántula. Uno de los mutantes mostró patrones de moteado clorótico y el otro un crecimiento y desarrollo lento (Figura 1, 2). De 312 meristemos irradiados a una dosis de 2 Krad solo se detectó un mutante que presentó enanismo (entrenudos muy cortos). Ninguno de los 725 explantes foliares irradiados originaron mutantes. Una vez que los mutantes fueron seleccionados y con el objeto de observar el comportamiento de persistencia de estos cambios, cada mutante fue micropropagado a partir de meristemos axilares y de segmentos foliares hasta una tercera generación.

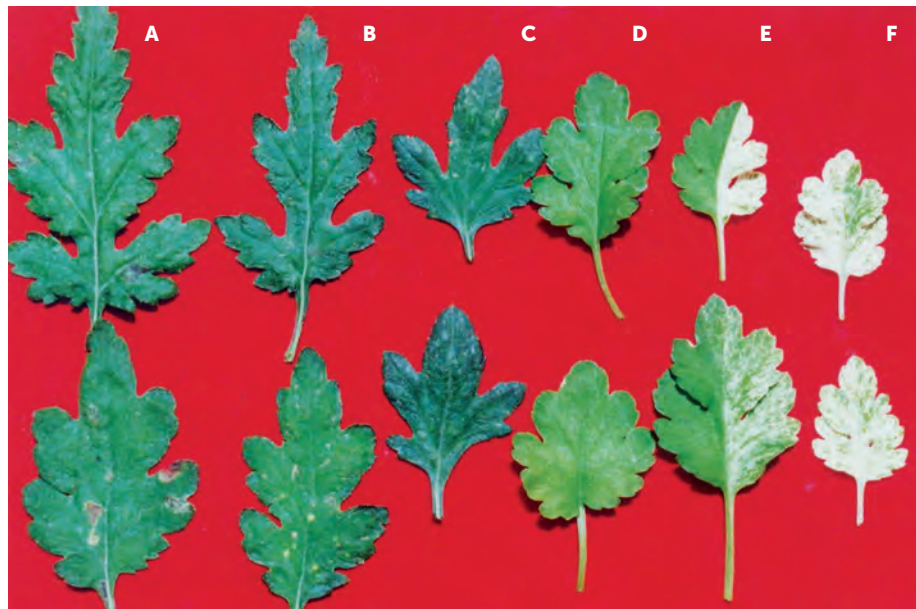
Todos los explantes tratados con 0.2% v/v de EMS, inclusive el tratamiento con una exposición por 150 minutos, dieron origen a formación de callos y brotes; a partir de 90 minutos de exposición o más se observó un 35% de reducción en la formación de callos y brotes, comparados con dosis menores. En tratamientos con radiación gamma las dosis mayores de 50 Gy en segmentos foliares causaron una falla completa en el desarrollo de callos y brotes. En exposiciones a 20 y 30 Gy, los explantes ocasionaron una reducción del 85% y 95% respectivamente en la formación de callos y brotes. Los meristemos tratados con 100 Gy., no presentaron desarrollo y posteriormente murieron; mientras que la dosis; de 30 Gy., permitió el desarrollo. Todos estos resultados concuerdan con lo reportado por Kumari (1996), quien menciona que los agentes químicos en este caso el etil metanosulfonato dan origen a un mayor número de mutantes y permite el desarrollo de callos y brotes en los explantes tratados.

### Cambios detectados en otros parámetros

Al realizar los subcultivos de los mutantes seleccionados se evaluó el porcentaje de los explantes capaces de generar nuevos brotes y a su vez se observó el promedio de brotes por explante regenerados de segmentos foliares y se determinó que el mutante de lento desarrollo y el mutante moteado mostraron una disminución en estos



**Figura 1.** Mutantes obtenidos: A: Testigo; B: Moteado; C: Crecimiento lento; D: Enano



**Figura 2.** Comparación de hojas de varios tipos de crisantemo y el mutante moteado. A: Indinópolis; B: Hartman; C: Telestar; D: Tikara; E-F: Mutante Moteado.

parámetros de 50% y 60% respectivamente comparado con el genotipo original (Cuadro 1). Este comportamiento puede ser explicado como un efecto colateral causado por el agente mutagénico, o bien, por el hecho de que en estos mutantes pudiera haber ocurrido más de una mutación. Una tendencia parecida se observó con respecto al crecimiento donde se pudo determinar que los tres mutantes presentaron una disminución en este parámetro comparado con el testigo (Cuadro 2). Sin embargo, se detectó diferencia en la tasa de crecimiento del testigo y del mutante de hojas moteadas aún cuando no se observaron diferencias significativas en las medias. Esta pequeña reducción pudo deberse a que este mutante al presentar partes cloróticas tuviera una menor actividad fotosintética. Los mutantes de lento crecimiento y enano presentaron una disminución en el crecimiento del 47.5% y 81.5% respectivamente.

### Persistencia de las características fenotípicas

Con el agente químico EMS se obtuvieron dos mutantes con tasas de mutación respectivos de 0.0007 y 0.0470; mientras que, con rayos gamma la tasa fue de 0.0033 (Cuadro 3). Se determinó que más del 90% de los mutantes que fueron propagados vía yemas axilares conservaron sus características, aunque ninguno de los individuos obtenidos de segmentos foliares expresaron sus características (Cuadro 4). Lo que permite asumir que estos últimos mutantes no fueron estables; es decir, se generaron individuos con comportamiento de quimeras como lo comenta Broertjes (1988).



**Cuadro 1.** Inducción de brotes a partir de explantes foliares derivados de los mutantes después de 30 días de subcultivo de crisantemo (*Dendranthema grandiflora*).

Fenotipo	Explantos con brotes (%)	Número promedio de brotes por explante
Moteado	51.8	1.8
Crecimiento lento	51.5	1.4
Enano	61.3	1.7
Testigo	100.0	2.8

**Cuadro 2.** Comparación de medias de altura de tallo de los fenotipos de crisantemo (*Dendranthema grandiflora*), después de 30 días de cultivo.

Fenotipo	Crecimiento relativo (cm)
Moteado	78.79 ab
Crecimiento lento	52.90 c
Enano	18.41 d
Testigo	100.00 a

**Cuadro 3.** Tasa de mutación y agente mutagénico en crisantemo (*Dendranthema grandiflora*).

Fenotipo	Agente mutagénico	Minutos o dosis (Krad)	Número de explantes	Número de plantas regeneradas	Tasa de Mutación
Moteado	EMS	90	735	1323	0.0007
Crecimiento lento	EMS	15	15	21	0.0470
Enano	Gamma	2	60	300	0.0033

**Cuadro 4.** Persistencia fenotípica de los mutantes regenerados de explantes foliares y meristemos axilares después de tres generaciones de crisantemo (*Dendranthema grandiflora*).

Fenotipo	Plantas que expresaron mutación (%)	
	a partir de hoja	a partir de meristemos
Moteado	0	96.3
Crecimiento lento	0	91.5
Enano	0	100

## CONCLUSIONES

El agente químico mutagénico produjo mayor número de mutantes que el físico. Los tres mutantes obtenidos presentaron persistencia no constante lo que indicó que fueron quimeras. Se observó en todos los mutantes una disminución en el crecimiento.

## LITERATURA CITADA

Bowen H. 1964. Mutation in horticultural chrysanthemum. Ed. Pergamon Press 138 p.

Broertjes C. 1988. Applied mutation breeding for vegetatively propagated crops. Ed. Elsevier Science Publisher 700 p.

Datta S., Banerji B. 2002. Induction and analysis of gamma ray induced flower head shape mutation in chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium*). Indian Journal of Agricultural Science 72:6-10.

Debasis R., Banerji B., Datta S. 1999. Improvement of garden chrysanthemum through induced mutation. Flora and Fauna 1:1-4.

Fu-Runmin R., Andersen Z., Cheng W., Liu Z. 1995. Studies on induced mutation on fruit trees *in vitro*. Acta Horticulturae 403: 111-116.

Jing-Tian L., Suave R., Gawel N. 1997. Identification of poinsettia cultivars using RAPD markers. Hortscience 32:122-124.

Kumari R. 1996. Effectiveness and efficiency of physical, chemical, and physico-chemical mutagens in M2 generation of *Vicia Faba L.* var VH82-1. Journal of Nuclear Agriculture and Biology 25:172-175.

Lee H., Lee J. 2001. Mutagenic effectiveness and efficiency of EMS, gamma rays and their combination in rice. Advances in Plant Sciences 12:203-205.

Maluszynski M., Van Zaten L., Asir A., Brunner H., Ahloowalia B., Zapata J., Weck E. 1995. Induced mutations and molecular techniques for crop improvement. Plant Cell Reports 12:215-219.

Murashige T., Skoog. 1962. A revised medium for rapid grow and bio assays with tobacco tissue culture. Plant Physiology 15:473-497.

Napoli C., Ruehle J. 1996. New mutations affecting meristem growth and potential in *Petunia hybrida* Vilm. Journal of Heredity 87:371-377.

Pizano M. 1997. Changes in mexican floriculture. Floriculture International 12:27-32.

Shibata-M., Kishimoto S., Hirai M., Aida R., Ikeda I. 1998. Analysis of the periclinal chimeric structure of chrysanthemum sports by RAPD. Acta Horticulturae 454:347-353.

Talukdar M., Paswan L. 1997. Gamma ray induced mutation in chrysanthemum. Journal of Nuclear Agriculture and Biology 26:129-131.

Toaima N., Pank F. 1996. Adventitious bud formation on isolated leaves and its significance for mutation breeding in some ornamental and medicinal plants. In: Proceeding of International Symposium of Breeding Research on Medicinal and aromatic plants. Quedlinburg, Germany. 1:171-176.

Zalewska M., Jerzy M. 1997. Mutatum spectrum in *Dendranthema grandiflora* Tzelevy after *in vivo* and *in vitro* regeneration of plants from irradiated leaves. Acta Horticulturae 447:615-617.



# PRODUCTIVIDAD DE *Cynodon plectostachyus* K. (Schum) Pilger y *Dolichos lablab* L. SOLOS Y ASOCIADOS BAJO DIFERENTES FRECUENCIAS DE CORTE

PRODUCTIVITY OF *Cynodon plectostachyus* K. (Schum) Pilger AND *Dolichos lablab* L. ALONE AND ASSOCIATED UNDER DIFFERENT CUTTING FREQUENCIES

Ramón-Castro, M.A.<sup>1</sup>; García-Castillo, C.G.<sup>1</sup>; Aguirre-Medina, J.F.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Chiapas. Facultad de Ciencias Agrícolas. Entronque carretera costera y Estación Huehuetán. CP 30660. Fax (964)6270439. Huehuetán, Chiapas, México.

\*Autor responsable: juanf56@prodigy.net.mx

## RESUMEN

Se evaluó la producción de biomasa de *Cynodon plectostachyus* K. (Schum) Pilger and *Dolichos lablab* L., a diferentes frecuencias de corte como monocultivo y en asociación con el fin de presentar fuente de forraje y proteínas a la ganadería del trópico. Los tratamientos fueron las especies solas y asociadas en combinación con tres frecuencias de corte distribuidas como nueve tratamientos en un diseño de parcelas divididas en bloques al azar con cuatro repeticiones. Se registraron variables morfológicas y fisiológicas del rendimiento para medir su productividad y respuesta a la asociación. Las plantas en monocultivo y asociadas modificaron sus componentes del rendimiento en interacción con las frecuencias de corte. Los intervalos de corte en las especies solas o asociadas, indujeron mayor producción de biomasa seca aérea conforme se incrementó el tiempo de evaluación. *C. plectostachyus* y *D. lablab* en monocultivo presentaron poca modificación en el índice hoja/tallo con relación a los intervalos de corte, a excepción de la leguminosa, que incrementó dicho índice cuando el intervalo de corte fue más frecuente. En la asociación, la gramínea incrementó su relación hoja/tallo al aumentar el tiempo de corte y se disminuyó en la leguminosa. La producción de biomasa aérea aumentó con la asociación *C. plectostachyus* más *D. lablab* y de esta forma, ambas especies expresaron su facilidad de asociación, sin embargo, los diferentes atributos morfológicos y fisiológicos de ambas especies y su efecto contrastante en el estudio con las frecuencias de corte, sugieren un manejo diferencial en la parcela que favorezcan su persistencia.

**Palabras claves:** Estrella de África, asociación gramínea-leguminosa

## ABSTRACT

The production of biomass from *Cynodon plectostachyus* K. (Schum) Pilger and *Dolichos lablab* L., was evaluated as single crop and in association, at different frequencies of cutting, with the aim of presenting schemes for fodder and protein for livestock in the dry tropics. The treatments were the species alone and associated in combination with three frequencies of cutting, distributed as nine treatments in a design of plots divided into random blocks with four repetitions. Morphological and physiological variables of the yield were recorded in order to measure their productivity and response to the association. The data were analyzed statistically with SAS and a means comparison (Tukey  $p \leq 0.05$ ). The single-crop and associated plants modify their yield components in interaction with the cutting frequencies. The cutting intervals of the species alone or associated induced a higher production of aerial dry matter, as the evaluation period increased. As single crops, *C. plectostachyus* and *D. lablab* present low modification in the leaf/stem index as compared to the cutting intervals, except the legume which increased this relation when the cutting interval is more frequent. In association,

the pulse increased its leaf/stem relation by increasing the cutting time, and it decreased in the legume. The aerial biomass production increased with the association of *C. plectostachyus* plus *D. lablab*, and in this way both species expressed their ease in association. It is concluded that the association of both species is positive, although the different morphological and physiological attributes of the species and their contrasting effect in the study with cutting frequencies suggest a differential management that could lead to the persistence of the association.

**Keywords:** African star, grass-legume association.

## INTRODUCCIÓN

**En las regiones** tropicales de México y el mundo la alimentación del ganado depende casi exclusivamente del pastoreo de gramíneas (Aguirre-Medina *et al.*, 2013). Estas especies que poseen atributos morfológicos y fisiológicos básicos para el pastoreo animal modifican su productividad durante el año por efectos del ambiente, especialmente por la distribución de la precipitación y genera un suministro diferencial de forraje en cantidad y calidad (Holmann *et al.*, 2008). La producción está influenciada además, por la capacidad de retención de humedad y la fertilidad del suelo donde crece. La interdependencia entre la distribución estacional de la precipitación, la textura y fertilidad del suelo y la especie vegetal en crecimiento, definirán el nivel de producción de biomasa para el pastoreo (Aguirre-Medina, 2010).

En la búsqueda de incrementar la cantidad de biomasa por unidad de superficie se han asociado leguminosas con gramíneas (Ramírez *et al.*, 2003) para aprovechar de las primeras su facultad de asociación radical con bacterias fijadoras de nitrógeno y hongos micorrizógenos que mejoran el contenido nutrimental, especialmente de nitrógeno y fósforo. Sin embargo, las asociaciones de ambas especies no siempre inducen mayor biomasa en largos periodos de producción. Con frecuencia se presenta baja persistencia de las leguminosas o, ausencia de compatibilidad con las gramíneas que se encuentran asociadas. Ante esta situación es importante evaluar y seleccionar especies de gramíneas y leguminosas solas y en asociación que incrementen la disponibilidad de materia seca para los bovinos en pastoreo. Con estos antecedentes, el objetivo fue estudiar el crecimiento y producción de biomasa de *Cynodon plectostachyus* (Poaceae) y *Dolichos lablab* (Fabaceae), a diferentes frecuencias de corte en monocultivo y asociadas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en el Campo Experimental de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Chiapas, localizado en Huehuetán, Chiapas, (15° 00' y 15° 30' N, y a 92° 30' O) a 44 m de altitud. El tipo de clima es Am (w) i g, (García, 1973), cálido subhúmedo con lluvias en verano. La precipitación tiene una distribución de junio a octubre con 2200 mm anuales en promedio. La temperatura media es de 28 °C y la evaporación es superior a 1900 mm durante el año. El suelo pertenece al grupo de

los fluvisoles con textura migajón arenosa, pH 6.5, 2.5% de materia orgánica, 0.12% de nitrógeno, 33.2 mg kg<sup>-1</sup> de fósforo y 430 mg kg<sup>-1</sup> de potasio.

El terreno se preparó con un barbecho y dos pasos de rastra cruzada. El estudio se inició en junio de 2010 con la siembra de las especies en monocultivo y asociadas. La densidad de siembra para la leguminosa fue de 20 kg ha<sup>-1</sup>, y para la gramínea, se usó material vegetativo maduro, de una edad de rebrote aproximada de tres meses a razón de 1200 kg ha<sup>-1</sup>. La siembra en monocultivo se realizó en surcos separados a 50 cm de distancia y, entre la asociación se utilizó la misma distancia en surcos alternos. Las dimensiones de las parcelas experimentales fueron de 4×3 m. Los tratamientos evaluados fueron nueve, generados con la combinación de la siembra en monocultivo de *C. plectostachyus*, *D. lablab* y su asociación en interacción con frecuencias de corte de 4, 6 y 8 semanas. En el terreno fueron distribuidos como parcelas divididas en bloques al azar con cuatro repeticiones. La parcela mayor correspondió a las especies sembradas en monocultivo y asociadas y, la menor, consistió en los tres niveles de frecuencia de corte.

### Variables

**Altura de planta.** Se registró en cm de cinco plantas de cada especie en ambos sistemas de siembra en monocultivo y asociación. En la leguminosa desde la base del suelo hasta la parte más alta de la planta, y en la gramínea desde el nivel del suelo hasta la curvatura máxima de la hoja expuesta.

**Número de hojas por planta.** Se contabilizó al azar en cinco plantas de cada tratamiento.

**Longitud del entrenudo en tallo principal.** Fue registrado con regla graduada en cm para cada especie sola y asociada.

**Biomasa aérea.** Se obtuvo a 10 cm de altura del suelo en cada especie y se deshidrataron en estufa de aire forzado por 72 horas a una temperatura de 75-80 °C y se pesó en báscula (Ohaus, Adventurer Pro, USA).

**Relación lámina foliar-tallo.** Se determinó al separar y deshidratar los componentes de lámina foliar y tallos en cada planta.

**Índice de compatibilidad relativa (ICR).** Se calculó para cada componente de las asociaciones en las diferentes edades al realizar los cortes de acuerdo a Toledo y Fisher (1989) con la siguiente fórmula:  $ICR=2$  (Rendimiento de materia seca del componente en asociación)/Rendimiento de materia seca del componente en monocultivo)

**Porcentaje de cobertura.** Se determinó en  $1\text{ m}^{-2}$  con un marco de madera reticulado cada 20 cm, tomando la cubierta vegetal del suelo en cada tratamiento. Los resultados fueron analizados con el Programa SAS ver 9.0 para Windows, y las diferencias entre medias de tratamientos con base en Tukey al 5%.

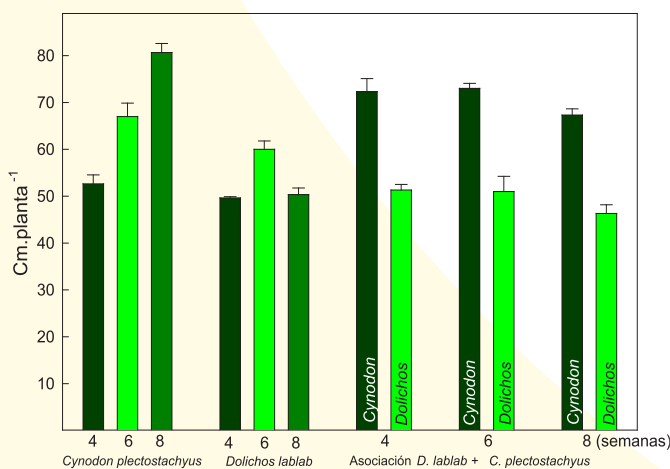
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La altura del pasto estrella de África fue mayor conforme aumentaron los días de la evaluación y del tiempo de muestreo, mientras que para *D. lablab* la mayor altura se registró con la frecuencia de corte de seis semanas. Se esperaba que a mayor tiempo de corte, la leguminosa pudiera alcanzar más altura. La mayor capacidad de rebrote de *D. lablab* puede estar relacionada con reservas de carbohidratos en su sistema radical, o bien, la posible influencia de la rizobiota nativa que pudo aumentar la cantidad de nitrógeno disponible para la planta (Figura 1).

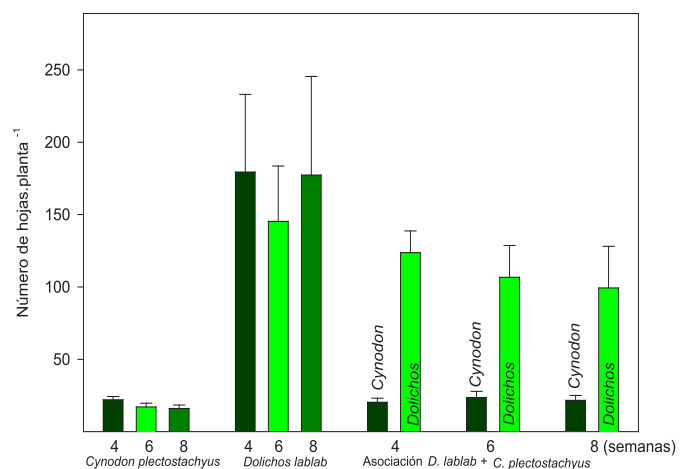
Cuando se asociaron las dos especies no se registraron cambios importantes en esta variable ni en su relación con las frecuencias de corte, sin embargo la gramínea creció más en comparación a la altura registrada cuando se sembró sola con las frecuencias de 4 y 6 semanas. Es probable que la competen-

cia generada en la asociación, indujera a que la gramínea desarrollara mayor altura de tallos. Resultados contrarios señalan, Castillo (1997) y Toledo (1997) quienes encontraron disminución de altura en la gramínea asociada a kudzú respecto a la siembra en monocultivo. En otra investigación también con la asociación de kudzú-estrella, Zamudio (1998) cita disminución en la altura de la leguminosa en comparación al monocultivo. La altura de las plantas de estrella de África promedio en monocultivo es semejante a lo reportado por Toledo (1997).

El número de hojas se incrementó con la menor frecuencia de corte en la gramínea cuando fue establecida sola, y sin cambios importantes en la leguminosa (Figura 2). En el sistema asociado, la gramínea no presentó cambios en esta variable en relación con las tres frecuencias de corte, pero en la leguminosa se incrementó el número de hojas con la menor frecuencia de corte. La convivencia de las dos especies parece afectar ligeramente la cantidad de hojas producidas después del corte y es independiente de la frecuencia de éste,



**Figura 1.** Altura de la planta de *Cynodon plectostachyus* y *Dolichos lablab*, en monocultivo y asociadas en la Costa de Chiapas. Los valores son promedio de cinco plantas por tratamiento y muestreo. La línea vertical indica  $\pm$  el error estándar.



**Figura 2.** Número de hojas de *Cynodon plectostachyus* y *Dolichos lablab*, sembradas en monocultivo y asociadas en un suelo fluvisol-eútrico de la Costa de Chiapas. Los valores son promedio de cinco plantas por tratamiento y muestreo. La línea vertical indica  $\pm$  el error estándar.

lo que sugiere la compatibilidad entre las especies. Sin embargo *D. lablab* en monocultivo produjo mayor cantidad de hojas en comparación con la gramínea cuando se encuentra asociada, posiblemente debido al hábito de crecimiento trepador y muestra mayor oportunidad en captación de luz y humedad.

Según Castillo *et al.* (2009), la altura de la planta tiene relación positiva con la cantidad de forraje producido por la pradera, y el rendimiento de materia seca se puede estimar a partir de la altura medida antes del pastoreo.

### Longitud de entrenudos del tallo principal

La longitud de entrenudos de las especies bajo monocultivo, se incrementó conforme aumentó el tiempo de muestreo (Figura 3). Sin embargo, en ambas, la mayor longitud en el tallo principal se expresó con la frecuencia de corte de seis semanas y una ligera disminución a las ocho semanas. En la asociación de las dos especies, el tallo principal de *D. lablab* disminuye ligeramente su longitud conforme avanza el tiempo de corte. En cambio con la gramínea, se incrementa notablemente la longitud del entrenudo. El factor de competencia entre ambas especies indujo un desarrollo diferencial entre éstas, y se afectó más a la especie con menor agresividad, que en este caso, fue *D. lablab*.

### Producción de biomasa aérea

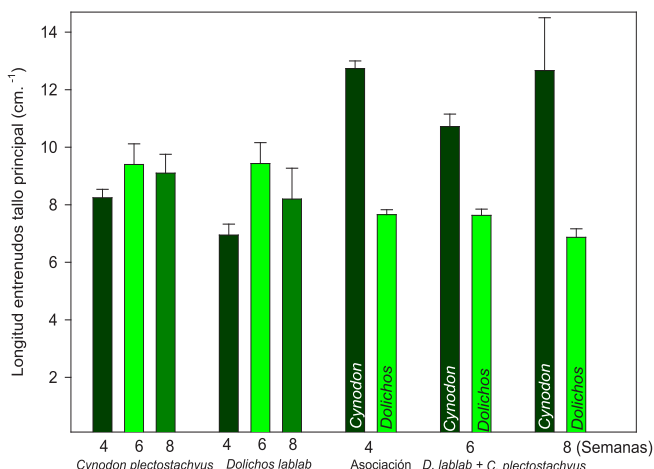
La mayor producción de biomasa aérea se presentó cuando las especies fueron asociadas, y con la frecuencia de corte de ocho semanas (Figura 4). El promedio

de la biomasa aérea de la asociación con frecuencia de corte de ocho semanas fue de 3238 kg ha<sup>-1</sup>, y la menor con *C. plectostachyus* en monocultivo con 732 kg ha<sup>-1</sup> en la frecuencia de cuatro semanas. La aportación de *D. lablab* al rendimiento de la materia seca total, con respecto al pasto estrella fue de un 52% en promedio con las diferentes frecuencias de corte. El valor intermedio encontrado en producción de biomasa de cada especie puede ser un indicador de compatibilidad entre las especies. Castillo (1997) reporta para un estudio en Veracruz, mayor asignación de biomasa con *Pueraria phaseoloides* (Kudzú) cuando esta fue asociada a *C. plectostachyus*. Toledo (1997), en un estudio realizado con Kudzú y estrella de áfrica en la Costa de Chiapas, señala que el aporte de ésta fue de 30.1%, 41.2% y 40.6% en cortes realizados cada 4, 8 y 12 semanas respectivamente.

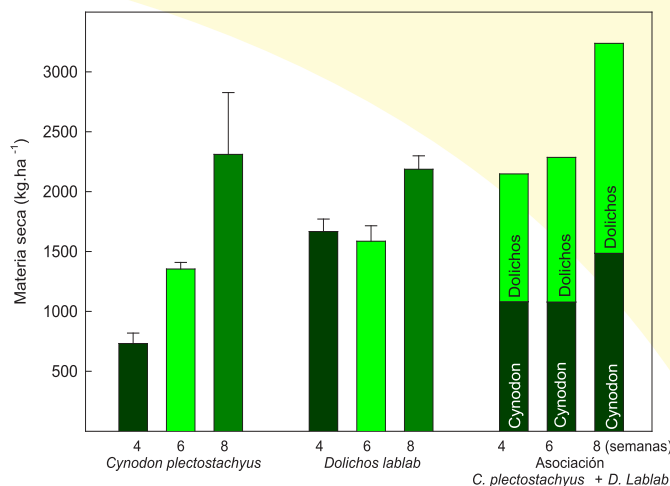
### Relación lámina foliar/tallo

La relación lámina foliar/tallo fue mayor en *Dolichos lablab* en comparación al estrella de áfrica en monocultivo y asociado (Cuadro 1).

Los promedios indicaron una respuesta diferencial entre sistemas de siembra y frecuencias de corte. Cuando las especies se sembraron solas, los valores entre ellas variaron ligeramente, con excepción de la leguminosa en la frecuencia de corte de cuatro semanas. A las seis semanas, entre ambas especies, se registraron valores semejantes y al aumentar el tiempo de corte en dos semanas más el pasto estrella superó a la leguminosa.



**Figura 3.** Longitud del entrenudo del tallo principal de *Cynodon plectostachyus* y *Dolichos lablab*, sembradas en monocultivo y asociadas en un suelo fluvisol-eútrico de la Costa de Chiapas. Los valores son promedio de cinco plantas por tratamiento y muestreo. La línea vertical indica ± el error estándar.



**Figura 4.** Producción de biomasa aérea de *Cynodon plectostachyus* y *Dolichos lablab*, sembradas en monocultivo y asociadas en un suelo fluvisol-eútrico de la Costa de Chiapas. Los valores son promedio tres repeticiones por tratamiento y muestreo. La línea vertical indica ± el error estándar.



**Cuadro 1.** Relación lamina foliar/tallo de las especies *Cynodon plectostachyus* y *Dolichos lablab* cuando crecen en monocultivo o asociadas bajo diferentes frecuencias de corte en la Costa de Chiapas.

Tratamiento	Frecuencias de corte (semanas)			Promedio
	4	6	8	
Monocultivo				
<i>Cynodon plectostachyus</i>	0.713 b	0.656 b	0.753 b	0.707 b
<i>Dolichos lablab</i>	1.806 a	0.696 b	0.676 b	1.060 a
Asociación <i>Cynodon</i> + <i>Dolichos</i>				
Aportación de <i>C. plectostachyus</i>	0.503 bc	0.526 bc	0.573 bc	0.534 b
Aportación de <i>Dolichos lablab</i>	0.720 b	0.853 b	0.643 b	0.738 b
Promedio	0.935 a	0.683 b	0.661 b	

\* Medias con letras iguales no difieren estadísticamente Tukey al 5%. C.V. 25.62%

Cuando las especies conviven asociadas, la leguminosa presenta valores promedios más altos 0.72, 0.85, 0.64, a las 4, 6 y 8 semanas en comparación con el pasto Estrella. Sin embargo, el pasto varió ligeramente su promedio de producción de Lámina foliar/tallo a través de las frecuencias de corte. Los incrementos fueron del orden de 0.03 y 0.07 con relación a la frecuencia de corte de cuatro semanas. Estos cambios sugieren que la asociación no se afecta por la interacción de las especies, sino más bien, por la frecuencia de corte a la cual se someten.

El valor más alto de biomasa en la leguminosa asociada se presentó con la frecuencia de corte de cuatro semanas. Cuando se aumentó el tiempo de corte a dos semanas, los valores se incrementaron notablemente en comparación con la siembra sola de la leguminosa y con la siguiente frecuencia de corte. Este valor en la asociación, fue el más bajo de las tres frecuencias evaluadas. La asociación de las dos especies modificó la producción de materia seca en sus diferentes componentes del rendimiento, y se

expresó un tiempo de descanso, o frecuencia de corte más apropiada para cada condición de crecimiento de las especies en estudio. Este hecho puede relacionarse con la capacidad de cada especie de almacenar carbohidratos en su sistema radical, que le van a permitir, inducir la producción de más materia seca a través del tiempo. Los resultados obtenidos del pasto Estrella tanto en monocultivo como asociado son muy similares a los reportados por Castillo (1997).

### Índice de compatibilidad relativa (ICR)

Los valores mayores o igual a uno significan que las especies asociadas son altamente compatibles. Partiendo de esta relación los valores encontrados en la presente investigación, el ICR es alto para las dos especies (Cuadro 2).

El mayor valor de ICR encontrado correspondió al pasto estrella con la frecuencia de corte de cuatro semanas (2.9). El valor tendió a disminuir a medida que aumentó el intervalo de corte a 1.5 y 1.4 a las 6 y 8 semanas respectivamente. En general el ICR, se afecta por la frecuencia de corte. En la gramínea disminuyó conforme aumentó el tiempo de corte, mientras que en la leguminosa aumentó conforme la evaluación acumuló días. En otras asociaciones de gramíneas y leguminosas, tales como, *Clitoria ternatea* variedad Tehuana con *Brachiaria brizantha*, Enríquez et al. (1999) registraron efectos negativos para el pasto Insurgente con un ICR de 0.68, respecto al monocultivo. Valero et al. (1987) al estudiar el comportamiento del *Pueraria phaseoloides* asociado con *Brachiaria dictyoneura*, citan valores de ICR

**Cuadro 2.** Índice de compatibilidad relativa (ICR) de *Cynodon plectostachyus* y *Dolichos lablab*, registrado en una asociación de cultivo en la Costa de Chiapas, México.

Tratamiento	Frecuencias de corte (semanas)		
	4	6	8
<i>Cynodon plectostachyus</i>	2.9	1.5	1.4
<i>Dolichos lablab</i>	1.3	1.7	1.6

para la leguminosa de 0.9, que es menor al encontrado en este experimento.

## CONCLUSIONES

**LOS** componentes morfológicos de la parte aérea en ambas especies, tuvieron un desarrollo diferencial al sistema de siembra y la frecuencia de corte. La gramínea en monocultivo incrementó la altura con el tiempo de corte, disminuyó el número de hojas y la longitud de entrenudos. La leguminosa presentó cambio mínimo en altura de planta y longitud del tallo principal. En asociación no se presentan efectos por las frecuencias de corte. La asignación de materia seca aérea en ambas especies *Cynodon plectostachyus* y *Dolichos lablab*, solas o asociadas se incrementó con las frecuencias de corte, y presentan poca modificación en su relación lamina foliar/tallo con relación a los intervalos de corte, sin embargo, *D. lablab* incrementó este valor con mayor frecuencia de corte. Los altos ICR de las dos especies favorecen su asociación, y se ve afectado por la frecuencia de corte.

## LITERATURA CITADA

- Aguirre-Medina J.F. 2010. La Biofertilización con *Glomus intraradices* Schenk et Smith y *Azospirillum brasilense* Tarrand, Krieg et Dobereiner como tecnología sostenible para el establecimiento y la rehabilitación de pastizales y praderas. pp. 135-157. In: Velasco-Zebadua M. E., Hernández-Garay, A., Perezgrovas-Garza, R. y Sanchez-Muñoz, B. (Eds). Los forrajes y su impacto en el trópico. Universidad Autónoma de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.
- Aguirre-Medina J. F., Martínez-Tinajero J.J., Ley De Coss A., Velasco-Zebadua M.E. 2013. Producción de carne con *Leucaena leucocephala* (Lam) De Wit en banco de proteína y asociación *Pueraria phaseoloides* (Roxb.) Benth - *Cynodon plectostachyus* (K) Schum. Pilger. AGROproductividad, 6(6): 16-22.
- Castillo H.J. 1997. Comportamiento productivo y compatibilidad de Insurgente y Estrella, monocultivo y asociados con Kudzú, bajo pastoreo con borregos. Tesis de Maestría en Ciencias. Montecillos, Estado de México, México, Colegio de Postgraduados. p. 4-20.
- Castillo E.G., Valles B.M., Jarillo R.J. 2009. Relación entre materia seca presente y altura en gramas nativas del trópico mexicano. Téc. Pec. Méx. 47:79-92.
- Enríquez Q.F.J., Meléndez N.F., Bolaños A.E.D. 1999. Tecnología para



**Figura 5.** Planta de *Dolichos lablab*, sembradas en asociación con *Cynodon plectostachyus*.

- la Producción y Manejo de Forrajes Tropicales en México. INIFAP. Libro Técnico No. 7. 261p.
- García E. 1973. Modificación del sistema de clasificación climática (adaptado a las condiciones de la República Mexicana). Instituto de Geografía. UNAM. México. pp. 348-357.
- Holmann F. Argel P., Pérez E. 2008. Impacto de la Adopción de Forrajes Mejorados en Fincas de Pequeños Productores en Centroamérica. Análisis Expost. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT); International Livestock Research Institute (ILRI), Cali, Colombia.
- Ramírez R.O., Pérez P.J., Hernández G.A., Herrera H.J.G., Martínez H.P.A. 2003. Evaluación del rendimiento y la utilización de la asociación estrella-clitoria cosechada a diferente asignación de forraje. Técnica Pecuaria en México. 41(2): 219-230.
- Toledo A.M. 1997. Compatibilidad relativa de cuatro leguminosas forrajeras con el pasto Estrella de Africa (*Cynodon plectostachyus* K. Schum) en Huehuetán, Chiapas. Tesis de licenciatura. Huehuetán, Chiapas, México. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Chiapas. 73 p.
- Toledo, J.M., Fisher M.J. 1989. Aspectos fisiológicos de *Andropogon gayanus* su compatibilidad con las leguminosas forrajeras. En: S.M. Toledo, R. Vera, C. Lazcano y J. L. Lenné (eds). *Andropogon gayanus* Kunth un pasto para suelos ácidos del trópico. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. P. 69-104
- Zamudio de la C.G. 1998. Crecimiento y componentes del rendimiento y grado de asociabilidad del pasto Estrella (*Cynodon plectostachyus*) y kudzú (*Pueraria phaseoloides*) en Huehuetán, Chiapas, Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma de Chiapas. Facultad de Ciencias Agrícolas.