

**AGRO**  
PRODUCTIVIDAD

**AAP**

 **ÍNDICE DE REVISTAS MEXICANAS**  
CONACYT DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

DISTRIBUCIÓN Y DIVERSIDAD DE  
(*Zea mays* L.)  
**Maíces nativos**  
EN EL ALTIPLANO DE TAMAULIPAS, MÉXICO

pág. 124

Año 11 • Volumen 11 • Número 1 • enero, 2018

|   |    |
|---|----|
| EFFECTO DEL ESTRÉS HÍDRICO Y NITRÓGENO EN LAS RAÍCES DE VARIEDADES HIBRIDAS Y CRIOLLAS DE MAÍZ ( <i>Zea mays</i> L.)                      | 3  |
| INSECTOS BENÉFICOS ASOCIADOS AL CONTROL DEL GUSANO COGOLLERO ( <i>Spodoptera frugiperda</i> ) EN EL CULTIVO DE MAÍZ ( <i>Zea mays</i> L.) | 9  |
| DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO TÉCNICO Y ECONÓMICO EN MAÍZ ( <i>Zea mays</i> L.) MODALIDAD TEMPORAL DEL ESTADO DE MÉXICO                        | 15 |
| RENDIMIENTO DE MAIZ ( <i>Zea mays</i> L.) Y RESPUESTA A FUENTES Y DOSIS DE FERTILIZANTES, Y BIOFERTILIZANTES, EN GUERRERO, MÉXICO         | 22 |
| EVALUACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE COMPOSTA COMO ESTRATEGIA DE FERTILIZACIÓN EN EL CULTIVO DE MAÍZ ( <i>Zea mays</i> L.)                 | 32 |
| MAÍZ ( <i>Zea mays</i> L.) Y SEGURIDAD ALIMENTARIA EN EL MUNICIPIO DE CALPAN, PUEBLA-MÉXICO   | 37 |

y más artículos de interés...

# Guía para autores

## Estructura

Agroproductividad es una revista de divulgación científica y tecnológica, auspiciada por el Colegio de Postgraduados de forma mensual para entregar los resultados obtenidos por los investigadores en ciencias agrícolas y afines. En ella se publica información original y relevante para el 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 *italicas*.

**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, fotografías, gráficas, diagramas. Las fotografías serán a colores y con una resolución de 300 dpi en formato JPEG, TIFF o RAW y las gráficas o diagramas serán en formato de vectores (CDR, EPS, AI, WMF o XLS).

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

### Citas 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.

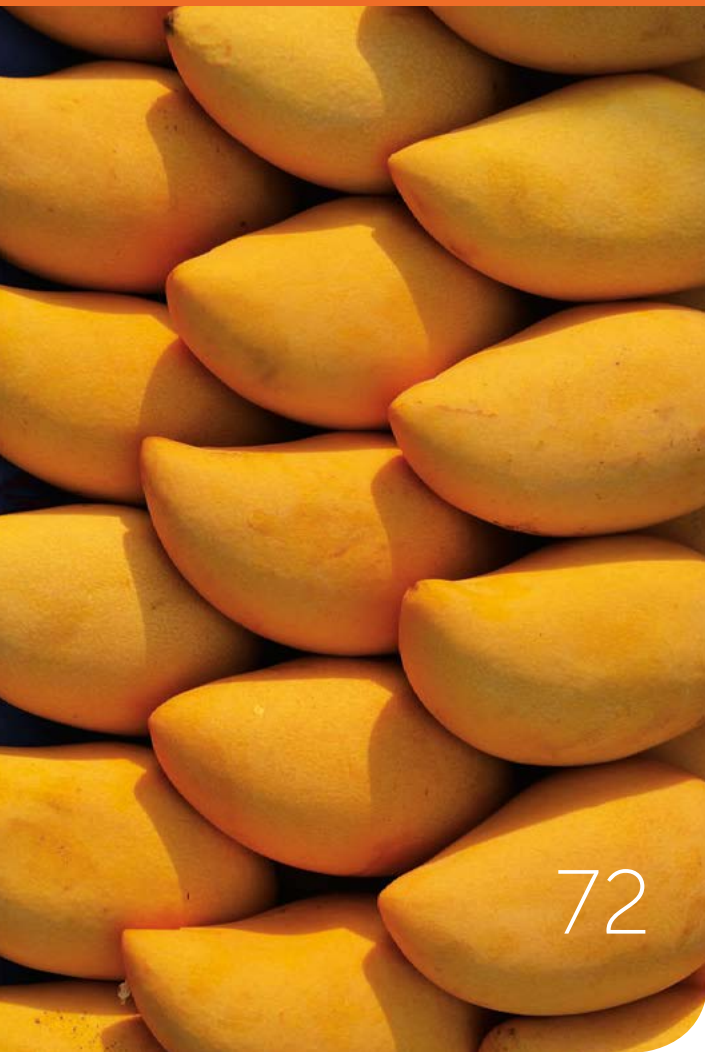
Los autores ceden los derechos patrimoniales y aceptan que los artículos sean publicados en formato físico y electrónico, incluido internet.

El costo por publicación aceptada es \$3500.00 MX.

Año 11, Volumen 11, número 1, enero 2018, Agro productividad es una publicación mensual editada por el Colegio de Postgraduados. Carretera México- Texcoco Km. 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México. CP 56230. Tel. 5959284427. www.colpos.mx. Editor responsable: Dr. Jorge Cadena Iñiguez. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2017-031313492200-203. ISSN: 2594-0252, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Subdirección de Organización y Cómputo del Colegio de Postgraduados, Dr. Martiniano Castro Popoca, Carretera México- Texcoco Km. 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México, CP 56230. Tel. 58045980 ext. 1035. Fecha de última modificación, 31 de enero de 2018.

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

Queda prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del Colegio de Postgraduados.



# Contenido

|     |  |
|-----|--|
| 3   | EFFECTO DEL ESTRÉS HÍDRICO Y NITRÓGENO EN LAS RAÍCES DE VARIEDADES HÍBRIDAS Y CRIOLLAS DE MAÍZ ( <i>Zea mays</i> L.)   |
| 9   | INSECTOS BENÉFICOS ASOCIADOS AL CONTROL DEL GUSANO COGOLLERO ( <i>Spodoptera frugiperda</i> ) EN EL CULTIVO DE MAÍZ ( <i>Zea mays</i> L.)  |
| 15  | DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO TÉCNICO Y ECONÓMICO EN MAÍZ ( <i>Zea mays</i> L.) MODALIDAD TEMPORAL DEL ESTADO DE MÉXICO   |
| 22  | RENDIMIENTO DE MAÍZ ( <i>Zea mays</i> L.) Y RESPUESTA A FUENTES Y DOSIS DE FERTILIZANTES, Y BIOFERTILIZANTES, EN GUERRERO, MÉXICO  |
| 32  | EVALUACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE COMPOSTA COMO ESTRATEGIA DE FERTILIZACIÓN EN EL CULTIVO DE MAÍZ ( <i>Zea mays</i> L.)  |
| 37  | MAÍZ ( <i>Zea mays</i> L.) Y SEGURIDAD ALIMENTARIA EN EL MUNICIPIO DE CALPAN, PUEBLA-MÉXICO  |
| 44  | PREFERENCIA DE LOS CONSUMIDORES Y DISPONIBILIDAD A PAGAR POR CONSUMO DE ELOTES DE MAYOR CALIDAD  |
| 49  | USO DE PROGRAMA IRRIMODEL PARA LA PROGRAMACION DE RIEGO POR GOTEO EN EL CULTIVO DE MAÍZ ( <i>Zea mays</i> L.)  |
| 56  | CALIDAD DE AGUA PARA RIEGO AGRÍCOLA EN EL AGUA SUBTERRÁNEA DE LA ZONA ÁRIDA DEL SUROESTE DE TAMAULIPAS, MÉXICO   |
| 62  | CALIDAD DE LOS FRUTOS DE <i>Pouteria sapota</i> (Jacq.) Moore & Stearn Y TOLERANCIA AL AIRE CALIENTE FORZADO HÚMEDO  |
| 72  | TRATAMIENTO TÉRMICO PARA CONTROL DE ANTRACNOSIS ( <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> (Penz.) Penz & Sacc) PARA MEJORAR CALIDAD DE FRUTOS DE MANGO ( <i>Mangifera indica</i> L.) cv. ATAULFO             |
| 80  | MANEJO DEL AGROECOSISTEMA COCOTERO, CON ÉNFASIS EN EL AMARILLAMIENTO LETAL DEL COCOTERO ( <i>Cocos nucifera</i> L.)  |
| 88  | ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LAS PRÁCTICAS LOCALES DE CRÍA Y MANEJO DEL GUAJOLOTE NATIVO ( <i>Meleagris gallopavo</i> L.) EN CAMPECHE, MÉXICO   |
| 95  | COMPLEJO ENZIMÁTICO QUITINASA - DESHIDROGENASA 5: EVALUACIÓN DE SU EFICACIA Y PERSISTENCIA EN INFESTACIONES NATURALES DE <i>Rhipicephalus</i> ( <i>Boophilus</i> ) <i>microplus</i> EN BOVINOS DEL TRÓPICO |
| 99  | MÁRGENES DE COMERCIALIZACIÓN DE CARNE BOVINA PROVENIENTE DE TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO, Y COMERCIALIZADA EN EL VALLE MÉXICO   |
| 105 | VENTAJA COMPARATIVA REVELADA DE LA FRESA ( <i>Fragaria</i> spp.) MEXICANA EN LOS MERCADOS IMPORTADORES   |
| 111 | EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN LECHERA FAMILIAR  |
| 118 | AZÚCAR CONTRA OTROS EDULCORANTES: ¿CUÁNTO PAGAS POR CALORÍA?   |
| 124 | DISTRIBUCIÓN Y DIVERSIDAD DE MAÍCES NATIVOS ( <i>Zea mays</i> L.) EN EL ALTIPLANO DE TAMAULIPAS, MÉXICO  |
| 131 | ANÁLISIS DE LOS FACTORES QUE DETERMINAN EL CRECIMIENTO DEL SECTOR AGRÍCOLA DE MÉXICO   |
| 136 | ANÁLISIS MULTI-RESIDUAL DE PLAGUICIDAS DE USO AGRÍCOLA EN NARANJAS ( <i>Citrus x sinensis</i> Osbeck) DE MONTEMORELOS, NUEVO LEÓN, MÉXICO  |

SAGARPA  
SECRETARÍA DE AGRICULTURA,  
GANADERÍA, DESARROLLO RURAL,  
PESCA Y ALIMENTACIÓN



CONACYT  
ÍNDICE DE REVISTAS MEXICANAS  
DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



Corrección de estilo: Hannah Infante Lagarda

Maquetación: Mario Alejandro Rojas Sánchez

Suscripciones, ventas, publicidad, contribuciones de autores:

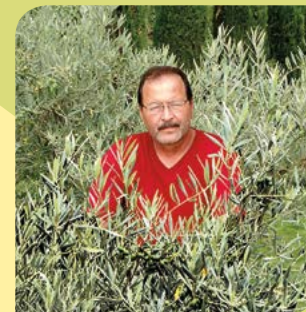
Guerrero 9, esquina Avenida Hidalgo, C.P. 56220, San Luis Huexotla, Texcoco, Estado de México.

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

Impresión 3000 ejemplares.

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

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



Dr. Jorge Cadena Iñiguez

## Directorio

Said Infante Gil  
Editor General del Colegio de Postgraduados

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

Jorge Cadena Iñiguez  
Director de Agroproductividad

Fernando Carlos Gómez Merino  
Director Adjunto de Agroproductividad

### Comité Técnico-Científico

Colegio de Postgraduados—Montecillo  
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

Colegio de Postgraduados—San Luis Potosí  
Fernando Clemente Sánchez  
Dr. Ing. Agr. Fauna Silvestre

Luis Antonio Tarango Arámbula  
Dr. Ing. Agr. Fauna Silvestre

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


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

Instituto Interamericano de Cooperación  
para la Agricultura  
(Guatemala)  
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

## Editorial

Volumen 11 • Número 1 • enero, 2018.

Entender la complejidad de los procesos y funciones biológicas en cualquier organismo requiere la identificación de todos los genes, sus isoformas alternativas y la variación de sus perfiles de expresión entre tipos celulares, tejidos y órganos, frente a determinada condición externa. A este respecto las ciencias Ómicas (Genoma, Transcriptoma, Proteoma y Metaboloma) ayudan en la actualidad a investigar a los organismos desde un enfoque de biología de sistemas (Systems Biology) que puede facilitar el ensamblaje de las partes de la causalidad. Este enfoque ha tomado un auge importante en los últimos años, ya que la flexibilidad y capacidad de poder interpretar el contenido del gen de un organismo de interés donde la secuencia del genoma no está disponible, la ha convertido en un área destacada de la investigación bioprospectiva. Una de las aplicaciones más importantes de las tecnologías de next-generation sequencing (NGS), por ejemplo, es la secuenciación de una población de RNAm (RNA-seq) que refiere a un procedimiento experimental que genera lecturas de DNA a partir del RNA (transcritos) de un organismo, y proporciona un medio poderoso y rentable para construir y caracterizar el transcriptoma de un organismo para el descubrimiento de genes y la medición de la expresión génica. Aunque el costo de la secuenciación está disminuyendo rápidamente, estas tecnologías son todavía costosas y plantean problemas de cómputo sustanciales, lo más importante es el ensamblaje preciso de millones/miles de millones de lecturas de secuencias para construir el transcriptoma completo.  AGRO PRODUCTIVIDAD invita a los investigadores y estudiantes de estas ciencias a publicar sus resultados en números especiales en este año 2018.

Dr. Jorge Cadena Iñiguez  
Director de 

# EFECTO DEL ESTRÉS HÍDRICO Y NITRÓGENO EN LAS RAÍCES DE VARIETADES HÍBRIDAS Y CRIOLLAS DE MAÍZ (*Zea mays* L.)

## EFFECT OF WATER AND NITROGEN STRESS ON ROOTS OF HYBRID AND CREOLE VARIETIES OF MAIZE (*Zea mays* L.)

Villalobos-González, A.<sup>1\*</sup>; López-Castañeda, C.<sup>2</sup>; Miranda-Colín, S.<sup>2</sup>; Aguilar-Rincón V.H.<sup>2</sup>; López-Hernández M.B.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Edzná-INIFAP. Carretera Campeche-Pocuyaxum, km 15.5. Mpio. Campeche Campeche, México. C.P. 24520. Tel: (981) 81 39748. Ext. 100 y 310. <sup>2</sup>Genética, Colegio de Postgraduados. Carretera México-Texcoco km 36.5 Montecillo, Texcoco, Estado de México. C.P. 56230, Tel. 01 595 9520200. Ext. 1587.

\*Autor responsable: villalobos.antonio@inifap.gob.mx

### RESUMEN

Con el objetivo de evaluar la respuesta de un grupo de variedades híbridas y criollas de maíz (*Zea mays* L.), en términos de acumulación de materia seca de raíces, en condiciones de riego, sequía y deficiencia de nitrógeno en invernadero, se evaluaron dos híbridos antiguos (H-28 y H-30), dos modernos (H-48 y H-50), y dos criollos (grano blanco y azul). Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con dos repeticiones en un arreglo factorial 4x2, y la unidad experimental fue de un tubo (PVC, 1 m x 4"), lleno con suelo migajón-limoso (CC=33.9% y PMP=21.1%). Las variantes de maíz se sometieron a riego durante su ciclo biológico; S<sub>1</sub> sin riego 10 días (30-40 dds); S<sub>2</sub> sin riego 20 días (50-70 dds), y S<sub>3</sub> sin riego 30 días (70-100 dds) con alto nitrógeno (AN, 160-40-20) y bajo nitrógeno (BN, 80-40-20) aplicado en la siembra. La disminución del contenido hídrico edáfico se reflejó en mayor ( $p \leq 0.05$ ) acumulación de materia seca en raíces en las plantas sometidas a sequía. Las plantas bajo sequía produjeron mayor peso seco de raíces que las de riego. Estas diferencias entre tratamientos de humedad edáfica fueron mayores que las observadas entre niveles de nitrógeno. En promedio la acumulación de materia seca de raíces fue mayor ( $p \leq 0.05$ ) en las variedades mejoradas que en las criollas en condiciones de sequía y deficiencia de nitrógeno.

**Palabras clave:** maíz, nivel de nitrógeno, sequía.

### ABSTRACT

With the objective of evaluating the response from a group of hybrid and Creole varieties of maize (*Zea mays* L.), in terms of accumulation of dry material from roots, under conditions of irrigation, drought and nitrogen deficiency in greenhouse, two old hybrids (H-28 and H-30), two modern (H-48 and H-50), and two Creole (white and blue grain) maize varieties were evaluated. A completely random block design with two repetitions in a 4x2 factorial arrangement was used, and the experimental unit was of one tube (PVC, 1 m x 4"), filled with sandy loam soil (CC=33.9% and PMP=21.1%). The maize variants were subject to irrigation during their biological cycle; S<sub>1</sub>, 10 days without irrigation (30-40 dds); S<sub>2</sub>, 20 days without irrigation (50-70 dds), and S<sub>3</sub>, 30 days without irrigation (70-100 dds) with high nitrogen (AN, 160-40-20) and low nitrogen (BN, 80-40-20) applied in the sowing. The decrease of soil hydric content was reflected in a higher ( $p \leq 0.05$ ) accumulation of dry matter

in the roots of plants subject to drought. The plants under drought produced a higher dry weight of roots than those under irrigation. These differences between soil moisture were higher than those observed between levels of nitrogen. The average accumulation of dry matter from roots was higher ( $p \leq 0.05$ ) in improved varieties than in Creole ones under conditions of drought and nitrogen deficiency.

**Keywords:** maize, nitrogen level, drought.

## INTRODUCCIÓN

**Un sistema** radicular bien desarrollado con suficiente elongación de la raíz es muy importante para el crecimiento de las plantas, particularmente con suministro limitado de agua y nutrientes (Khan *et al.*, 2012), y características del sistema radical relacionadas con la absorción de nutrientes y agua pueden utilizarse en estrategias de manejo que incrementen la utilización de los mismos (Delgado *et al.*, 2008). El sistema radical en condiciones de sequía y bajo nitrógeno ha sido poco estudiado; las características de la raíz, importantes para un mejor comportamiento del cultivo en condiciones de bajo contenido de nitrógeno, son inexploradas (Smith y Zobel, 1991). Zobel (1975) demostró la amplia capacidad de algunas variedades para modificar sus sistemas radicales en respuesta al estrés, mientras que otras tuvieron menor capacidad de adaptarse al estrés con pérdidas del rendimiento mucho más extremas. Gran parte de esta variación parece ser heredable y, por lo tanto, sujeta a selección con fines de mejoramiento (Zobel, 1991). Estudios iniciales en líneas experimentales de maíz (*Zea mays* L.) bajo diferentes niveles de nitrógeno mostraron amplias diferencias entre líneas en la plasticidad del sistema radical en respuesta a los niveles de nitrógeno (Smith *et al.*, 1995). La mayoría de las técnicas para el estudio de la variabilidad en densidad de raíces en campo tienen la desventaja de ser métodos destructivos, costosos y difíciles de utilizar, por lo que Chloupek (1972 y 1977) propuso la utilización de la capacitancia eléctrica como método para medir el volumen de raíces en estudios de mejoramiento genético. Este método es no destructivo, rápido, barato y permite "observar" las raíces en el campo, particularmente las laterales y las determinantes de 90% de la superficie de absorción (Zobel, 1989). Evaluaciones preliminares del área de la superficie del sistema radical utilizando este enfoque mostraron diferencias entre materiales genéticos, los cuales respondieron de diferente forma a la disponibilidad de nitrógeno (Smith *et al.*, 1995). Al considerar que la variación genética en caracteres de los órganos aéreos de la planta se ha refinado extensivamente a través del mejoramiento en maíz, la variabilidad en el sistema radical ha sido explotada solo

indirectamente a través del mejoramiento a la fecha. La selección directa no-destructiva para caracteres de crecimiento de las raíces puede guiar a ganancias importantes en la productividad del maíz, particularmente en ambientes relacionados con estrés en el suelo (Smith *et al.*, 1995). La vulnerabilidad del cultivo de maíz al estrés ambiental en condiciones de secano se agudiza con el calentamiento global; y en estas condiciones, determinar la respuesta de las plantas a la sequía y deficiencias de nitrógeno será útil para identificar atributos útiles para la selección. El presente trabajo tuvo como objetivo estudiar la respuesta de un grupo de variedades híbridas y criollas de maíz de Valles Altos de México en la acumulación de materia seca de raíces (AMSR) en riego (R) y sequía (S), con alto (AN) y bajo nitrógeno (BN), en condiciones de invernadero.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en un invernadero en el área de resistencia a sequía, Colegio de Postgraduados en Montecillo, Estado de México (19° 21' N, 98° 55' O y 2250 m). Se evaluaron cuatro híbridos de maíz producidos por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) para condiciones de secano en Valles Altos y dos materiales criollos colectados en el Municipio de España, Tlaxcala, México. El material genético del INIFAP representa a los híbridos comerciales producidos entre 1960-2000. Los liberados entre 1961 y 1973 se clasifican como antiguos y los de 1999 como modernos (Cuadro 1).

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con dos repeticiones en un arreglo factorial 4×2, al corresponder a cuatro

**Cuadro 1.** Variedades de *Zea mays* L., evaluadas.

| Variedad                    | Año de liberación |
|-----------------------------|-------------------|
| H-28 <sup>†</sup>           | 1961              |
| H-30 <sup>†</sup>           | 1973              |
| H-48 <sup>‡</sup>           | 1999              |
| H-50 <sup>†</sup>           | 1999              |
| Criollo blanco <sup>§</sup> | 2013              |
| Criollo azul <sup>§</sup>   | 2013              |

<sup>†</sup>Híbrido de cruzada doble, <sup>‡</sup>Híbrido trilineal; <sup>§</sup>Germoplasma recolectado en el Municipio de España, Tlaxcala, por el Dr. Cándido López-Castañeda, Programa de Postgrado en Recursos Genéticos y Productividad-Genética, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México en otoño-invierno 2013.

tratamientos de humedad edáfica y dos niveles de fertilización para todas las variedades. La unidad experimental fue un tubo de PVC de 4" de diámetro y 1 m de largo, con una bolsa cilíndrica de plástico de las mismas dimensiones en su interior, llena con suelo esterilizado de textura migajón-limoso (34% de arena, 56% de limo y 10% de arcilla) con capacidad de campo (CC) de 33.9%, porcentaje de marchitamiento permanente (PMP) de 21.1% y densidad aparente de  $1.08 \text{ g cm}^{-3}$  (Laboratorio de Física de Suelos, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México). La siembra se realizó el cinco de mayo de 2013, al utilizar semillas con un peso de  $350 \pm 5 \text{ mg}$  en cada unidad experimental.

Los tratamientos de humedad edáfica (HE) y fertilización en el suelo fueron; riego (R), que consistió en mantener la HE cercana a capacidad de campo (CC) hasta la madurez; sequía 1 ( $S_1$ ) sin R por 10 días (d) cuando las plantas tuvieron 30 días después de la siembra (dds); sequía 2 ( $S_2$ ) sin R por 20 d cuando las plantas tenían 50 dds, y sequía 3 ( $S_3$ ) sin R por 30 d para plantas con 70 dds; al finalizar los periodos de sequía se aplicó un riego de recuperación (RR) en cada tratamiento de deficiencias hídricas edáficas con la aplicación de riegos subsecuentes hasta la madurez. Los tratamientos de fertilización se aplicaron al momento de la siembra; alto nitrógeno (AN) con 160-40-20 y bajo nitrógeno (BN) con 80-40-20, al utilizar como fuente de nitrógeno (N), fósforo y potasio; urea, superfosfato de calcio triple y cloruro de potasio, respectivamente. Para el control de pulgón se aplicó  $1 \text{ L ha}^{-1}$  Engeo® a los 38 dds. Se midió la acumulación de materia seca en las raíces

(AMSR); se obtuvo al sumar el peso seco de las raíces (PSR) extraído de diferentes estratos (0-20, 20-40, 40-60, 60-80 y 80-100 cm) del suelo en los diferentes tratamientos de humedad y nitrógeno.

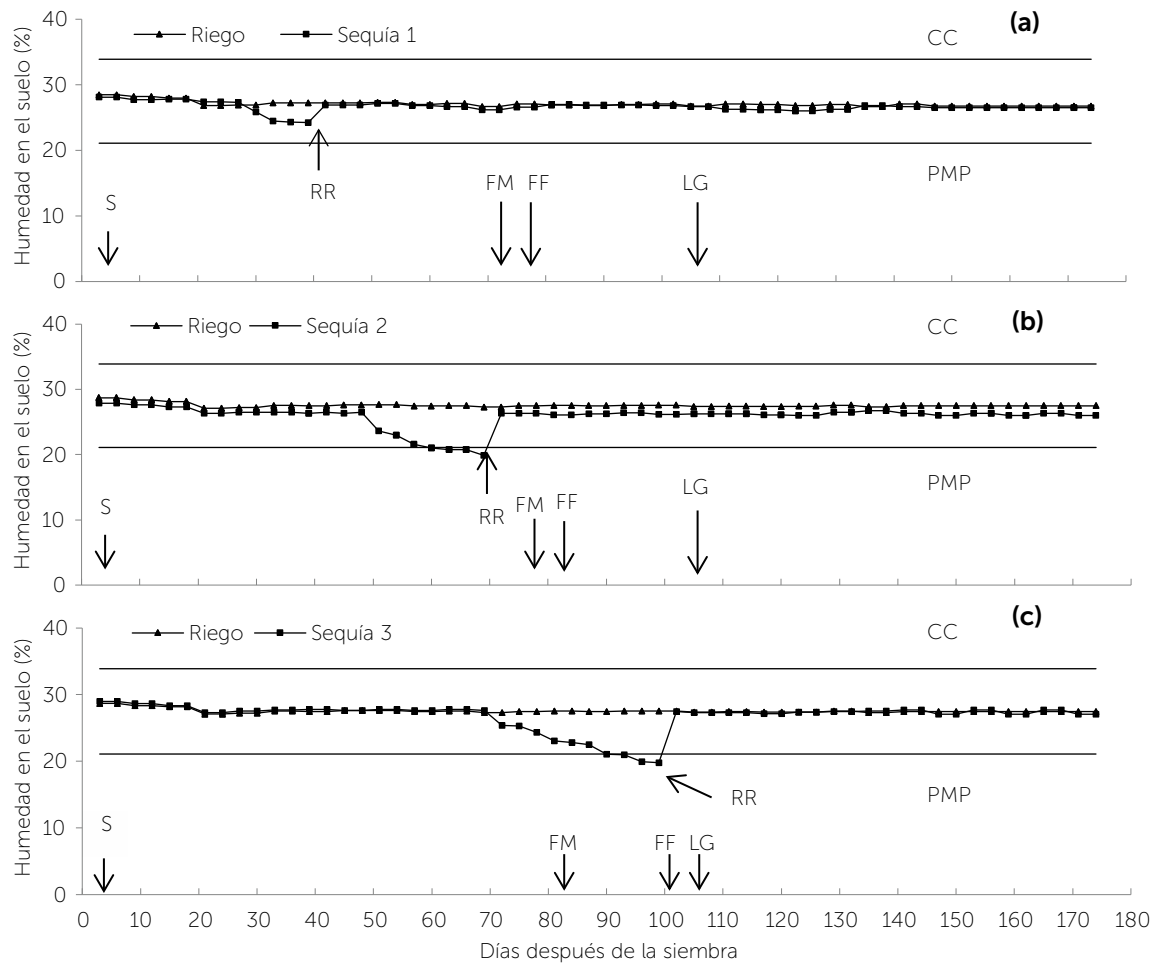
El contenido hídrico edáfico (CHE) se determinó al pesar los tubos tres veces por semana en todos los tratamientos de HE y N; en R se agregó la cantidad de agua perdida por transpiración entre fechas sucesivas de pesaje, manteniendo la humedad cercana a CC hasta la madurez fisiológica (MF); en  $S_1$  se suspendió el R entre los 30 y 40 dds y la humedad aprovechable disminuyó 75% sin alcanzar el PMP (Figura 1a); en  $S_2$  el R se suspendió entre los 50 y 70 dds y la humedad aprovechable descendió por debajo de PMP, entre los 60 y 70 dds (Figura 1b), y en  $S_3$  se dejó de aplicar R entre los 70 y 100 dds y la humedad del suelo disminuyó por debajo del PMP entre los 88 y 100 dds (Figura 1c); se aplicó RR en  $S_1$ ,  $S_2$  y  $S_3$  al finalizar los tratamientos de sequía y se aplicaron riegos subsecuentes después del RR hasta la MF. La cantidad total de agua transpirada se calculó al sumar las pérdidas de agua estimadas en cada tubo durante el experimento. Los datos experimentales se analizaron con SAS para Windows Versión 9.0 (SAS, 2002) en forma individual y combinada. Para comparar las medias se usó DMS de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El contenido hídrico del suelo en el tratamiento de R se mantuvo cercano a CC durante el experimento; en  $S_1$  el contenido de humedad en el suelo disminuyó 75% de CC al finalizar el periodo de S (40 dds), en  $S_2$  y  $S_3$  el contenido hídrico del suelo alcanzó un nivel inferior al PMP entre los 60 y 70 dds, y entre los 98 y 105 dds, respectivamente (Figura 1). La cantidad de humedad disponible durante el ciclo de las plantas en R fue favorable para el crecimiento y desarrollo de las plantas, sin que se observaran síntomas de deficiencias hídricas (Figura 1). Las deficiencias hídricas edáficas registradas en  $S_1$ ,  $S_2$  y  $S_3$  modificaron el estado hídrico de las plantas con AN y BN, ocasionando diferentes niveles de marchitamiento a medida que el contenido hídrico del suelo fue descendiendo en valores inferiores al PMP (Figura 1). Las deficiencias hídricas edáficas disminuyen severamente el contenido hídrico de la planta, causando altos niveles de estrés y fuertes reducciones en el rendimiento de semilla, biomasa aérea, número de vainas y semillas normales, y peso de la semilla, cuando la S coincide con la floración y la formación de la semilla (Barrios-Gómez y López-Castañeda, 2009). Galván-Tovar *et al.* (2006) determinaron que el potencial hídrico foliar de las plantas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo estrés hídrico reflejaron el contenido hídrico del suelo antes del amanecer ( $r^2=0.90$ ), cuando las plantas recuperaron su turgencia durante la noche.

### Materia seca en el sistema radical

Las raíces de la planta son los órganos que crecen y se desarrollan en contacto con el suelo, y son las primeras partes de la planta que experimentan los cambios en el contenido hídrico del suelo; la acumulación de materia seca en las raíces (AMSR) fue mayor ( $P \leq 0.05$ ) en las plantas sometidas a S ( $S_1=11$ ,  $S_2=12.9$  y  $S_3=16.8 \text{ g planta}^{-1}$ ) que en las plantas bajo R ( $8.5 \text{ g planta}^{-1}$ ) (Cuadro 2); en  $S_1$ ,  $S_2$  y  $S_3$ ; la AMSR fue 29.4, 51.8 y 97.6% mayor que en R y estas diferencias entre tratamientos de humedad edáfica fueron mayores que las



**Figura 1.** Contenido hídrico del suelo en riego y sequía 1 (a), riego y sequía 2 (b) y riego y sequía 3 (c) en invernadero, ciclo de verano-otoño 2013. Montecillo, Estado de México. CC=capacidad de campo; PMP=porcentaje de marchitamiento permanente; S=siembra; FM=floración masculina; FF=floración femenina; LG=llenado de grano; RR=riego de recuperación.

observadas entre niveles de N (riego con AN=22%; S<sub>1</sub> con AN=5%, S<sub>2</sub> con AN=9% y S<sub>3</sub> con AN=21%) (Cuadro 2); la elongación de las raíces en suelos que experimentan pérdidas de humedad está limitada por una combinación de impedancia o resistencia mecánica a la penetración por las raíces y el estrés hídrico; y se estima

que la elongación de las raíces se reduce 50% en suelos con resistencia a la penetración >0.8-2 MPa en ausencia de estrés hídrico y potencial matricial de -0.5 MPa en ausencia de impedancia mecánica (Bengough *et al.*, 2011). El N que es asimilado por las plantas y sus efectos en las diferentes etapas de su desarrollo, en particular

**Cuadro 2.** Acumulación de materia seca en raíces de *Zea mays* L., en riego, sequía 1, sequía 2 y sequía 3, con alto (AN) y bajo nitrógeno (BN) en condiciones de invernadero, ciclo de verano-otoño 2013. Montecillo, Texcoco, Estado de México.

| Variedades     | Riego (g) |     | Sequía 1 (g) |      | Sequía 2 (g) |      | Sequía 3 (g) |      |
|----------------|-----------|-----|--------------|------|--------------|------|--------------|------|
|                | AN        | BN  | AN           | BN   | AN           | BN   | AN           | BN   |
| H-50           | 9.3       | 8.3 | 14.3         | 13.1 | 15.6         | 15.4 | 21.7         | 16.3 |
| H-48           | 11.2      | 7.4 | 12.3         | 11.7 | 12.6         | 12.6 | 21.8         | 14.3 |
| H-30           | 8.1       | 6.3 | 9.4          | 9.0  | 10.6         | 10.4 | 17.2         | 12.8 |
| H-28           | 7.2       | 6.5 | 8.6          | 8.5  | 12.1         | 9.2  | 17.8         | 12.5 |
| Criollo Blanco | 11.2      | 9.4 | 12.0         | 11.6 | 15.0         | 13.8 | 17.9         | 17.4 |
| Criollo Azul   | 9.8       | 6.4 | 11.2         | 10.3 | 15.0         | 12.4 | 16.4         | 15.7 |
| Media general  | 9.5       | 7.4 | 11.3         | 10.7 | 13.4         | 12.3 | 18.8         | 14.8 |
| DMS (P≤0.05)   | 1.5       | 1.0 | 1.0          | 1.0  | 1.6          | 1.45 | 1.3          | 1.5  |



NO<sub>3</sub>, puede afectar la tasa de germinación de las semillas, la expansión de la hoja y materia seca de raíz (Andrews *et al.* 2013).

Otros estudios han determinado que el estrés hídrico aumenta la proporción de peso seco de raíces a parte aérea (cociente raíz/parte aérea) (Brouwer, 1983), debido a un desbalance en la asignación de materia seca entre las raíces y los órganos aéreos (Lambers, 1983). Las diferencias en el potencial de turgencia entre las hojas y las raíces pueden causar diferencias en la tasa de alargamiento entre la raíz y la parte aérea como resultado del estrés hídrico, y esto a su vez podría influir en el desbalance en la asignación de materia seca entre la raíz y la parte aérea (Schildwacht, 1988). Las plantas en condiciones de alto nitrógeno en el suelo produjeron mayor cantidad de materia seca en el sistema radical que en bajo nitrógeno; por ejemplo, el H-48 en R (Figura 2a y e) y H-50 en S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> y S<sub>3</sub> (Figura 3a, b, c, d, e y f); Bänziger *et al.* (2012) indican que en condiciones de estrés por deficiencia de nitrógeno las plantas de maíz favorecen el crecimiento radical más que el aéreo, y en consecuencia, la proporción raíz/parte aérea aumen-

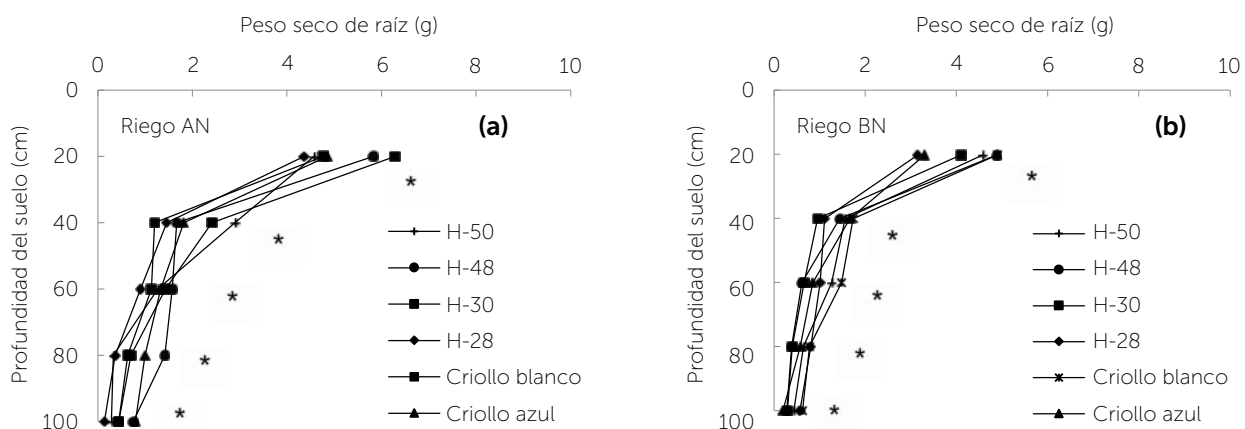
ta; sin embargo, señalan que la cantidad absoluta de raíces suele ser menor en plantas que padecen estrés por falta de N que las que se siembran con una fertilización de N normal.

## CONCLUSIONES

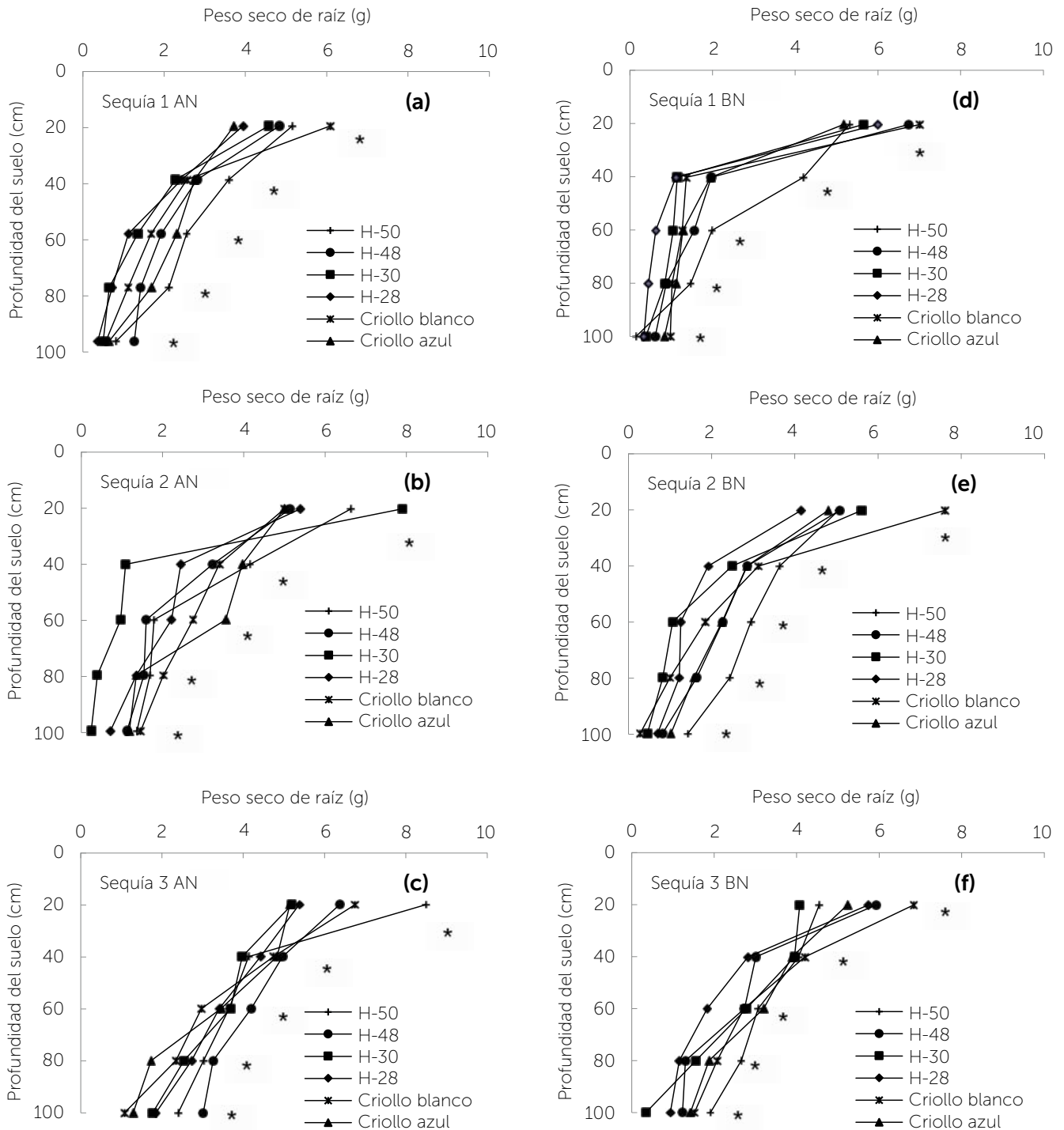
Las variedades híbridas superaron a las criollas en su capacidad de recuperación al estrés hídrico, lo que permitió mayor acumulación de materia seca de raíces en condiciones de sequía y deficiencias de nitrógeno.

## LITERATURA CITADA

- Andrews M., Raven J.A., Lea P.J. 2013. Do plants need nitrate? The mechanisms by which nitrogen form affects plants. *Annals of applied biology* 163: 174-199.
- Bänziger M., Edmeades G.O., Beck D., Bellon M. 2012. Mejoramiento para aumentar la tolerancia a sequía y a deficiencia de nitrógeno en el maíz: De la teoría a la práctica. México, D.F.: CIMMYT. 61 p.
- Barrios-Gómez E.J., López-Castañeda C. 2009. Temperatura base y tasa de extensión foliar en frijol. *Agrociencia* 43: 29-35.
- Bengough A.G., McKenzie B.M., Hallett P.D., Valentine T.A. 2011. Root elongation, water stress, and mechanical impedance: A review of limiting stresses and beneficial root tip traits. *Journal of Experimental Botany* 62: 59-68.
- Brouwer R. 1983. Functional equilibrium: sense or nonsense? *Netherlands Journal of Agricultural Sciences* 31: 335-348.
- Chloupek O. 1972. The relationship between electric capacitance and some other parameters of plant roots. *Biologia Plantarum* 14: 227-230.
- Chloupek O. 1977. Evaluation of the size of a plant's root system using its electrical capacitance. *Plant and Soil* 48: 525-532.
- Delgado R., Castro L., Cabrera B.E., Vicente S.F., Mujica M.J., Canache S., Navarro L., Noguera I. 2008. Evaluación de algunas características del sistema radical del maíz (híbrido INIA 68) cultivado bajo labranza mínima y convencional en un suelo de Maracay, Venezuela. *Agronomía tropical*. 58: 427-438.
- Galván-Tovar M., Kohashi-Shibata J., López-Castañeda C., Acosta-Gallegos J.A., Martínez-Garza A. † y García-Esteva A. 2006. Equilibrio en el potencial hídrico al amanecer entre hojas de frijol común bajo déficit hídrico edáfico. *Ingeniería Hidráulica en México* 21: 69-81.
- Khan M.B., Yousaf F., Hussain M., Haq W.M., Lee D.J., Farooq M. 2012. Influence of planting methods on root development, crop productivity and water use efficiency in maize hybrids. *Chilean Journal of Agricultural Research* 72: 556-563.
- Lambers H. 1983. "The functional equilibrium", nibbling on the edges of a paradigm. *Netherlands Journal of Agricultural Sciences* 31: 305-311.
- SAS. 2002. Statistical Analysis System. The SAS System Release 9.0 for Windows, SAS Institute.
- Schildwacht G. 1988. Changes in the osmotic potential of the roots as factor in the decrease in the root-shoot ratio of *Zea mays* plants under water stress. *Plant and Soil* 111: 271-275.
- Smith M.E., Zobel R.W. 1991. Plant genetic interactions in alternative cropping systems:



**Figura 2.** Peso seco de raíz de *Zea mays* L., en riego con alto (a) y bajo nitrógeno (b) en condiciones de invernadero, ciclo de verano-otoño 2013. Montecillo, Texcoco, Estado de México. \* Diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ).



**Figura 3.** Peso seco de raíz *Zea mays* L., en sequía 1 con alto y bajo nitrógeno (a y d), sequía 2 con alto y bajo nitrógeno (b y e), y sequía 3 con alto y bajo nitrógeno (c y f), en condiciones de invernadero, ciclo de verano-otoño 2013. Montecillo, Texcoco, Estado de México. \*Diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ).

Considerations for breeding methods. *In*: D.A. Sleper *et al.* (eds.), Plant Breeding and Sustainable Agriculture: Considerations for Objectives and Methods. CSSA Special Publication No. 18. Madison, WI, U.S.A. Pp. 57-81.

Smith M.E., Miles C.A., Been J.V. 1995. Genetic improvement of maize for nitrogen use efficiency. *In*: D.C. Jewell, S.R. Waddington, J.K. Ransom and K.V. Pixley (eds.). 1995. Maize Research for Stress Environments. Proceedings of the Fourth Eastern and Southern Africa Regional Maize Conference, held at Harare, Zimbabwe, 28 March - 1 April 1994. México, D.F. CIMMYT, Pp. 76-80.

Zobel R.W. 1975. The genetics of root development. *In*: J.G. Torrey and D.F. Clarkson (eds.). The Development and Function of Roots. Academic Press, London. Pp. 261-275.

Zobel R.W. 1989. Steady-state control and investigation of root system morphology. *In*: J.G. Torrey and L. Winship (eds.). Steady-State and Continuous Control of Root Growth. Kluwer Academic Publishers, Amsterdam. Pp. 165-182.

Zobel R.W. 1991. Genetic control of root systems. *In*: Y. Waisel, A. Eshel and U. Kafnafi (eds.). Plant Roots: The Hidden Half. Marcel Dekker, New York. Pp. 27-38.

# INSECTOS BENÉFICOS ASOCIADOS AL CONTROL DEL GUSANO COGOLLERO (*Spodoptera frugiperda*) EN EL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays* L.)

## BENEFICIAL INSECTS ASSOCIATED TO CONTROL OF THE FALL ARMYWORM (*Spodoptera frugiperda*) IN MAIZE (*Zea mays* L.) CULTIVATION

Hernández-Trejo, A.<sup>1</sup>, Osorio-Hernández, E.<sup>1\*</sup>, López-Santillán, J.A.<sup>1</sup>, Ríos-Velasco, C.<sup>2</sup>, Varela-Fuentes, S.E.<sup>1</sup>, Rodríguez-Herrera, R.<sup>3</sup>



<sup>1</sup>División de Estudios de Postgrado e Investigación, Facultad de Ingeniería y Ciencias. Universidad Autónoma de Tamaulipas. Centro Universitario Adolfo López Mateos, Cd. Victoria, Tamaulipas, México. Tel. 01 (834) 318-1721 Ext. 2124. <sup>2</sup>Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Unidad Cuauhtémoc, Chihuahua, Av. Río Conchos s/n Parque Industrial, C.P. 31570. Cd. Cuauhtémoc, Chihuahua, México. <sup>3</sup>Universidad Autónoma de Coahuila, Facultad de Ciencias Químicas, Blvd. V. Carranza y José Cárdenas s/n, C.P. 25000, Saltillo, Coahuila, México.

\*Autor para correspondencia: eosorio@docentes.uat.edu.mx

### RESUMEN

El gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) (Smith & Abott), es un organismo plaga del maíz en México, y causa daños de alrededor del 60% en rendimiento, dañando los tejidos jóvenes. El principal método para su control es la utilización de plaguicidas químicos; sin embargo el uso de estas sustancias repercute negativamente en la salud humana y sobre insectos benéficos, tales como los polinizadores, parasitoides y depredadores del gusano cogollero y otros como *Helicoverpa zea*. Algunos de estos son relevantes en la regulación natural de las poblaciones de *S. frugiperda*, como por ejemplo, los himenópteros que son los parasitoides más abundantes en cultivos de maíz, resaltando las familias Ichneumonidae y Braconidae. Los depredadores o entomófagos del gusano cogollero como catarinas y crisopas, en su mayoría se alimentan de los huevecillos de este insecto. Se hace una descripción del control natural que ejercen estos insectos sobre las poblaciones del gusano cogollero, y sus contribuciones al equilibrio ecológico de los agroecosistemas dedicados a la producción de maíz y otras especies de granos.

**Palabras claves:** enemigos naturales, depredadores, control biológico

### ABSTRACT

The fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) (Smith & Abott) is a pest organism in México's maize, and causes damages of around 60 % in yield, damaging the young tissues. The main method for its control is the use of chemical pesticides; however, the use of these substances has negative effects on human health and on beneficial insects, such as pollinators, parasitoids, and predators of the fall armyworm and others such as *Helicoverpa zea*. Some of them are relevant in the natural regulation of *S. frugiperda* populations, as for example, the hymenoptera which are the most abundant parasitoids in maize crops, with families Ichneumonidae and Braconidae standing out. The predators or entomophagous insects of the fall armyworm, such as ladybugs and lacewings, feed mostly on the insect's eggs. A description of the natural control that these insects exercise on the fall armyworm populations is made, and of their contributions to the ecological equilibrium of agroecosystems devoted to the production of maize and other species of grains.

**Keywords:** natural enemies, predators, biological control.

**Agroproductividad:** Vol. 11, Núm. 1, enero. 2018, pp: 9-14.

**Recibido:** julio, 2017. **Aceptado:** octubre, 2017.



## INTRODUCCIÓN

**El maíz** *Zea mays* L. (Poales: Poaceae) es un cereal nativo de México, descendiente del Teocintle (Perales y Hugo, 2009) y *Tripsacum* (Vidal et al., 2010). Es parte del alimento básico de los mexicanos, y su producción se enfoca principalmente en la obtención de grano y elote (Reséndiz et al., 2016), los cuales se consumen de manera directa o se utilizan para la elaboración de subproductos y derivados en la industria (González y Ávila, 2014). Este cultivo se ve afectado por diversos factores que disminuyen su rendimiento, principalmente incidencia de arveneses, enfermedades e insectos plaga, que afectan su crecimiento y desarrollo vegetal (Valdez-Torres et al., 2012; Ángel-Ríos et al., 2015). Una de las plagas de mayor importancia en el cultivo de maíz es el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) (Smith & Abott), el cual ataca a la planta principalmente desde etapas tempranas de desarrollo (Rangel et al., 2014); sin embargo, esta especie puede estar presente en el maíz durante todo su ciclo biológico (Reséndiz et al., 2016). Con base en lo anterior existen diversos métodos para su control, entre los que se encuentran métodos físicos, mecánicos, culturales, biológicos y químicos (Ángel-Ríos et al., 2015). Este último es el más usado por los productores de maíz y se basa en el empleo de plaguicidas sintéticos con resultados satisfactorios; sin embargo, su uso excesivo tiene diversos efectos negativos en el ambiente, la salud humana y sobre las poblaciones de insectos benéficos (García et al., 2012), principalmente depredadores y parasitoides (Hernández-Velázquez et al., 2011); de estos, se han reportado para el gusano cogollero catarinas, cris-

pas y algunas avispas parasitoides (García-Gutiérrez et al., 2012). Dichos insectos difieren respecto a su hábito de crecimiento, ciclo de vida y metabolismo, lo cual los hace enemigos naturales específicos de esta plaga (Hernández-Velázquez et al., 2011). La entomofauna benéfica tiene un papel muy importante para mantener el equilibrio de los agroecosistemas, ya que esta participa en la cadena trófica regulando las poblaciones de insectos plaga (Briceño et al., 2005; Ingrao et al., 2017); con base en lo anterior, el objetivo de esta revisión es dar a conocer algunos aspectos básicos de la importancia que representan los parasitoides y depredadores como controladores de poblaciones de *S. frugiperda* en el cultivo de maíz, favoreciendo el equilibrio natural de estos agroecosistemas y disminuir la dependencia del control químico sintético.

### Gusano cogollero *Spodoptera frugiperda*

En el cultivo de maíz se presentan insectos plaga durante todo su ciclo fenológico (García-Gutiérrez et al., 2012), los cuales causan daños significativos en las actividades agrícolas como en la producción, y por ende, en su rentabilidad (Rodríguez-

del-Bosque, 2007). Los insectos del orden Lepidoptera se consideran como las plagas de mayor importancia, ya que afectan el desarrollo y crecimiento de la planta de maíz (Reséndiz et al., 2016), y sobresale *S. frugiperda* (Figura 1) Smith & Abott (Lepidoptera: Noctuidae) (Rangel et al., 2014), que provoca retraso en el desarrollo del cultivo y disminución del rendimiento de grano y forraje, ya que se alimenta de tejido vegetal en las primeras etapas fenológicas del cultivo (Figura 1); cuando la infestación es alta puede provocar la defoliación completa (Valdez-Torres et al., 2012). Asimismo, el gusano cogollero propicia la incidencia de otras plagas como la mosca de los estigmas (*Euxesta stigmatias* Loew), la cual se considera como plaga ocasional o secundaria en el maíz; sin embargo, puede causar pérdidas económicas significativas (Camacho-Báez et al., 2012).

### Problemática de la utilización de plaguicidas químicos

En el cultivo de maíz se utilizan múltiples métodos para el control del gusano cogollero, dentro de los cuales destacan el uso de plaguicidas sintéticos por ser el de uso más generalizado (García et al., 2012), este método es altamente efectivo.



**Figura 1.** A: Larva del quinto-sexto estadio de *S. frugiperda*. B: Daño causado por larvas de *S. frugiperda* en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.).

Sin embargo, aumenta los costos de producción del cultivo, su uso inadecuado e indiscriminado puede inducir resistencia en las poblaciones de insectos plaga, y tienen efectos nocivos sobre la salud humana y la entomofauna benéfica; lo anterior se magnifica por su alta persistencia en el ambiente (Ondarza-Beneitez, 2017). Además, la utilización intensiva de plaguicidas químicos de amplio espectro, como por ejemplo el spinosad, el oxymatrine y la bifentrina, eliminan tanto a los insectos plaga como a insectos no blanco presentes en el cultivo de maíz como las abejas (*Aphis mellifera*) (Figura 2 (García-Gutiérrez et al., 2012)). La organización mundial de la salud (OMS) señala que entre 500,000 y un millón de personas al año se intoxican a causa de la aplicación de agroquímicos y, en casos extremos, provocan su deceso de personas (Nava-Pérez et al., 2012). En este mismo sentido, debido al uso indiscriminado de plaguicidas; las plagas consideradas ocasionales o de baja incidencia han pasado a ser plagas importantes causantes de daños significativos en cultivos como el maíz (Figura 2), debido al aumento de su resistencia a los ingredientes activos utilizados (González-Maldonado et al., 2015).

### Insectos benéficos como agentes de control biológico de *S. frugiperda*

La importancia de los enemigos naturales sobre la incidencia de insectos plaga radica en la regulación de sus poblaciones (Rodríguez-del-Bosque, 2007); por lo tanto, resulta conveniente la utilización de insectos benéficos como un método de control biológico de las plagas. Para lo anterior, es necesario realizar actividades de conservación como la

reproducción de los mismos, tomando criterios de selección con base en la identificación de las especies que presentan mayor capacidad de depredación y búsqueda, distribución, especie plaga que depreda o parasita, entre otras características (Salas y Salazar-Solís, 2003; Barrera, 2007). Otro aspecto importante es el hábitat donde se



**Figura 2.** A: Adulto de *Apis mellifera*. B: Daño causado por *S. frugiperda* en plántulas de maíz (*Zea mays* L.).

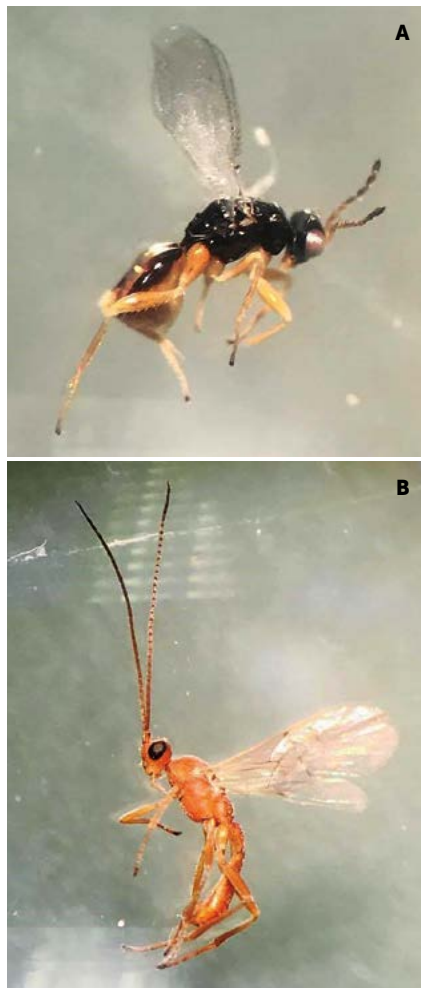
desarrolla la entomofauna benéfica, ya que los insectos parasitoides y depredadores muchas veces están asociados con el control natural de poblaciones plaga, así como a las condiciones ambientales específicas en las cuales se desarrolla esta interacción (Ingrao et al., 2017). Los ecosistemas naturales son la fuente de insectos benéficos y juegan un papel muy importante, ya que

son los hábitats de insectos benéficos tanto de depredadores como de parasitoides; estos en conjunto poseen una interrelación con el hospedero, por lo que estos ecosistemas pueden ser considerados como fuente de insectos benéficos para el control de plagas agrícolas (Briceño et al., 2005). Por otro lado, diversos estudios han demostrado que algunas actividades de labranza, como la incorporación de abonos verdes en el cultivo de maíz, favorecen el incremento en número y diversidad de enemigos naturales (Pérez-Agis et al., 2004).

### Parasitoides contra *S. frugiperda* en el cultivo de maíz

Los parasitoides son insectos que se desarrollan, ya sea dentro o fuera de su hospedero hasta causar la muerte (Villegas-Mendoza et al., 2015); por lo general, son para el control específico de un hospedero (Barrera, 2007). Algunas pequeñas avispas son altamente activas, como los de las familias Braconidas e Ichneumonidae; estas suelen identificar a su hospedero mediante diversas señales sensoriales, una vez que lo ubican depositan sus huevecillos sobre o dentro del huésped, provocando la muerte de este cuando las larvas de los parasitoides consumen sus tejidos (Figura 4) (Campos, 2001). Por lo anterior, el comportamiento de este tipo de insectos es utilizado ampliamente para el control biológico de algunos insectos plaga. En este sentido, alrededor de 76% de la entomofauna benéfica total son parasitoides y se consideran de mayor importancia en comparación con los depredadores (Bernal, 2007). En México existen alrededor de 50 especies de parasitoides asociadas al gusano cogollero; además, se reporta que el porcenta-

je de parasitismo va desde 4% hasta 22% (Rodríguez-Mota *et al.*, 2014), dentro de los cuales destacan las familias Ichneumonidae y Braconidae (Figura 3) presentes en la regulación de poblaciones del gusano cogollero (Coronado-Blanco *et al.*, 2017). Además de la familia Tachinidae (García *et al.*, 2013) y Eulophidae (Figura 3), estos se desarrollan desde huevo, larva, pupa (Figura 4) y adulto predominantes en cultivos de maíz (García-Gutiérrez *et al.*, 2012). Dentro de la familia Ichneumonidae destacan las especies *Campoletis sonorensis* (Rodríguez-Mota *et al.*, 2014), mientras que en la familia Braconidae, la especie *Chelonus insularis* es la que destaca con 86% de parasitismo (García-Gutiérrez *et al.*, 2013). Algunos géneros de avispas parasitoides, tales como *Meteorus* y *Euplectus*, también incluyen especies parasíticas; adicionalmente se ha registrado que las especies *Aphidius testaceipes* y *Cotesia marginiventris* se han registrado como enemigos naturales de otros insectos plaga en el maíz (García-Gutiérrez *et al.*, 2012). Además, algunas especies del género *Trichogramma* son los parasitoides más utilizados en el control biológico de lepidópteros (González-Hernández y López-Arroyo, 2007); aunado a esto, se han diseñado programas mediante la liberación de parasitoides, como *Telenomus remus*, para el control biológico de *S. frugiperda*, con resultados satisfactorios de alrededor de 90% de huevecillos parasitados (Farhat



**Figura 3.** Especímenes adultos de parasitoides de las familias A: Eulophidae B: Braconidae.

*et al.*, 2013). Por ello, los parasitoides son considerados como los más eficientes en el control de insectos plaga, debido a su capacidad de búsqueda y especificidad (Salas y Salazar-Solís, 2003).

### Depredadores relacionados con *S. frugiperda* en el cultivo de maíz

Los depredadores son individuos que se alimentan de insectos plaga; al insecto que consumen se conoce comúnmente como presa, y por lo general, es más pequeña que ésta. Algunos son denominados generalistas (Barrera, 2007); además, se reporta que 24% son depredadores utilizados en el control biológico (Bernal, 2007), como es el caso de las catarinas (*Coleomegilla maculata*), que son los insectos más conocidos como depredador de huevecillos del gusano cogollero (Figura 5 A) en el norte de Veracruz, México (Hoballah *et al.*, 2004). Por otra parte está *Cycloneda sanguinea*, la cual se considera como una de las más utilizadas en el control biológico, además de *Hippodamia convergens* (Figura 5 B), ambas de la familia Coccinellidae dentro del orden Coleoptera (Camacho-Báez *et al.*, 2012), así como las crisopas *Chrysoperla* spp. (Figura 5), que son especies que tiene gran importancia en el control biológico y se ha reportado que depreda a los huevecillos y larvas de *S. frugiperda* (Soto y Iannaccone, 2008). Salamanca *et al.* (2010) reportaron que el consumo de larvas de



**Figura 4.** Larvas de *S. frugiperda* afectadas por parasitoides A: Larvas de parasitoides en la región ventral de *S. frugiperda*. B: Pupas de parasitoides de la familia Eulophidae.



**Figura 5.** A: Adultos de *Coleomegilla maculata* y *Crisopa*. B: Adultos de *Cycloneda sanguinea*, B: *Hippodamia convergens*

*S. frugiperda* por *Chrysoperla* aumenta la población de adultos un 40%. Además se ha reportado el control eficiente de las llamadas "tijerillas" del género *Doru* sp., que son depredadores de huevos y larvas del gusano cogollero (Hoballah et al., 2004). Asimismo, los sírfidos *Metasyrphus* sp., considerados depredadores de gusano cogollero, aunque son los menos utilizados; sin embargo, en conjunto fortalecen el control biológico (García-Gutiérrez et al., 2012).

## CONCLUSIONES

**El gusano** cogollero es regulado por una gran diversidad de insectos benéficos, destacando los parasitoides, principalmente los de las familias Ichneumonidae y Braconidae, ejerciendo hasta 22% de parasitismo. La catarina *Coleomegilla maculata* y crisopas, son los insectos depredadores más utilizados en el control biológico, alimentándose de huevecillos. En México se han reportado insectos benéficos asociados al gusano cogollero, por lo cual se concluye que existen enemigos naturales para su control natural. Los parasitoides y depredadores mantienen una interrelación para que el control biológico sea más efectivo; sin embargo, se ven afectados por la aplicación excesiva de plaguicidas químicos sintéticos, ya que muchas veces las aplicaciones de estos productos se hacen sin medir los riesgos debido a las dosis in-

adecuadas, y aun siendo dosis recomendadas, afectan a los enemigos naturales y al ser humano. Por ello, es importante resaltar que la conservación de agroecosistemas libres o con cantidades mínimas de plaguicidas químicos ayuda a la presencia de insectos benéficos y, por ende, a la regulación del gusano cogollero.

## LITERATURA CITADA

- Ángel-Ríos M.D., Pérez-Salgado J., Morales J.F. 2015. Toxicidad de extractos vegetales y hongos entomopatógenos en el gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae), del maíz en el Estado de Guerrero. *Entomología Mexicana* 2:260-265.
- Barrera J.F. 2007. Introducción, Filosofía y Alcance del Control Biológico. In: Rodríguez-del-Bosque L.A., Arredondo-Bernal H.C (eds). *Teoría y Aplicación del Control Biológico*. pp: 1-18.
- Bernal J.S. 2007. Biología, Ecología y Etología de Parasitoides. In: Rodríguez-del-Bosque L.A., Arredondo-Bernal H. C (eds). *Teoría y Aplicación del Control Biológico*. pp: 61-74.
- Briceño R.A., Clavijo A.J., Díaz F. 2005. Parasitoides de *Syllepte* sp. (Lepidoptera: Crambidae: Spilomelinae) en *Rubus floribundus* en las zonas altas de los estados Lara, Trujillo y Yaracuy, Venezuela. *Bioagro* 17:63-66.
- Carrillo-Sánchez J.L. 1993. Síntesis del control biológico de *Heliothis* spp. y *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en México. *Folia Entomológica Mexicana* 87:85-93.
- Camacho-Báez J.R., García-Gutiérrez C., Mundo-Ocampo M., Armenta-Bojorquez A. D., Nava-Pérez E., Valenzuela-Hernández J.I., González-Guitrón U. 2012. Enemigos naturales de las moscas de los estigmas del maíz: *Euxesta stigmatias* (Loew), *Chaetopsis massyla* (Walker) y *Eumecosommyia nubila* (Wiedemann) en Guasave Sinaloa, México. *Ra Ximhai* 8:71-77

- Campos M.D.F. 2001. Lista de los Géneros de Avispas Parasitoides Braconidae (Hymenoptera: Ichneumonoidea) de la Región Neotropical. *Biota Colombiana* 2:193-232.
- Coronado-Blanco J.A., Ruiz-Cancino E., Reséndiz-Ramírez Z., Estrada-Virgen O., Camber-Campos O.J. 2017. Ichneumonoidea (Hymenoptera) colectados en maíz en localidades de Jalisco, Nayarit y Tamaulipas, México. *Entomología Mexicana* 4:759-764.
- Farhat P.A., Freitas B. A., Oliveira F.B.R.C., Oliveiras M.J.A., Prado F.F.A.C. 2013. Releasing number of *Telenomus remus* (Nixon) (Hymenoptera: Platygasteridae) against *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae) in corn, cotton and soybean. *Ciencia Rural* 43:377-382.
- García B.M., Bahena J.F., Reyes Z.M.M. 2013. Parasitismo en larvas del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en la Región de Pátzcuaro, Michoacán. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 1:33-36.
- García-Gutiérrez C., González-Maldonado M.B., Cortez-Mondaca E. 2012. Uso de enemigos naturales y biorracionales para el control de plagas de maíz. *Ra Ximhai* 8:57-70.
- García-Gutiérrez C., González-Maldonado M.B., González-Hernández A. 2013. Parasitismo natural de Braconidae e Ichneumonidae (Hymenoptera) sobre *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Revista Colombiana de Entomología* 39:211-215.
- González-Hernández A., López-Arroyo J.I. 2007. Importancia de la Sistemática en Control Biológico. *In: Rodríguez-del-Bosque L.A., Arredondo-Bernal H.C* (eds). *Teoría y Aplicación del Control Biológico*. pp: 36-47.
- González M.A., Ávila C.J.F. 2014. El maíz en Estados Unidos y en México. Hegemonía en la producción de un cultivo. *Argumentos* 27:215-237.
- González-Maldonado M.B., Gurrola-Reyes J.N., Chaírez-Hernández I. 2015. Productos biológicos para el control de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Revista Colombiana de Entomología* 4:200-204.
- Hernández-Velázquez V.M., Cervantes E. Z., Villalobos F.J., Lina G.L., Peña C.G. 2011. Aislamiento de hongos entomopatógenos en suelo y sobre gallinas ciegas (Coleoptera: Melolonthidae) en agroecosistemas de maíz. *Acta Zoológica Mexicana* 27:591-599.
- Hoballah M.E., Degen T., Bergvinson D, Savidan A, Tamó C., Turlings T.C.J. 2004 Occurrence and direct control potential of parasitoids and predators of the fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) on maize in the subtropical lowlands of México. *Agricultural and Forest Entomology* 6:83-88.
- Ingrao A.J., Schmidt S., Jubenville J., Grode A., Komondy L., VanderZee D., Szendrei Z. 2017. Biocontrol on the edge: Field margin habitats in asparagus fields influence natural enemy-pest interaction. *Agriculture Ecosystems & Environment* 243:47-54.
- Nava-Pérez E., García-Gutiérrez C., Camacho-Báez J.R., Vázquez-Montoya E.L. 2012. Bioplaguicidas: una opción para el control biológico de plagas. *Ra Ximhai* 8:17-29.
- Ondarza-Beneitez M.A. 2017. Biopesticidas: Tipos y aplicaciones en el control de plagas agrícolas. *Agroproductividad* 10:31-36.
- Perales R., Hugo R. 2009. Maíz, riqueza de México. *Ciencias* 92-93:46-55.
- Pérez-Agis E., Vázquez-García M., González-Eguiarte D., Pimienta-Barrios E., Nájera-Rincón M.B., Torres-Morán P. 2004. Sistemas de producción de maíz y población de macrofauna edáfica. *Terra Latinoamericana* 22:335-341.
- Rangel N.J.C., Vázquez R.M.F., Rincón C.M.C. 2014. Caracterización biológica y molecular de cepas exóticas de baculovirus SfNPV, con actividad bioinsecticida hacia una población mexicana del gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Interciencia* 39:320-326.
- Reséndiz R.Z., López S.J.A., Osorio H.E., Estrada D.B, Pecina M.J.A., Mendoza C.M.C., Reyes M.A. 2016. Importancia de la resistencia del maíz nativo al ataque de larvas de lepidópteros. *Temas de Ciencia y Tecnología* 20:3-14.
- Rodríguez-del-Bosque L.A. 2007. Fundamentos Ecológicos del Control Biológico. *In: Rodríguez-del-Bosque L.A., Arredondo-Bernal H.C* (eds). *Teoría y Aplicación del Control Biológico*. pp:19-35.
- Rodríguez-Mota A.J., Ruiz-Cancino E., Coronado-Blanco J.M., Treviño-Carreón J., Treviño-Carreón J., Khalaim-Andrey I. 2014. Avispas ichneumonoideas que atacan al gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en México. *Agroproductividad* 28-31.
- Salamanca B.J., Varón D.E.H., Santos A.O. 2010. Cría y evaluación de la capacidad de depredación de *Chrysoperla externa* sobre *Neohydatothrips signifer*, trips plaga del cultivo de maracuyá. *Corpoica. Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 11:31-40.
- Salas A.M.D., Salazar-Solís E. 2003. Importancia del uso adecuado de agentes de control biológico. *Acta Universitaria* 13:29-35.
- Soto J., Iannacone J. 2008. Efecto de dietas artificiales en la biología de adultos de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae). *Acta Zoológica Mexicana* 24:1-22.
- Valdez-Torres J.B., Soto-Landeros F., Osuna-Enciso T., Báez-Sañudo A.M. 2012. Modelos de predicción fenológica para maíz blanco (*Zea mays* L.) y gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith). *Agrociencia* 46:399-410.
- Vidal M.V.A., Herrera C.F., Coutiño E.B., Sánchez G.J., Ron P.J., Ortega C.A., Guerrero H.M.J. 2010. Identificación y localización de una nueva especie de *Tripsacum* spp. en Nayarit, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 33:27-30.
- Villegas-Mendoza J.M., Sánchez-Varela A., Rosas-García N.M. 2015. Caracterización de una especie de *Meteorus* (Hymenoptera: Braconidae) presente en larvas de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) en el Norte de Tamaulipas, México. *Southwestern Entomologist* 40:161-169.



# DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO TÉCNICO Y ECONÓMICO EN MAÍZ (*Zea mays* L.) MODALIDAD TEMPORAL DEL ESTADO DE MÉXICO

DETERMINATION OF THE TECHNICAL AND ECONOMIC OPTIMUMS IN MAIZE (*Zea mays* L.), RAINFED MODALITY, IN ESTADO DE MEXICO

Velázquez-Xochimil, H.G.<sup>1</sup>, Portillo Vázquez, M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Chapingo, División de Ciencias Económico-Administrativas. Km 38.5, Carretera México- Texcoco, 56227, Texcoco de Mora, México. <sup>2</sup>Universidad Autónoma de Chapingo, División de Ciencias Económico-Administrativas. Km 38.5, Carretera México- Texcoco, 56227, Texcoco de Mora, México.

**Autor de correspondencia:** hegevex65@gmail.com

## RESUMEN

La determinación de los óptimos: técnico y económico, se realiza para hacer recomendaciones que generan el máximo nivel en la producción y brindar mayor beneficio monetario, estableciendo las cantidades de los diferentes insumos que deben de aplicarse. De acuerdo a la teoría microeconómica, cada una de las variables debe ser medida de forma óptima, y ambos análisis pueden marcar la diferencia entre el punto de rentabilidad y fracaso de una unidad productiva. Se determinó el óptimo económico y técnico de la producción de maíz en condición e temporal en el Estado de México, mediante una muestra de 171 unidades productivas de ocho municipios. Se obtuvo una clasificación de variables estadísticamente significativas, que permiten estimar una función de producción cúbica y definir el óptimo técnico y económico mostrando las cantidades a recomendar en la producción. Las variables tiempo de uso de maquinaria, kilogramos de fosforo y tipo de semilla son las que determinaron en mayor medida el rendimiento de maíz.

**Palabras clave:** Función de producción, elasticidad, variables significativas

## ABSTRACT

Defining the optimums, technical and economic, is carried out to make recommendations that generate the maximum level in production and provide a higher monetary benefit, establishing the amounts of different inputs that should be applied. According to the microeconomic theory, each one of the variables should be measured optimally, and both analyses can mark the difference between the point of profitability and the failure of a productive unit. The economic and technical optimums for maize production were determined under rainfed conditions in Estado de México, through a sample of 171 productive units in eight municipalities. A classification of statistically significant variables was obtained, which allows estimating a cubic production function and defining the technical and economic optimums, showing the amounts to recommend for production. The variables of time of machinery use, kilograms of phosphorus, and type of seed are the ones that determined the maize yield to a greater extent.

**Keywords:** production function, elasticity, significant variables.

**Agroproductividad:** Vol. 11, Núm. 1, enero. 2018, pp: 15-21.

**Recibido:** abril, 2015. **Aceptado:** septiembre, 2017.

## INTRODUCCIÓN

**El maíz** (*Zea mays* L.) es el cereal de los pueblos y culturas del continente americano. Las civilizaciones más antiguas de América, desde los olmecas y teotihuacanos en Mesoamérica, hasta los incas y quechuas en la región andina de Sudamérica estuvieron acompañadas en su desarrollo por esta planta (Serratos, 2009). Después de su domesticación, fue difundido rápidamente en todo el continente americano, incluyendo Estados Unidos y El Caribe; los exploradores europeos los llevaron a Europa y posteriormente los comerciantes lo difundieron en Asia y África. El maíz se estableció en todo el planeta como un importante cultivo alimenticio en numerosos países (Paliwal, 2001). Es el cereal que más importancia ha tenido en varios sectores de la economía a escala mundial durante el siglo XX y en los inicios del XXI. En los países industrializados el maíz se utiliza principalmente como forraje, materia prima para la producción de alimentos procesados y, recientemente, para la producción de etanol. Por el contrario, en algunos países de América Latina, y cada vez más en países africanos, un gran porcentaje de maíz que se produce o importa se destina al consumo humano (Serratos, 2009). El maíz es el cultivo de mayor importancia en México, ya que constituye una de las actividades más importantes del sector rural, no solo en términos de uso de suelo sino también en el empleo y en el suministro de alimentos de la población rural y urbana (Romero, 2013); se caracteriza por una amplia gama de variedades biológicas, por lo que es posible generar gran cantidad de productos finales: tortilla, forraje para animales, almidones, glucosa, fructosa, dextrosa,

aceites, botanas, etanol para bebidas o como insumo en la producción de biocombustible, etcétera (SIAP, 2012). El consumo de este grano ha formado parte de la alimentación mexicana cotidiana; es esencial en su gastronomía, incluyendo, por ejemplo, tortillas, atoles, tostadas y pan, entre otros (García, 2012). La mayor frecuencia de gasto de los hogares mexicanos se da en productos como: tortilla (maíz), tomate, huevos, cebolla, papa, pan de dulce, pollo y pasta para sopa (Martínez, 2003). En casi todos los segmentos de edad, la tortilla tiene un alto porcentaje de consumo y es considerada por todos como un alimento nutritivo y en menor medida: rico y sabroso. Existen diversas variedades de maíz, que por su color y tamaño dan identidad a sus regiones de origen; sin embargo, en términos generales se hace referencia a dos tipos de maíz: amarillo y blanco; el primero usado en la producción animal y el segundo en la alimentación humana. Otra clasificación que se hace por la disponibilidad de agua es en dos modalidades: riego y temporal. Los principales países productores de maíz son Estados Unidos y China, con más de la mitad de la producción mundial del grano. Lo siguen Brasil y Argentina, siendo estos los principales países productores de maíz, de tal forma que cualquier situación que afecte la producción de alguno de ellos repercute inmediatamente en los precios internacionales del grano (Villagrán, 2013). A nivel mundial, el maíz es un cereal que compite en la superficie con el arroz (*Oryza sativa* L.) y el trigo (*Triticum vulgare* L.); su uso se extiende a la obtención de otros subproductos, destacando los biocombustibles. Particularmente, los Estados Unidos destinan actualmente 20% de su producción de maíz amarillo a la generación de etanol. Dicha tendencia tendrá efectos en los precios y cantidades producidas y consumidas. La producción de materias primas para generar biocombustibles compite con la producción de alimentos, fibras y madera. En 2016 las proyecciones de la OECD indican que cerca de un tercio de la producción de cereales secundarios de Canadá y Estados Unidos se utilizará para generar biocombustibles. En promedio, ésta mantendrá más altos los precios de los cereales y oleaginosas de 20% a 40% durante la próxima década en relación con los precios medios de los últimos años (González, 2010). México es superavitario en la producción de maíz para consumo humano. El volumen de importación corresponde casi de forma exclusiva al maíz amarillo, variedad que se usa para alimentar al ganado y producir sustancias derivadas, desde jarabes hasta combustibles. La producción está concentrada en cinco entidades federativas que generan 56.4% del total nacional. Los principales estados productores de maíz blanco son: Sinaloa, que aporta 22.4% del total; Jalisco, 14.6%; Michoacán, 6.6%; y Guerrero, con 6.1%. Otro estado importante en la producción es el Estado de México, con 6.7%. En cuanto a la producción de maíz amarillo, cuatro entidades contribuyen con 94% de la producción total: Chihuahua (35%), Jalisco (25%), Tamaulipas (21%) y Chiapas (13%).

En México existen aproximadamente dos millones de productores que se dedican al cultivo del maíz, de los cuales 85% cuentan con menos de cinco hectáreas. Esto indica que solo 15% de los productores cuentan con una extensión superior a cinco hectáreas y son capaces de aprovechar las economías de escala. A esta desventaja en la extensión de tierra se deben agregar los rendimientos que se presentan en cada una de ellas; se estima que el déficit de rendimiento es de 43% bajo temporal, mientras que en las unidades

grandes es de 10% bajo riego. La mayor parte de las unidades de producción de pequeña y mediana escalas operan a menos de 50% de su potencial (Turrent, 2012). El Estado de México es uno de los cinco grandes productores de maíz de temporal, aunque también es uno de los más rezagados en cuanto a rendimiento ( $2.01 \text{ t ha}^{-1}$ ); tiene poca eficiencia en el uso del recurso tierra y cuenta con un total de 52,266 productores que dependen de este cultivo como medio de subsistencia. Es importante para el estado aprovechar su potencial productivo y mantener su posición como uno de los centros de abastecimiento para satisfacer las necesidades del mercado interno donde la demanda es superior a la producción nacional. El mejoramiento del rendimiento de la producción de maíz es una condición necesaria para elevar los ingresos que de ella deriven, así como de proveer de alimentos a una sociedad en crecimiento. Una herramienta con la que se cuenta para elevar los rendimientos sin alterar el nivel de inversión son las funciones de producción, que tienen dos utilidades fundamentales: por un lado, permiten conocer cómo afectan los diferentes factores productivos a la producción total y, por el otro, es posible realizar predicciones sobre la evolución del mismo (Cepas, 1999). Con la función de producción se puede realizar un análisis donde se busque la combinación que ofrezca el mayor rendimiento de una unidad productiva; este análisis de máximo nivel es conocido como optimización técnica. Aquí no intervienen los precios y económicamente no es recomendable, dado que una mayor producción no garantiza mayor ganancia; solo es válido si lo que interesa es producir el mayor volumen posible

sin importar los costos. Este análisis se complementa con la búsqueda del óptimo económico, el cual hace referencia al nivel de producción donde se maximizan los beneficios (ingresos totales-costos totales). Depende del precio del, o de los productos que genera la empresa y de su estructura de costos (Lanfranco, 2006). En síntesis el óptimo económico es aquel en el que, sin importar el monto del capital invertido, se busca la combinación de recursos que genere la máxima ganancia. Sin embargo; la rentabilidad no es condición suficiente para la adopción de innovaciones en el sector tradicional de la agricultura. Existen circunstancias de índole social y cultural de los mismos productores y circunstancias externas a la unidad de producción, como falta de oportunidad, de insumos, conocimiento inadecuado de la tecnología, alto riesgo, entre otras, que influyen en la toma de decisiones del productor. Todo esto explica en buena medida el bajo porcentaje de adopción de tecnología (Ramírez, 1983). El objetivo del presente trabajo fue seleccionar las variables estadísticamente más significativas de un conjunto de actividades e insumos que se aplican para la producción de grano de maíz de temporal en el Estado de México y con base en su dispersión establecer la función de producción y obtener con ello los coeficientes de las variables, las elasticidades, productos medios, productos marginales y las cantidades a utilizar en la producción, bajo las premisas de que es posible elevar el rendimiento de la producción de maíz de temporal a través del ajuste de las cantidades a utilizar; y que los productores de maíz de temporal se encuentran dentro de la segunda etapa de producción en las variables seleccionadas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron datos de 171 encuestas realizadas en el ciclo agrícola 2004 en los municipios del Estado de México: Jocotitlán (3), Chalco (77), Amecameca (26), Ayapango (12), Ozumba (14), Tepetlaoxtoc (9), Texcoco (26) y Morelos (4). Se realizó una selección de las variables relevantes en la producción de maíz a través de un análisis estadístico con el programa SAS System. El modelo incluyó las once variables independientes que explican el rendimiento de grano por hectárea ( $g$ ) fueron los jornales de mano de obra ( $m$ ), tiempo en horas de tracción animal ( $t$ ), tiempo en horas de uso maquinaria ( $q$ ), tipo de semilla-criolla o mejorada ( $s$ ), cantidad de semilla en kilogramos ( $c$ ), kilogramos de nitrógeno ( $n$ ), kilogramos de fósforo ( $p$ ), kilogramos de potasio ( $k$ ), kilogramos de estiércol ( $e$ ), número de aplicación de herbicidas ( $h$ ), número de labores agrícolas ( $l$ ). El modelo presentado inicialmente es:

$$g = \alpha + \beta_1 m + \beta_2 t + \beta_3 q + \beta_4 s + \beta_5 c + \beta_6 n + \beta_7 p + \beta_8 k + \beta_9 e + \beta_{10} h + \beta_{11} l + e \quad (1)$$

Una vez seleccionadas las variables más significativas se obtuvo la dispersión de cada una de ellas para proponer el modelo a utilizar. Se plantearon diferentes formas y se seleccionó la que mejor explicara el rendimiento del grano con respecto al nivel de ajuste de la  $R^2$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las variables por hectárea que resultaron estadísticamente más significativas fueron: tiempo en horas de maquinaria ( $q$ ), tipo de semilla-criolla o mejorada ( $s$ ) y kilogramos de fósforo ( $p$ ). De las tres variables mencionadas se

procedió a graficar su dispersión con base en el rendimiento en kilogramos por hectárea. Para la variable "horas de maquinaria utilizada" se determinó que su tendencia es lineal (Figura 1) por el mejor ajuste que mostró, a diferencia de otras alternativas que se probaron, como la forma cúbica o cuadrática; la misma situación se presentó para el tipo de semilla, donde claramente hay una división de rendimientos si se utiliza la semilla criolla que muestra puntos inferiores, y con la mejorada, donde el rendimiento se eleva por encima de los 3,000 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 2).

En ambos casos, con la tendencia lineal se obtendrá un coeficiente con el que, a pesar de tener un buen ajuste, no se podrán calcular los puntos óptimos; sin embargo, es de gran utilidad para los productos marginales, productos medios y elasticidad; con ellos se puede conocer la etapa en la que se encuentran los productores. Para el caso del fósforo aplicado, la situación es diferente; aquí la tendencia que se muestra y que también tuvo el mejor ajuste fue cúbica. Se puede apreciar que parte cerca del origen, tiene un máximo local, revierte su tendencia y llega a un mínimo local para continuar creciendo. La parte inicial que interesa es la primera; aquí se encuentra

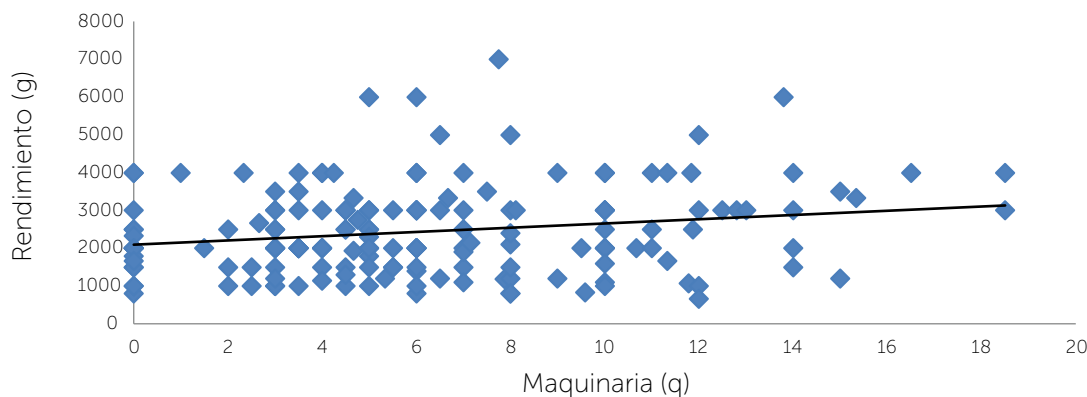
el punto máximo de rendimiento y el punto donde la recta de precios determina al óptimo económico (Figura 3). Este punto es cercano al promedio general de la muestra, que es de 45.9 kg ha<sup>-1</sup>.

Una vez establecida la tendencia, y con pruebas de diferentes variaciones y combinaciones, el modelo que mejor se ajustó con un R<sup>2</sup> de 86% fue el siguiente (Cuadro 1).

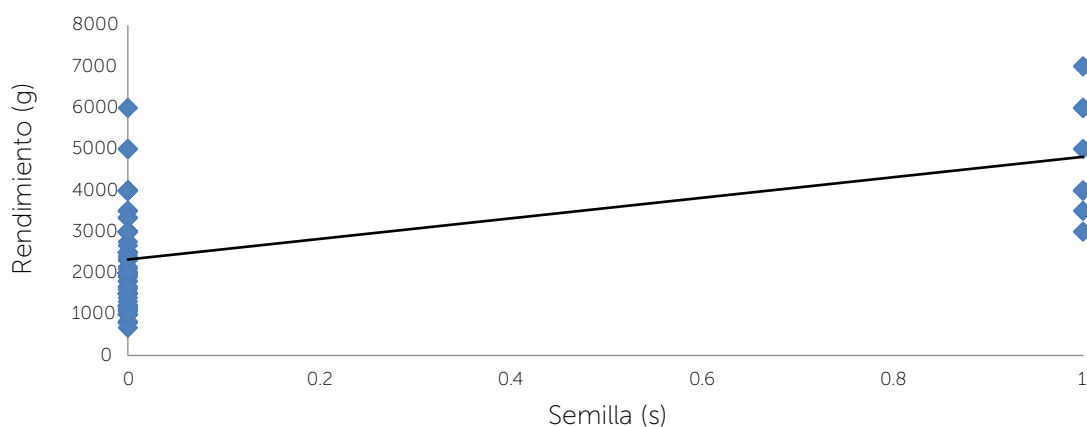
Tomando los coeficientes y validando por la prueba individual de t-student (Cuadro 1), la función a utilizar fue:

$$g = 2218.548436s + 132.550784q + 66.280208p - 0.672241p^2 + 0.001621p^3 \quad (2)$$

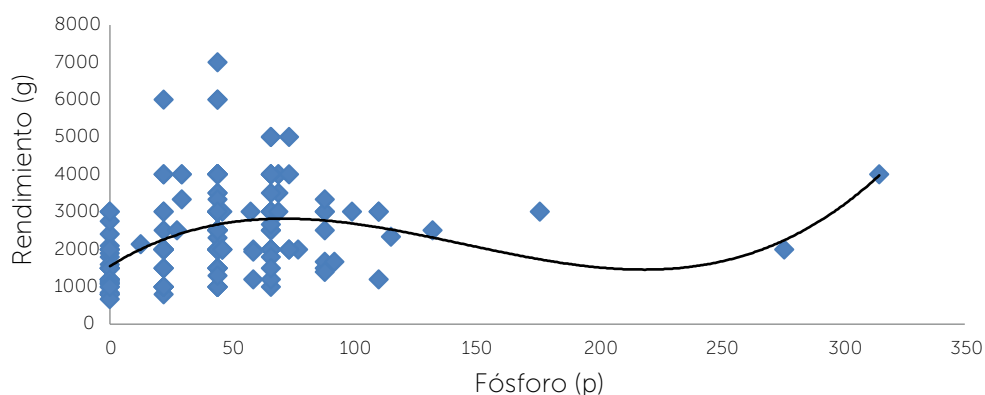
De la función de producción y aplicando la teoría microeconómica se obtuvieron los productos marginales, los productos medios y con ellos la elasticidad de cada variable. Para los óptimos y por la característica de la función solo se obtuvo para el fósforo; la forma polinomial de grado tres indicó un punto máximo local que maximiza la producción:



**Figura 1.** Dispersión del tiempo de maquinaria por hectárea. Fuente: Elaboración propia, 2014.



**Figura 2.** Dispersión del tipo de semilla de maíz (*Zea mays* L.) aplicado (mejorada=1 y criolla=0). Fuente: Elaboración propia, 2014.



**Figura 3.** Dispersión de la utilización de fósforo por hectárea. Fuente: Elaboración propia, 2014.

Los productos marginales representan el producto adicional que se obtiene al incrementar en una unidad el uso de uno de los factores, manteniendo constantes los otros. Se tiene que por cada hora que se aumenta la utilización de la maquinaria, el rendimiento de grano aumenta en  $132.5 \text{ kg ha}^{-1}$ ; la utilización de semilla mejorada incrementa el rendimiento en  $2218.5 \text{ kg ha}^{-1}$ , y el aumento de un kilogramo de fósforo aumenta el rendimiento en  $14.8 \text{ kg ha}^{-1}$  (Cuadro 2). Los productos medios representan el aporte que tiene cada unidad de insumo en el rendimiento total; para los resultados se obtuvo que cada hora de maquinaria utilizada aporta  $132.5 \text{ kg}$ . La utilización de semilla mejorada aporta  $2218.5 \text{ kg}$  sobre la semilla criolla y cada kilogramo de fósforo aporta  $38.8 \text{ kg}$  más (Cuadro 2). El valor de la elasticidad muestra la etapa de la producción en la que se encuentra cada uno de los insumos; nos determina si debe aumentarse o reducirse su utilización. Con los resultados anteriores (producto marginal y producto medio) se determinó que la elasticidad del tiempo de maquinaria es unitaria; se encuentra en la segunda etapa de la producción y, por lo tanto, se utiliza en forma óptima este insumo. Para el fósforo es de  $0.38$  ( $0 < \epsilon > 1$ ); se encuentra en la segunda etapa de la producción, cada unidad está siendo bien utilizada (Cuadro 2).

Para el proceso de optimización y en el caso exclusivo del fósforo se recomienda aplicar  $64.2 \text{ kg ha}^{-1}$  si se desea maximizar la producción, obteniendo  $1,913.38 \text{ kg}$

**Cuadro 1.** Resultados estadísticos.

| Parámetro | Estimación  | Error estándar | Valor t | Pr> t   |
|-----------|-------------|----------------|---------|---------|
| s         | 2218.548436 | 368.6908466    | 6.02    | <0.0001 |
| q         | 132.550784  | 15.7429422     | 8.42    | <0.0001 |
| p         | 66.280208   | 5.5005690      | 12.05   | <0.0001 |
| p2        | -0.672241   | 0.0806912      | -8.33   | <0.0001 |
| p3        | 0.001621    | 0.0002195      | 7.38    | <0.0001 |

Fuente: Elaboración propia, 2014.

$\text{ha}^{-1}$  o considerando los precios del fósforo ( $\$6.70 \text{ kg}$ ) y del grano de maíz ( $\$1.66 \text{ kg}$ ) si se desea maximizar la ganancia, obteniendo  $1,902.58 \text{ kg ha}^{-1}$ , ambos por encima del promedio que se obtiene, que es de  $1,865.6 \text{ kg ha}^{-1}$ .

Las cantidades óptimas técnicas que brindan el mayor rendimiento son:  $64.21$  kilogramos de fósforo si se desea maximizar la producción en grano, y  $58.80$  si se considera la rentabilidad; en el caso de la semilla y del tiempo de maquinaria utilizada no se encontraron puntos óptimos. Aunque la cantidad de fósforo que se obtiene por la función de producción es mayor que el promedio de la muestra, se encuentra en niveles óptimos dentro de la segunda etapa racional de la producción. Los resultados de la elasticidad indican que los insumos se están combinando de una forma óptima para la obtención del máximo rendimiento; en el fósforo la cantidad es ligeramente mayor que el promedio de la utilizada por la muestra de los productores, debido a que pare-

**Cuadro 2.** Resultados de la función de producción.

| Unidades por hectárea                    | Promedio | Producto marginal | Producto medio | Elasticidad | Óptimo técnico | Óptimo económico |
|--|----------|-------------------|----------------|-------------|----------------|------------------|
| Tiempo de maquinaria (horas)             | 6.2      | 132.5             | 132.5          | 1           | --             | --               |
| Tipo de semilla (criolla=0 y mejorada=1) | --       | 2218.5            | 2218.5         | 1           | --             | --               |
| Fósforo (kg)                             | 45.9     | 14.8              | 38.8           | 0.38        | 64.21          | 58.80            |

Fuente: Elaboración propia, 2014.

cieran estar usando cantidades que maximicen la rentabilidad y no la producción. Al hacer la comparación con el óptimo económico también existe una diferencia de cantidades a utilizar; sin embargo, se continúa con la recomendación de incrementar la utilización de fósforo. De acuerdo con las premisas planteadas, inicialmente se tiene que sí es posible elevar el rendimiento por hectárea con un incremento de 47.78 kg, además de que bajo la interpretación de la elasticidad en las variables seleccionadas los productores se encuentran trabajando en la segunda etapa de la producción, planteamiento hipotético que se acepta puesto que los productores de forma intuitiva y por la experiencia producen cerca de los puntos óptimos.

Los resultados que se obtuvieron son meramente teóricos; su aplicación en la unidad productiva de algunos de los municipios puede cambiar el resultado de la recomendación. Su implementación en la práctica depende de las circunstancias de cada uno de los productores; el incrementar o reducir una de las variables puede ser sencillo en la teoría, pero el adoptar una recomendación que modifique por pequeño que sea el paquete tecnológico es difícil de asimilar. En este caso, se hace una recomendación específica en la cantidad para aplicar en una hectárea de fósforo, el cual está medido en kilogramos; sin embargo, el productor no hace referencia al componente sino al fertilizante comercial utilizado. En este caso el fósforo se obtiene generalmente del superfosfato de calcio triple (00-46-00) y del fosfato diamónico, mejor conocido como DAP (18-46-00). Pedir que aumente la dosis de esta variable es elevar casi un bulto más de cualquiera de estos dos fertilizantes, generando tal vez desconfianza por el incremento de los costos, aunque este costo se verá compensado con el ingreso extra del rendimiento. De cualquier manera los productores se encuentran cerca de los puntos de optimización para el fósforo y para el tiempo de maquinaria, la recomendación. Para el caso de fósforo los resultados deben interpretarse como una propuesta que arrojan los datos de la muestra; debe considerarse que fue tomada de municipios que tienen características propias de suelo, clima, humedad, entre otros, y su implementación puede variar de una unidad productiva a otra. En el caso del tiempo de maquinaria utilizada conlleva a conocer si dispone de ella, es rentada o utiliza tracción animal para complementar algunas actividades; también su utilización es limitada a algunas labores, como la escarda o el barbecho. De acuerdo con la muestra utilizada, el óptimo técnico propone las cantidades de insumos que

deben aplicarse en la unidad productiva para obtener el mayor rendimiento. Dentro del proceso productivo existen variables que son más significativas que otras; sin embargo, todas tienen un propósito y una logística que las hace imprescindibles. Se debe tener claro que la obtención de las cantidades que se desean aplicar de insumos debe estar acorde con el objetivo del agricultor; en este caso debe existir un complemento con el análisis económico que beneficie en estos términos al productor. Para los datos obtenidos, el tiempo de uso de maquinaria y utilización de kilogramos de fósforo que aquí se presentan no está directamente vinculado con las características de cada productor y sobre su capacidad económica para absorber los gastos que de ella derivan. En cuanto a los valores obtenidos que maximizan la producción, debe considerarse que son datos propuestos para un promedio general del Estado de México; sin embargo, cada uno de los municipios que se tomaron para la muestra tienen condiciones diferentes en clima, tipo de suelo, calidad del temporal, entre otras variables, que hacen que la recomendación deba ser tomada con cautela. Finalmente, siempre es necesario conocer el potencial que tiene una actividad si lo que se desea como política estatal es la máxima producción. Para el óptimo económico se utilizaron los precios del kilogramo del grano promedio al que los productores vendieron su producto. Este pocas veces no es negociable y depende de la calidad, cantidad y mercado al que se integre para realizar la venta; si es un mercado local, regional o nacional el precio tendrá variaciones. Otro precio que se utilizó es el del fósforo como una aproximación del precio por kilogramo que se encuentra dentro del producto que el agricultor adquiere. Su precio es fijo en determinado momento, pero es necesario considerar que cada productor adquiere su fertilizante pagando un transporte que eleva los precios del mismo. Si el precio relativo del insumo es menor que el del producto final medidos en la misma unidad, la cantidad de insumo deberá ser menor también; por el contrario, si el precio del insumo es relativamente mayor, también la cantidad a utilizar elevando los costos de producción.

## CONCLUSIONES

**Se recomienda** elevar y actualizar el análisis del presente trabajo tomando en cuenta las diferencias de tiempo de las encuestas y de cada municipio; llevarlo a un nivel local. Cada análisis de optimización deberá considerar las características de cada municipio, no solo en las cantidades recomendadas

sino desde el análisis que implica la determinación de las variables significativas que por deducción no pueden ser las mismas que se consideraron en este estudio. Cada municipio tiene sus variaciones y no puede tener las mismas funciones de producción desde las diferencias en las actividades e insumos aplicados. Asimismo, un análisis de rentabilidad que indique los niveles donde los precios de los insumos y del producto final sigan siendo válidos.

## LITERATURA CITADA

- Cepas L.R. 1999. Análisis de la función de producción agraria para distintos niveles de agregación. Estudios de economía aplicada, número 12, pp: 17-33.
- García U.P. 2012. La alimentación de los mexicanos. Cambios sociales y económicos, y su impacto en los hábitos alimenticios. CANACINTRA. Primera edición México. D.F.
- González A.S. 2010. Producción de biocombustibles con maíz: un análisis de bienestar en México. Ra-Ximhai, enero-abril. año/vol6, número 1. Universidad Autónoma Indígena de México. Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. pp73-85.
- Hurtado H.F. 2006. Competitividad de los productores de maíz en el Estado de México. Tesis de doctorado. Chapingo, Estado de México (Julio).
- Lanfranco. 2006. Óptimo técnico y económico. Diversificación, costos ocultos y los estímulos para mejorar los procesos en la ganadería nacional. Producción animal. Revista INIA. número 8. pp: 2-5.
- Martínez J.I. 2003. La alimentación en México: un estudio a partir de la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los hogares. Revista de Información y análisis. Datos hechos y lugares, número 21.
- Paliwal R.L. 2001. El maíz en los trópicos: mejoramiento y producción: origen, evolución y difusión del maíz. Deposito documentos de la FAO. Roma. Italia.
- Ramírez V.J. 1983. Costos de producción de maíz de temporal con tecnología regional y CAEVAMEX, distrito 066, Texcoco, México. Problemas del desarrollo. Dirección General de Economía Agrícola. Información agropecuaria y forestal. Agenda estadística. México 1983
- Rebollar S.A. 2007. Óptimos económicos en corderos pelibuey engordados en corral. UAEM. Temascaltepec, México. pp: 67-73.
- Romero P.A. 2013. Impacto de la producción de biocombustibles en Estados Unidos en el mercado de maíz (*Zea maíz L.*) en México. Colegio de Postgraduados. Posgrado en Socioeconómica estadística e informática. Montecillo, Texcoco, México.
- Serratos H.J.A. 2009. El origen y la diversidad del maíz en el continente americano. Universidad Autónoma de la Ciudad de México. Greenpeace. México.
- Turrent F.A. 2012. Factibilidad de alcanzar el potencial productivo de maíz en México. Mexican Rural Development Research Reports. Woodrow Wilson International Center for Scholars. Reporte 24.
- Villagrán M.M. 2013. Maíz, precios caen a inicios de cosecha. Oficina de estudios y políticas agrarias. Ministerio de Agricultura. Chile SEDAGRO. Secretaría de Desarrollo Agropecuario. [www.edomex.gob.mx/sedagro](http://www.edomex.gob.mx/sedagro)
- SIAP. 2012. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. [www.siap.gob.mx](http://www.siap.gob.mx)



# RENDIMIENTO DE MAIZ (*Zea mays* L.) Y RESPUESTA A FUENTES Y DOSIS DE FERTILIZANTES, Y BIOFERTILIZANTES, EN GUERRERO, MÉXICO

## MAIZE YIELD (*Zea mays* L.) AND RESPONSE TO SOURCES AND DOSES OF FERTILIZERS AND BIOFERTILIZERS IN GUERRERO, MEXICO

González-Mateos, R.<sup>1</sup>, Noriega-Cantú, D. H.<sup>2</sup>, Volke-Haller, V. H.<sup>3</sup>, Pereyda-Hernández, J.<sup>4</sup>, Domínguez-Márquez, V. M.<sup>5</sup>, Garrido-Ramírez E. R.<sup>6</sup>

<sup>1,4,5</sup>Profesores-Investigadores Titulares. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales. Periférico Pte. S/N, Col. Villa de Guadalupe, Iguala, Guerrero, México; C.P. 40010. Maestría en Competitividad y Sustentabilidad, Calle Pino s/n Col. El Roble, Acapulco, Gro.; <sup>2</sup>Investigador del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuaria. Centro de Investigación Pacífico Sur. Campo Experimental Iguala. Km. 2.5 Carr. Iguala-Tuxpan, Col. Centro, Tuxpan, Guerrero, México. C.P. 40000. <sup>3</sup>Profesor-Investigador Titular, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Km. 36.5 Carr. Fed. México-Texcoco, Montecillos, Edo. de México, México. C.P. 56230. <sup>6</sup>Investigador del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuaria. Centro de Investigación Pacífico Sur. Campo Experimental Centro de Chiapas, km 3.0 Carr. Ocozocoautla-Cintalapa, Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas, C.P. 29140.

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

### RESUMEN

En Guerrero, el rendimiento medio de maíz (*Zea mays* L.) en 2014 fue de 2.79 t ha<sup>-1</sup>, con variedades criollas, híbridos nacionales y de empresas transnacionales en diferentes condiciones edáficas y climáticas, a altitudes desde el nivel del mar hasta 2880 m, principalmente en régimen de temporal (95%). En 1994 se creó el Programa Estatal de Fertilizantes como respuesta a los bajos rendimientos del maíz, que proporcionó a los productores sulfato de amonio, y en 2006 este programa introdujo otras fuentes de fertilizantes, control de plagas y malezas, mayor densidad de población y biofertilizantes. En 2009, se establecieron 116 parcelas demostrativas en terrenos de productores, en las seis regiones geo-económicas del Estado de Guerrero, con el objetivo de evaluar materiales genéticos comerciales de maíz de temporal y la respuesta a fuentes y dosis de fertilización nitrogenada, fosfórica y biofertilizantes; adicionalmente, fue posible considerar también la respuesta a la forma de aplicación del fertilizante y el efecto de la fecha de siembra y la altitud. Los materiales genéticos y sus respuestas a estos factores, presentan similitudes y diferencias entre las regiones y condiciones de producción, obteniendo rendimientos en función de la posición fisiográfica y tipo de clima, oscilando entre 5000 y 9700 kg ha<sup>-1</sup> así como a las fuentes de fertilizantes, aunque no entre las dosis de 60–30 (kg N–P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>) y 90–60, a la forma de fertilización (mateado y en banda) y a la densidad de población.

**Palabras clave:** Región geo-económica, maíces, nutrición

**Agroproductividad:** Vol. 11, Núm. 1, enero. 2018, pp. 22-31.

**Recibido:** diciembre, 2016. **Aceptado:** septiembre, 2017.



## ABSTRACT

In Guerrero, the mean maize yield (*Zea mays* L.) in 2014 was 2.79 t ha<sup>-1</sup>, with Creole varieties, national hybrids and from transnational companies, under different soil and climate conditions, at altitudes from sea level to 2880 m, mainly under a rainfed regime (95%). In 1994, the State Fertilizer Program was created as a response to the low maize yields, providing producers with ammonium sulfate, and in 2006 this program introduced other sources of fertilizers, pest and weed control, higher population density and biofertilizers. In 2009, 116 demonstrative plots were established in producers' lands, in the six geo-economic regions of the state of Guerrero, with the objective of evaluating commercial genetic materials of rainfed maize and the response to sources and doses of nitrogenous fertilization, phosphorus and biofertilizers; in addition, it was also possible to consider the response to the form of application of the fertilizer, and the effect from the sowing date and altitude. The genetic materials and their responses to these factors show similarities and differences between production regions and conditions, obtaining yields in function of the physiographic position and type of climate, ranging between 5000 and 9700 kg ha<sup>-1</sup>.

**Keywords:** geo-economic region, maize varieties, nutrition.

## INTRODUCCIÓN

En México, el maíz (*Zea mays* L.) constituye el principal cultivo, con una superficie sembrada anualmente que varía alrededor de ocho millones de hectáreas (Turrent *et al.*, 2012; FAO 2012) y una producción anual promedio, de 2011 a 2013, de 21 millones de t (CEDRSSA, 2014). En el Estado de Guerrero, en el ciclo primavera-verano de 2014 se sembraron 446 794 ha, con un rendimiento medio estatal de 2.79 t ha<sup>-1</sup>, y variaciones entre los Distritos de Desarrollo Rural, de 3.78 t ha<sup>-1</sup> en Altamirano (región Tierra Caliente), 2.25 t ha<sup>-1</sup> en Atoyac (región Costa Grande), 2.73 t ha<sup>-1</sup> en Chilpancingo (región Centro), 2.84 t ha<sup>-1</sup> en Iguala (región Norte), 3.20 t ha<sup>-1</sup> en Las Vigas (región Costa Chica) y 1.29 t ha<sup>-1</sup> en Tlapa (región Montaña) (SIAP, 2014). En esta entidad, el maíz se

siembra en diferentes condiciones edáficas y climáticas, a altitudes que van desde el nivel del mar hasta los 2880 m, principalmente en régimen de temporal (95%) y por productores con pequeña superficie que utilizan variedades criollas adaptadas a sus diversas condiciones de suelo y clima (Noriega *et al.*, 2010); sin embargo, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ha desarrollado tanto híbridos como variedades mejoradas, de amplia adaptación a diferentes condiciones de suelo y clima y mayores potenciales de rendimiento, como alternativa a maíces criollos, enfocados a la agricultura comercial, aunque algunas empresas transnacionales están introduciendo materiales mejorados con la misma finalidad. Los rendimientos del maíz en Guerrero han sido bajos, debido al escaso uso de fertilizantes, además de otras prácticas, tales como el uso de semillas criollas, deficiente uso y manejo de agroquímicos para el control de plagas del suelo, gusano cogollero, y de las malezas. Como respuesta al problema, en 1994 se creó el Programa Gubernamental de Fertilizantes destinado a apoyar a los productores de bajos recursos socioeconómicos (Méndez, 2012). Los productores beneficiados con el programa recibieron sulfato de amonio (20.5 % de N); sin embargo, no se consideraron las condiciones de suelo, como el pH, y actualmente se reportan problemas de acidificación por el uso continuo del fertilizante. Si bien el suelo y clima determinan un potencial físico de producción para un cultivo, el clima en cuanto a su aporte de agua puede ser modificado mediante el riego. Dentro de este potencial físico la producción depende del potencial biológico de la planta y la tecnología en cuanto a prácticas y distintos insumos, de los cuales destacan los fertilizantes, especialmente nitrogenados y fosfóricos, así como aquellos abocados al control de plagas, enfermedades y malezas, a la vez que las variedades de maíces. Por este motivo, en 2006 se continuó con el Programa Estatal de Fertilizantes, introduciendo otros componentes tecnológicos, ante la acidificación de los suelos por el uso de sulfato de amonio, otras fuentes de fertilizantes, el control de plagas y malezas, y mayor densidad de población del cultivo, a la vez que el uso de biofertilizante a base de hongo *Glomus intraradices* y la bacteria *Azospirillum brasilense*. El interés en el uso de biofertilizantes tuvo su base en que en diversos trabajos se ha demostrado el efecto positivo de ciertos hongos y bacterias sobre la producción de biomasa de las plantas tanto en follaje como en grano (García *et al.*, 2012; Alarcón y Ferrera-Cerrato, 2000), sustituye hasta 50% del fertilizante nitrogenado (Agua-do-Santacruz, 2012). Con estos antecedentes se evaluó

el rendimiento de materiales genéticos comerciales de maíz de temporal y la respuesta a fuentes y dosis de fertilizantes y biofertilizantes en diferentes condiciones ambientales en Guerrero, México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El Estado de Guerrero (16° 18' y 18° 48' N y 98° 03' y 102° 12' O), tiene una extensión territorial de 63 794 km<sup>2</sup>. El relieve predominante en la región es accidentado, con pendientes mayores a 15% en 5 569 985 ha (86.30%), entre 4% y 15% en 630 427 ha (9.77%), y menos de 4% en 253 963 ha (3.93%) (Noriega *et al.*, 2010). Los tipos de clima presentes son los cálidos subhúmedos Aw (63.94%), semicálidos subhúmedos (A)C(w) (20.99%), semiáridos cálidos BS (8.90%), y templado subhúmedos C(w) (6.11%), así, otros que ocupan pequeñas superficies como el templado húmedo (C)m, semicálido húmedo (A)C(m) y el semifrío húmedo Cb(w<sub>2</sub>) (0.07%), cuya distribución se presenta en la Figura 1 (García, 2004; INEGI, 2007).

La precipitación registrada en el periodo de 1981-2010 fue de: 2754.5 mm en Pueblo Hidalgo (San Luis Acatlán), región Costa Chica; 2564.5 mm Zitlatepec (Metlatonoc) y 2061.2 mm en Malinaltepec (Malinaltepec), región Montaña Alta; 521.7 mm en Tonalapa del Sur y 645.0 mm en San Juan Tetelcingo (Tepecoacuilco de Trujano) región Norte; 696.8 mm en Mezcala (Eduardo Neri), región Centro; y, 689.5 mm en Arantichanguio (Zirándaro), región Tierra Caliente (SMN, 2014). La precipitación se distribuye en los meses de junio a septiembre de manera errática, con sequía intraestival o canícula, que en

las últimas décadas han sido cada vez más frecuentes y prolongadas, como la registrada en el ciclo primavera-verano de 2015, con impactos significativos y pérdidas aun no cuantificables de grano de maíz. Las temperaturas medias más bajas y más altas son de 19.1 °C a 31.5 °C, respectivamente, con una media anual de 25.3 °C (SMN, 2014). Los suelos presentes son Regosoles (RG) (33.5%), Leptosoles (LP) (29.9%), Luvisoles (LV) (15.9%), Feozem (PH) (8.3%), Cambisoles (CM) (7.9%), Fluvisoles (FL) (1.0%) y otros con porcentajes menores a 1.0%, cuya distribución se presenta en la Figura 2 (INEGI, 2007).

La SEMARNAT-CP (2002) reporta 48.8% de suelos con degradación, de la cual 31.3% es por erosión hídrica, (25.9% con afectación superficial y 5% con presencia de cárcavas), y 14.5% de degradación química, que conlleva a la pérdida de extensas superficies de suelos (González *et al.*, 2003, 2007), declinación de la calidad de la tierra y la capacidad productiva (Baumann, 2000). Los suelos más erosionados y poco profundos se encuentran en posiciones fisiográficas de ladera, los más profundos en las planicies y los de lomeríos presentan profundidades intermedias (Noriega *et al.*, 2010). Considerando el suelo, clima y altitud, y aspectos económicos, el Estado de Guerrero se ha dividido en seis regiones geo-económicas: Norte, Tierra Caliente, Centro, Montaña, Costa Chica y Costa

Grande. En la Figura 3 se presenta la ubicación de las regiones geo-económicas en el Estado de Guerrero y (INEGI, 2007).

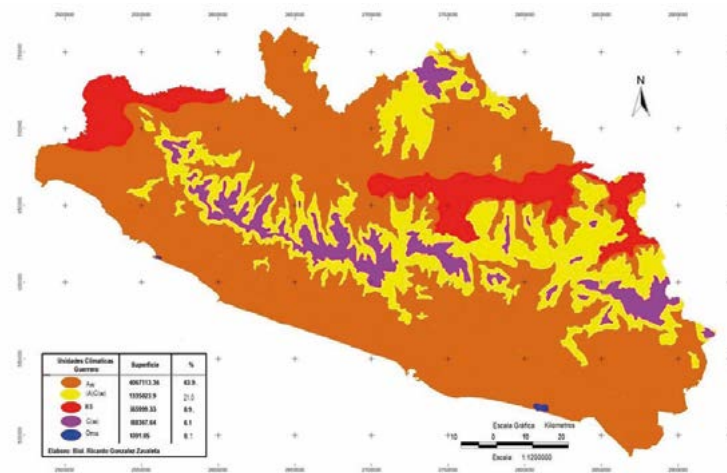


Figura 1. Climas del Estado de Guerrero, México.

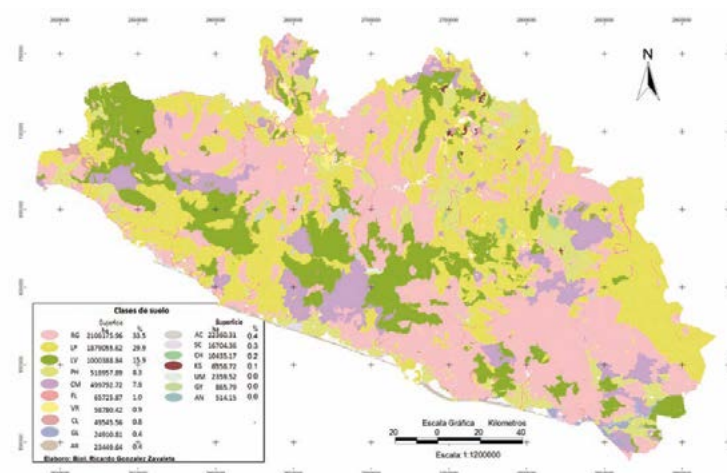


Figura 2. Suelos del Estado de Guerrero, México.

Como parte de la preocupación por la acidificación de los suelos debido al uso de fertilizantes amoniacales (sulfato de amonio) por los productores, en 2009, 2012 y 2013 se realizó un muestreo de suelo en el estado de Guerrero (993 muestras) para determinar el pH. El Cuadro 1 presenta la distribución de pH del suelo en las distintas regiones del Estado de Guerrero.

En la región Tierra Caliente se observan pH ácidos, neutros y alcalinos; en la Norte predominan los pH alcalinos; en la Centro se observan pH ácidos y alcalinos; en la Montaña tienden a predominar los pH ácidos; y en la Costa Chica y la Costa Grande, los pH ácidos.



Figura 3. Regiones geo-económicas del Estado de Guerrero, México.

En el ciclo agrícola primavera-verano 2009 se establecieron parcelas demostrativas (PADEM) con maíz blanco en las seis regiones del Estado de Guerrero: 15 en Tierra Caliente, 34 en Norte, 22 en Centro, 13 en Montaña, 25 en Costa Chica y 5 en Costa Grande. Las PADEM incluyeron genotipos de maíz, fuentes de fertilización, dosis de nitrógeno-fósforo y aplicación de biofertilizante. Los genotipos probados fueron: en la región Tierra Caliente, H-516 y H-563; en la Norte, VS-535, VS-559, VS-235, H-516 y Tornado; en la Centro, H-516, H-563 y VS-235; en la Montaña, H-516, H-563, VS-235 y VS-234; en la Costa Chica, H-563 y H-516; y en la Costa Grande, H-562. Las fuentes de fertilizantes fueron: fosfonitrato-fósforo diamónico (FN-FDA) para suelos ácidos, y sulfato de amonio-fósforo diamónico (SA-FDA) para suelos alcalinos. Sin embargo, el uso de una u otra fuente de fertilizantes en las regiones dependió de la disponibilidad y de la preferencia del productor, de tal modo que no en todas las regiones se probaron ambas fuentes y su distribución fue variable, según se indica en el Cuadro 2. Las dosis de nitrógeno-fósforo probadas fueron 60-30 y 90-60 kg de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>. El biofertilizante aplicado correspondió al hongo *Glomus intraradices*, producido por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), en dosis de 1.0 kg ha<sup>-1</sup>, y bacteria *Azospirillum brasilense*, producido por Biosustenta, en dosis de 350 g ha<sup>-1</sup>, ambos aplicados a la semilla. Según la fertilización y la aplicación de biofertilizante, los tratamientos probados son los que se indican en el Cuadro 3.

Cuadro 1. Distribución de pH del suelo en las regiones del Estado de Guerrero.

| Región          | pH   |         |         |         |         |      |
|-----------------|------|---------|---------|---------|---------|------|
|                 | <5.5 | 5.6-6.0 | 6.1-6.5 | 6.6-7.3 | 7.4-8.3 | >8.3 |
|                 | (%)  |         |         |         |         |      |
| Tierra Caliente | 16.9 | 13.1    | 10.4    | 22.4    | 25.7    | 11.5 |
| Norte           | 11.7 | 4.3     | 0.0     | 9.0     | 68.0    | 6.0  |
| Centro          | 33.1 | 12.7    | 5.7     | 8.9     | 35.0    | 4.5  |
| Montaña         | 45.6 | 7.4     | 17.6    | 5.9     | 22.0    | 1.5  |
| Costa Chica     | 46.5 | 20.2    | 24.2    | 8.1     | 1.0     | 0.0  |
| Costa Grande    | 28.2 | 31.0    | 26.6    | 12.1    | 1.1     | 0.0  |

Cuadro 2. Distribución del uso de las fuentes de fertilizantes en las regiones del Estado de Guerrero, México.

| Región          | Fuente <sup>1</sup> |        |
|-----------------|---------------------|--------|
|                 | FN-FDA              | SA-FDA |
|                 | (%)                 |        |
| Tierra Caliente | 40.0                | 60.0   |
| Norte           | 26.5                | 73.5   |
| Centro          | 4.5                 | 95.5   |
| Montaña         | 0.0                 | 100.0  |
| Costa Chica     | 85.2                | 14.8   |
| Costa Grande    | 100.0               | 0.0    |

<sup>1</sup>FN-FDA=fosfonitrato (33 % N, 3 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)-fósforo diamónico (18 % N, 46 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>);

SA-FDA=sulfato de amonio (21 % N)-fósforo diamónico (18 % N, 46 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)

El nitrógeno se aplicó la mitad y todo el fósforo en la siembra, y el resto del nitrógeno a los 40 días de la germinación de la semilla.

**Cuadro 3.** Tratamientos de fertilización y biofertilizante aplicados en las parcelas demostrativas.

| Tratamiento | Fertilización N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> ) | Biofertilizante |
|-------------|--|-----------------|
| 1           | 60-30  | sin             |
| 2           | 60-30  | con             |
| 3           | 90-60  | sin             |
| 4           | 90-60  | con             |

Como parte del Programa de Fertilizante se contrataron Prestadores de Servicios Profesionales para apoyar a los productores en aplicación del paquete tecnológico para el maíz, por lo que algunos productores de la región Norte aplicaron 2 L ha<sup>-1</sup> de fertilizante foliar (concentración y formulación: Mg, 1.00%, S, 4.00%; B, 0.04%; Co, 0.002%; Cu, 0.04%; Fe, 3.00%; Mn, 0.25%; Mo, 0.005%; Zn, 4.00%), producto líquido concentrado de alta solubilidad. En la región Centro y Montaña también algunos productores aplicaron preparados de lixiviados de lombricompost y soluciones madres concentradas, preparadas por personal de la Universidad Autónoma Chapingo. El uso de los fertilizantes foliares dependió de la disponibilidad y habilidad del Prestador de Servicios Profesional en sensibilizar al productor respecto a estos productos. Posteriormente se observó que los productores variaban la forma de aplicación del fertilizante, según se presenta en el Cuadro 4, por lo que este factor se consideró en el análisis de la información.

Las PADEM en terrenos de productores se establecieron en una superficie de 1.0 ha, la cual se dividió en cuatro bloques correspondientes a los tratamientos de dosis de nitrógeno y fósforo y aplicación de biofertilizante, que se distribuyeron al azar. El terreno se preparó: a) en pendientes menores a 8%, con maquinaria, y comprendió un barbecho, rastra y surcado, y en algunos casos solo barbecho y surcado; y, b) en pendientes mayores a 8%, con tracción animal y, donde esto no era posible por lo escarpado del terreno, con espeque (palo puntiagudo usado para abrir hoyos para sembrar), como fue en algunas áreas de la región Costa Chica. La distancia entre surcos fue de 0.80 m, pero en terrenos con pendiente muy escarpada podía ser de hasta 1.0 m y la distancia entre matas

varió de 0.20 a 0.25 m en las siembras con maquinaria y tracción animal, y de 0.40 m a 0.50 m en las siembras con espeque; para la siembra manual se consideraron dos plantas por mata, y para la siembra con maquinaria, 20 kg de semilla por hectárea. De esta manera, la densidad de población podía variar entre 57 500 y 62 500 plantas por hectárea. Previo a la siembra, la tarde anterior se inoculó la semilla con el biofertilizante: 300 g de *Azospirillum brasilense* y 1000 g de *Glomus intraradices*, más adherente, y dejó secar durante la noche.

La maleza se controló con Gesaprim Combi, aplicando 2 L ha<sup>-1</sup>; las plagas como gusano de alambre (*Agrotis ssp.*) y gallina ciega (*Phyllophaga spp.*) se controlaron con Counter 20 % G, aplicando 7 kg ha<sup>-1</sup>; para la región de Tierra Caliente a la semilla se le aplicó Furadán 300 TS, en 1.0 L ha<sup>-1</sup>; el gusano cogollero (*Spodopera frugiperda*) se controló con Disparo CE con 2 a 3 mL L<sup>-1</sup> de agua, Carbarilo, 10 kg ha<sup>-1</sup> o Lorsban 480E, con 1 L ha<sup>-1</sup>, Decis con 0.25 L ha<sup>-1</sup>, o Pounce Gr, con 5 kg ha<sup>-1</sup>; además de control químico se aplicó un control biológico, con 16 pulg de *Trichogramma ssp.*, con cuatro liberaciones en cada 10 a 12 días, la primera a los 20 días después de la siembra. La cosecha se realizó de manera manual, cuando el grano estaba en madurez fisiológica. El rendimiento de grano se estimó mediante un muestreo en "cinco de oro" por bloque y en dos surcos de 5 m de longitud, y se contó el número de plantas y mazorcas;

se midió la distancia entre surcos y la distancia entre matas, con lo cual se calculó la densidad de población. Después se tomó una muestra de grano de maíz para determinar el porcentaje de humedad a la cosecha y se determinó el porcentaje de olote, con la cual se estimó el peso de grano por planta y por hectárea,

**Cuadro 4.** Distribución de la forma de aplicación del fertilizante en las regiones del Estado de Guerrero, México.

| Región          | Forma de aplicación |          |
|-----------------|---------------------|----------|
|                 | mateado             | en banda |
|                 | %                   |          |
| Tierra Caliente | 20.0                | 80.0     |
| Norte           | 20.6                | 79.4     |
| Centro          | 81.8                | 18.2     |
| Montaña         | 46.2                | 53.8     |
| Costa Chica     | 100.0               | 0.0      |
| Costa Grande    | 100.0               | 0.0      |

expresando el grano a 14% de humedad. En cada PADEM se tomó nota de la forma de terreno, en términos de su posición fisiográfica (terrenos planos, de lomeríos y de ladera), y se consideró la información climática (Figura 1), la altitud y la fecha de siembra. El siguiente paso consistió en estimar una función de producción para el rendimiento de maíz para las seis regiones en conjunto, como una función de los factores: clima, posición fisiográfica, genotipos, fertilización y biofertilizan-

te, a los cuales se les adicionó la altitud y la fecha de siembra, a la vez que la fuente de fertilizantes y la forma de aplicación. Para la estimación de la función de producción se siguió el procedimiento propuesto por Volke (2008) para información derivada del muestreo. Con la función de producción se calcularon los rendimientos en las regiones, para los correspondientes valores de los factores incluidos en ella.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Función de producción

Se obtuvo para las seis regiones en conjunto, misma que fue la siguiente:

$$Y = -3168.429 + 2542.174 C - 834.889 C^2 + 3141.635 R_3C - 1743.063R_3C^2 - 1873.365 P + 817.660 P^2 + 845.483 R_6 P + 273.890 D - 2.125 D^2 - 600.192 F_f - 661.513 R_2F_f + 1205.801 R_5F_f + 754.726 Fa - 1756.811 R_2Fa - 1580.690 R_3Fa - 1401.143 R_4Fa + 292.940 R_2T + 279.706 R_4T + 229.463 R_6T + 10.517 S - 4.956S^2 + 0.1774 S^3 - 0.001710 S^4 + 11.095 R_2S + 15.997 R_4S + 1204.729 R_5 S^{0.5} - 69.337 R_5S + 3.142 A - 0.003750 A^2 + 0.000001070 A^3 + 3.034 R_2A - 0.001350 R_2A^2 + 43.499 R_3A^{0.5} + 0.5745 R_4A - 779.488 R_5 A^{0.5} + 30.668 R_5A - 0.01020 R_5A^2$$

(Pr.F = 0.0001, CME = 522 406, CV = 15.11 %, R<sup>2</sup> = 0.757)

Donde: Y es el rendimiento de grano (kg ha<sup>-1</sup>); R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub>, R<sub>4</sub> R<sub>5</sub> y R<sub>6</sub> son variables auxiliares para las regiones Norte, Centro, Montaña, Costa Chica y Costa Grande, respectivamente, en comparación a la región Tierra Caliente; C es el tipo de clima; P es la posición fisiográfica; D es la densidad de población (plantas ha<sup>-1</sup>); F<sub>f</sub> es la fuente de fertilizantes; Fa es la forma de aplicación del fertilizante; T es la aplicación de biofertilizante; S es la fecha de siembra (días a partir del 01/06); A es la altitud (m). Con la función de producción se calcularon los rendimientos en las regiones, para los climas y posiciones fisiográficas, los materiales genéticos, la densidad de plantas, la

fuerza del fertilizante, la forma de aplicación del fertilizante, la dosis de nitrógeno-fósforo, la aplicación de biofertilizante, a valores medios o más frecuentes de fecha de siembra y altitud. En los Cuadros 5 a 10 se presenta la información referida.

### Rendimientos

A continuación se hace el análisis de los rendimientos obtenidos para los factores que quedaron incluidos en la función de producción.

Los rendimientos máximos alcanzados en las distintas regiones con 60 000 plantas ha<sup>-1</sup> en las distintas condiciones de clima y suelo fueron de 5302 a 6358 kg ha<sup>-1</sup> en la región Tierra Caliente, 5947 a 8747 kg ha<sup>-1</sup> en la Norte, 5514 a 9676 kg ha<sup>-1</sup> en la Centro, 4943 a 7794 kg ha<sup>-1</sup> en la Montaña, 4991 a 6047 kg ha<sup>-1</sup> en la Costa Chica, y 5386 a 6601 kg ha<sup>-1</sup> en la Costa Grande. Estos rendimientos fueron muy superiores a los que obtiene la mayoría de los productores en las distintas regiones, si los comparamos con los rendimientos medios obtenidos en 2010, de 3.84 t ha<sup>-1</sup> en la región Tierra Caliente, 2.83 t ha<sup>-1</sup> en la Norte, 2.73 t ha<sup>-1</sup> en la Centro, 1.35 t ha<sup>-1</sup> en la Montaña, 3.20 t ha<sup>-1</sup> en la Costa Chica y 2.25 t ha<sup>-1</sup> en la Costa Grande (SIAP, 2014).

Algunos de los genotipos se probaron en una sola PA-DEM, por lo que no se pudo obtener información suficiente para su comparación, como fue para las variedades V-559, sintética VS-535 y Tornado; en otro caso, en la región Costa Grande se probó solo el híbrido H-562, por lo que pudo existir cierto grado de confusión en el efecto y no se consideró en la comparación. En la función de producción se consideró como material genético de comparación el híbrido H-516 y no quedaron incluidos los materiales híbrido H-563, variedad sintética VS-234 y variedad sintética Vs-235, de tal modo que ellos habrían presentado un rendimiento similar al híbrido H-516. Sin

**Cuadro 5.** Rendimiento de maíz (*Zea mays* L.) (kg ha<sup>-1</sup>) en función de clima, posición fisiográfica y densidad de población, en la región Tierra Caliente, Guerrero, México.

| Clima | Posición fisiográfica | Densidad (plantas ha <sup>-1</sup> ) |        |        |        |        |        |
|-------|-----------------------|--------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|       |                       | 30 000                               | 40 000 | 50 000 | 55 000 | 60 000 | 65 000 |
| Aw    | Plano                 | 3879                                 | 5130   | 5957   | 6211   | 6358   | 6399   |
|       | Ladera                | 2823                                 | 4075   | 4901   | 5155   | 5302   | 5344   |
|       | Lomerío               | 3403                                 | 4654   | 5481   | 5734   | 5882   | 5923   |

Los híbridos H-516 y H-563 dieron igual rendimiento. La fuente de fertilizante sulfato de amonio-fosfato diamónico rindió 600 kg ha<sup>-1</sup> menos que la fuente fosfonitrato-fosfato diamónico. La aplicación en banda del fertilizante rindió 754 kg ha<sup>-1</sup> más que la aplicación mateada. Altitud: 260-510 m. Fecha de siembra: 25/06-10/07.

**Cuadro 6.** Rendimiento de maíz (*Zea mays* L.) (kg ha<sup>-1</sup>) en función de clima, posición fisiográfica y densidad de población, en la región Norte, Guerrero, México.

| Clima   | Posición fisiográfica | Densidad (plantas ha <sup>-1</sup> ) |        |        |        |        |        |
|---------|-----------------------|--------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|         |                       | 30 000                               | 40 000 | 50 000 | 55 000 | 60 000 | 65 000 |
| Aw      | Plano                 | 4523                                 | 5774   | 6601   | 6855   | 7002   | 7044   |
|         | Ladera                | 3467                                 | 4719   | 5545   | 5799   | 5947   | 5988   |
|         | Lomerío               | 4047                                 | 5298   | 6125   | 6379   | 6526   | 6568   |
| C(w)    | Plano                 | 6230                                 | 7482   | 8308   | 8562   | 8710   | 8751   |
|         | Ladera                | 5175                                 | 6426   | 7252   | 7506   | 7654   | 7695   |
|         | Lomerío               | 5754                                 | 7006   | 7832   | 8086   | 8234   | 8275   |
| (A)C(w) | Plano                 | 6268                                 | 7519   | 8346   | 8599   | 8747   | 8788   |
|         | Ladera                | 5212                                 | 6464   | 7290   | 7544   | 7691   | 7733   |
|         | Lomerío               | 5792                                 | 7043   | 7870   | 8123   | 8271   | 8312   |

La variedad sintética VS-235 rindió 534 kg ha<sup>-1</sup> más que el híbrido H-516. La fuente de fertilizante sulfato de amonio-fosfato diamónico rindió 1261 kg ha<sup>-1</sup> menos que la fuente fosfonitrato-fosfato diamónico. La aplicación en banda del fertilizante rindió 1002 kg ha<sup>-1</sup> menos que la aplicación mateada. La aplicación de biofertilizante rindió 292 kg ha<sup>-1</sup> más. Altitud: 625-1585 m. Fecha de siembra: 07/06-07/07.

**Cuadro 7.** Rendimiento de maíz (*Zea mays* L.) (kg ha<sup>-1</sup>) en función de clima, posición fisiográfica y densidad de población, en la región Centro, de Guerrero, México.

| Clima   | Posición fisiográfica | Densidad (plantas ha <sup>-1</sup> ) |        |        |        |        |        |
|---------|-----------------------|--------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|         |                       | 30 000                               | 40 000 | 50 000 | 55 000 | 60 000 | 65 000 |
| Aw      | Plano                 | 4091                                 | 5342   | 6169   | 6423   | 6570   | 6611   |
|         | Ladera                | 3035                                 | 4287   | 5113   | 5367   | 5514   | 5556   |
|         | Lomerío               | 3614                                 | 4866   | 5693   | 5996   | 6094   | 6135   |
| C(w)    | Plano                 | 7197                                 | 8448   | 9275   | 9528   | 9676   | 9717   |
|         | Ladera                | 6141                                 | 7392   | 8219   | 8473   | 8620   | 8662   |
|         | Lomerío               | 6721                                 | 7972   | 8799   | 9052   | 9200   | 9241   |
| (A)C(w) | Plano                 | 5147                                 | 6398   | 7225   | 7478   | 7626   | 7667   |
|         | Ladera                | 4091                                 | 5342   | 6169   | 6423   | 6570   | 6612   |
|         | Lomerío               | 4671                                 | 5922   | 6748   | 7002   | 7150   | 7191   |

Los híbridos H-516 y H-563 dieron igual rendimiento. En esta región se usó solo la fuente de fertilizante sulfato de amonio-fosfato diamónico. La aplicación en banda del fertilizante rindió 826 kg ha<sup>-1</sup> menos que la aplicación mateada. Altitud: 213-1526 m. Fecha de siembra: 21/06-15/07.

**Cuadro 8.** Rendimiento de maíz (*Zea mays* L.) (kg ha<sup>-1</sup>) en función de clima, posición fisiográfica y densidad de plantas en la región Montaña, de Guerrero, México.

| Clima   | Posición fisiográfica | Densidad (plantas ha <sup>-1</sup> ) |        |        |        |        |        |
|---------|-----------------------|--------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|         |                       | 30 000                               | 40 000 | 50 000 | 55 000 | 60 000 | 65 000 |
| Aw      | Plano                 | 3570                                 | 4821   | 5648   | 5901   | 6049   | 6090   |
|         | Ladera                | 2514                                 | 3765   | 4592   | 4846   | 4993   | 5035   |
|         | Lomerío               | 3094                                 | 4345   | 5171   | 5425   | 5573   | 5614   |
| C(w)    | Plano                 | 5277                                 | 6528   | 7355   | 7609   | 7756   | 7798   |
|         | Ladera                | 4221                                 | 5473   | 6299   | 6553   | 6701   | 6742   |
|         | Lomerío               | 4801                                 | 6052   | 6879   | 7133   | 7280   | 7321   |
| (A)C(w) | Plano                 | 5315                                 | 6566   | 7392   | 7646   | 7794   | 7835   |
|         | Ladera                | 4259                                 | 5510   | 6337   | 6590   | 6738   | 6779   |
|         | Lomerío               | 4838                                 | 6090   | 6916   | 7170   | 7318   | 7359   |

La variedad sintética VS-235 dio 777 kg ha<sup>-1</sup> menos que el híbrido H-516, y la variedad sintética VS-234 dio igual rendimiento que el híbrido H-516. En esta región se usó solo la fuente de fertilizante sulfato de amonio-fosfato diamónico. La aplicación en banda del fertilizante rindió 646 kg ha<sup>-1</sup> menos que la aplicación mateada. La aplicación de biofertilizante rindió 279 kg ha<sup>-1</sup> más. Altitud: 969-2084 m. Fecha de siembra: 10/06-12/07.

**Cuadro 9.** Rendimiento de maíz (*Zea mays* L.) (kg ha<sup>-1</sup>) en función de clima, de posición fisiográfica y densidad de población en la región Costa Chica de Guerrero, México.

| Clima | Posición fisiográfica | Densidad de población (plantas ha <sup>-1</sup> ) |        |        |        |        |        |
|-------|-----------------------|---|--------|--------|--------|--------|--------|
|       |                       | 30 000  | 40 000 | 50 000 | 55 000 | 60 000 | 65 000 |
| Aw    | Plano                 | 3568  | 4819   | 5645   | 5899   | 6047   | 6088   |
|       | Ladera                | 2512  | 3763   | 4590   | 4844   | 4991   | 5032   |
|       | Lomerío               | 3092  | 4343   | 5169   | 5423   | 5571   | 5612   |

Los híbridos H-516 y H-563 dieron igual rendimiento. La fuente de fertilizante fosfonitrato-fosfato diamónico rindió 605 kg ha<sup>-1</sup> menos que la fuente sulfato de amonio-fosfato diamónico. En esta región se aplicó el fertilizante solo mateado. Altitud: 33-1182 m. Fecha de siembra: 09/06-16/07.

**Cuadro 10.** Rendimiento de maíz (*Zea mays* L.) (kg ha<sup>-1</sup>) en función de clima posición fisiográfica y densidad de población en la región Costa Grande, Guerrero, México.

| Clima | Posición fisiográfica | Densidad de población (pl. ha <sup>-1</sup> ) |        |        |        |        |        |
|-------|-----------------------|---|--------|--------|--------|--------|--------|
|       |                       | 30 000  | 40 000 | 50 000 | 55 000 | 60 000 | 65 000 |
| Aw    | Plano                 | 2906  | 4158   | 4984   | 5238   | 5386   | 5427   |
|       | Lomerío               | 4121  | 6199   | 5909   | 6453   | 6601   | 6642   |

Híbrido H-562. En esta región se usó solo la fuente de fertilizante fosfonitrato-fosfato diamónico. En esta región se aplicó el fertilizante sólo mateado. La aplicación de biofertilizante rindió 229 kg ha<sup>-1</sup> más. Altitud: 18-797 m. Fecha de siembra: 10/07-28/07.

embargo, a partir de la función de producción se procedió a realizar un análisis específico para los materiales genéticos probados en las distintas regiones. De esta comparación resultó que en la región Tierra Caliente los híbridos H-516 y H-563 dieron igual rendimiento; en la Norte, la variedad sintética VS-235 rindió 534 kg ha<sup>-1</sup> más que el híbrido H-516; en la Centro, el híbrido H-563 rindió 674 hg ha<sup>-1</sup> más que el H-516; en la Montaña, la variedad sintética VS-235 rindió 777 kg ha<sup>-1</sup> menos, y la VS-234, igual que el híbrido H-516; en la Costa Chica los híbridos H-516 y H-563 dieron igual rendimiento. Los rendimientos máximos obtenidos en las regiones Norte y Centro bajo condiciones de clima y suelo favorable, y 65 000 plantas ha<sup>-1</sup>, de 8788 y 9717 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, se pueden considerar altos para una fertilización con 60-90 kg N ha<sup>-1</sup>; sin embargo, Turrent *et al.* (2004) registraron rendimientos de ese orden de magnitud en Iguala, Guerrero, con valores de 10.24 t ha<sup>-1</sup> para el híbrido H-513 y 65 kg N ha<sup>-1</sup>, y de 9.43 a 10.47 t ha<sup>-1</sup> para H-551C, con 60 a 65 kg N ha<sup>-1</sup>, a la vez que reportan rendimientos similares e incluso más altos con esas fertilizaciones para localidades en Chiapas y Quintana Roo.

### Clima y posición fisiográfica

Los climas templados subhúmedos C(w) presentes en las regiones Norte, Centro y Montaña dieron mayores rendimientos que los climas cálidos subhúmedos (Aw), presentes en todas las regiones; además los semicálidos subhúmedos (A)C(w) dieron rendimientos simila-

res a los templados subhúmedos (C(w) en las regiones Norte y Montaña, pero menores que los templados subhúmedos (C(w) en la Centro. Los suelos planos presentaron mayores rendimientos, seguidos por los de lomerío y, en último lugar, los de ladera en las regiones Tierra Caliente, Norte, Centro, Montaña y Costa Chica; haciendo excepción a este comportamiento, los suelos de lomerío dieron mayores rendimientos que los planos en la Costa Grande. Los rendimientos más bajos, entre 5000 y 6500 kg ha<sup>-1</sup>, según la posición fisiográfica, se obtuvieron en las regiones Tierra Caliente, Norte, Montaña, Costa Chica y Costa Grande. Para el clima Aw, los rendimientos más altos entre 7500 y 9700 kg ha<sup>-1</sup>, según posición fisiográfica, para el clima C(w) y (A) C(w), es la región Norte y C(w) en la Centro, y rendimientos entre 6500 y 7800 kg ha<sup>-1</sup> según la posición fisiográfica, para el clima (A) C(w) es la Centro y C(w) y (A)C(w) en la Montaña.

### Densidad de población y fuentes, forma de aplicación y dosis de fertilizantes

En las PADEM la densidad de población varió en relación con la densidad planificada, desde una menor densidad por pérdida de plantas debido a plagas y sequía, hasta una mayor densidad sembrada por los productores. Sin embargo, la respuesta a la densidad de población llegó prácticamente en todas las regiones a 60000 plantas ha<sup>-1</sup>, ya que después de esta densidad el incremento de rendimiento es despreciable. La



fuentes fosfonitrato-fosfato de amonio dio mayor rendimiento que la fuente sulfato de amonio-fosfato diamónico en las regiones Tierra Caliente ( $600 \text{ kg ha}^{-1}$ ) y Norte ( $1261 \text{ kg ha}^{-1}$ ), a la vez que en la Costa Chica se observó un mayor rendimiento de la fuente sulfato de amonio-fosfato diamónico ( $605 \text{ kg ha}^{-1}$ ); en las regiones Centro y Montaña solo se usó la fuente sulfato de amonio-fosfato diamónico y en la Costa Grande solo la fuente fosfonitrato-fosfato diamónico. En la Tierra Caliente el pH del suelo se distribuyó en el rango de suelos ácidos (40.4%), neutros (22.4%) y alcalinos (37.2%); en la Norte hay predominios de suelos alcalinos (74.0%) y en la Costa Chica predominan los suelos ácidos (90.9%), de tal modo que no se observó alguna relación entre las fuentes de fertilizantes y el pH del suelo.

A este respecto se esperaba alguna relación entre el pH y la respuesta a la fuente de la fertilización, lo que no se observó con mayor rendimiento de la fuente fosfonitrato-fosfato diamónico que la fuente sulfato de amonio-fosfato diamónico en los suelos ácidos, y lo contrario en los suelos alcalinos, lo que no fue observado de esta manera. De esta manera no se observó alguna relación entre el pH del suelo y la fuente de fertilización en las regiones Tierra Caliente, Norte y Costa Chica, ya que se esperaba en mayor rendimiento para la fuente fosfonitrato-fosfato diamónico en suelos ácidos. La forma de aplicación del fertilizante en banda dio un mayor rendimiento que mateada en la región Tierra Caliente ( $754 \text{ kg ha}^{-1}$ ) y la aplicación mateada dio mayor rendimiento que en banda en las zonas Norte ( $2002 \text{ kg ha}^{-1}$ ), Centro ( $826$

$\text{kg ha}^{-1}$ ) y Montaña ( $647 \text{ kg ha}^{-1}$ ); en la Costa Chica y la Costa Grande el fertilizante se aplicó solo mateado. Se podía esperar un mayor rendimiento de la aplicación mateada del fertilizante, como ocurrió en las regiones Norte, Centro y Montaña; sin embargo, en Tierra Caliente ocurrió lo contrario. En cuanto a la dosis de fertilización no se observaron diferencias en rendimiento entre la fertilización de  $60\text{-}30$  y  $60\text{-}90 \text{ kg N-P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ . Sin embargo, llama la atención los altos rendimientos obtenidos en algunas regiones con dicha fertilización. Tal es el caso de rendimientos de hasta  $8747$  y  $9676 \text{ kg ha}^{-1}$  alcanzados con  $60\ 000$  plantas  $\text{ha}^{-1}$  en las regiones Norte y Centro, respectivamente. Al respecto, cabe señalar que Turrent *et al.* (2004) también han encontrado rendimientos de ese orden de magnitud en Iguala, Guerrero, con valores de  $10.24 \text{ t ha}^{-1}$  para el híbrido H-5134 y  $65 \text{ kg N ha}^{-1}$ , y de  $9.43$  a  $10.47 \text{ t ha}^{-1}$  para híbrido H-551C con  $60$  a  $65 \text{ kg Na}^{-1}$ , a la vez que reportan rendimientos similares e incluso más altos con esas fertilizaciones para localidades en Chiapas y Quintana Roo.

### Biofertilizante, altitud y fecha de siembra

La aplicación de biofertilizante presentó una respuesta positiva de escasa magnitud en las regiones Norte ( $292 \text{ kg ha}^{-1}$ ), Montaña ( $279 \text{ kg ha}^{-1}$ ) y Costa Grande ( $229 \text{ kg ha}^{-1}$ ), y no se observó respuesta en las regiones Tierra Caliente, Centro y Costa Chica. Esta respuesta al biofertilizante menor a lo esperado se atribuyó a un posible manejo deficiente del mismo, por lo que no se pueden sacar conclusiones al respecto. La altitud varió entre las regiones, de:  $260$  a  $510 \text{ m}$  en la región Tierra Caliente,  $625$  a  $1585 \text{ m}$  en la región Norte;  $213$  a  $1526 \text{ m}$  en la región Centro;  $969$  a  $2084 \text{ m}$  en la región Montaña;  $33$  a  $1182 \text{ m}$  en la región Costa Chica; y  $18$  a  $797 \text{ m}$  en la región Costa Grande. En la función de producción, el efecto de la altitud sobre el rendimiento quedó expresado por variables generales (para todas las regiones) y propias de las regiones (regiones Norte, Centro, Montaña y Costa Chica) y se estimó con el valor medio de la clase modal de altura para cada región, que fue de  $375 \text{ m}$  para la región Tierra Caliente,  $1250 \text{ m}$  para la Norte,  $1250 \text{ m}$  para la Centro,  $1500 \text{ m}$  para la Montaña,  $375 \text{ m}$  para la Costa Chica y  $50 \text{ m}$  para la Costa Grande. La fecha de siembra en condiciones de temporal depende del inicio del temporal y fue variable entre las regiones, lo que también se refleja en la duración del período de siembra en las distintas regiones, de tal modo que el inicio y duración del periodo de siembra fue del  $24$  de junio al  $19$  de julio en la región Tierra Caliente,  $7$  de junio al  $17$  de julio en la región Norte,  $21$  de junio al  $22$  de julio en la región Centro,  $10$  de junio al  $12$  de julio en la región Montaña,  $9$  de junio al  $5$  de agosto en la región Costa Chica, y  $10$  al  $28$  de julio en la región Costa Grande. La fecha de siembra varió en las regiones, dependiendo del inicio de temporal, desde el  $7$  de junio en la región Norte hasta  $10$  de julio en la región Costa Grande. En la función de producción, la fecha de siembra quedó representada por variables generales (para todas las regiones) y propias de la región (Norte, Montaña y Costa Chica), según el efecto de la fecha de la siembra sobre el rendimiento. El rendimiento se estimó con el valor medio de la clase modal de las fechas de siembra de cada región, que fue del  $2$  de julio en Tierra Caliente,  $25$  de junio en la Norte,  $1$  de julio en la Centro,  $27$  de junio en la Montaña,  $7$  de julio en la Costa Chica y  $20$  de julio en la Costa Grande.



## CONCLUSIONES

Los materiales genéticos de maíz dieron rendimientos similares y diferentes en las regiones geoeconómicas. Los distintos climas y posiciones fisiográficas en las regiones geoeconómicas originaron diferencias de rendimiento dentro y entre ellas. La respuesta a la densidad de población fue similar en todas las regiones, llegando a 60000 plantas por hectárea. La respuesta a fuentes de fertilización y a la forma de aplicación del fertilizante fue variable entre las regiones y no se observó respuesta entre las dosis de fertilización. La respuesta a la biofertilización fue escasa en tres de las regiones geoeconómicas y no se presentó en las otras tres.

## LITERATURA CITADA

- Aguado-Santacruz G.A. 2012. Introducción al Uso y Manejo de los Biofertilizantes en la Agricultura. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional Centro-Este, Campo Experimental del Bajío. Celaya, Gto., México. 269 p.
- Alarcón A., Ferrera-Cerrato R. 2000. Biofertilizantes: importancia y utilización en la agricultura. *Agricultura Técnica en México* 26: 191-203.
- Baumann J. 2000. La degradación de suelos: procesos, causas y su combate. En: Quintero-Lizaola, R., Reyna-Trujillo, T., Corlay-Chee, L., Ibañez-Huerta A., García-Calderón, N.E. *La Edafología y sus Perspectivas al Siglo XXI*. Tomo I. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Universidad Nacional Autónoma de México, Universidad Autónoma Chapingo. Méx., México. pp: 145-154.
- CEDRESSA. 2014. Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria. Consumo, Distribución y Producción de Alimentos: El Caso del Complejo Maíz-Tortilla. <http://www.cedrssa.gob.mx> (consultado: 15 de enero de 2016).
- FAO. 2013. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Panorama de la Seguridad Alimentaria y Nutricional en México, 2012. [www.fao.org/publications](http://www.fao.org/publications) (consultado: 15 de enero de 2015)
- García E. 2004. Modificaciones al Sistema de Clasificación de Köppen. Serie Libros No. 6. Quinta Edición: corregida y aumentada. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F., México. 98 p.
- García-Olivares J.G., Mendoza-Herrera A., Mayek-Pérez N. 2012. Efecto de *Azospirillum brasilense* en el Rendimiento del Maíz en el Norte de Tamaulipas, México. <http://www.universidadyciencia.ujat.mx> 28:79-84.
- González-Mateos R., Volke-Haller V., Ortiz-Solorio C.A., González-Ríos J., Manzo-Ramos F. 2003. Conocimiento local de pequeños productores sobre la erosión del suelo en el ejido El Tomatal, Guerrero, México. *Terra Latinoamérica* 25: 245-258.
- González-Mateos R., Volke-Haller V., González-Ríos J., Ocampo-Portillo M., Ortiz-Solorio C.A., Manzo-Ramos F. 2007. Efecto de la erosión del suelo sobre el rendimiento de maíz de temporal. *Terra Latinoamérica* 25: 399-408.
- INEGI. 2007. Datos Vectoriales de la Base Referencial Mundial de Recurso Suelo (WRB-2006).
- Méndez L.M. 2012. Programa de Fertilizante Subsidiado en Guerrero: Transparencia y Rendición de Cuentas. Mexican Rural Development. Reporte 23. 81 p.
- Noriega C.D.H., Gómez M.N.O., Cruzaley S.R., González M.R., Domínguez M.V.M., Pereyda H.J., Ariza F.R., Gutiérrez Del V.A., González C.M., López E.M.E., Alarcón C.N., Garrido R.E., Leyva M.A., Martínez A.U., Manjarrez S.M. 2010. La Producción de Maíz de Temporal en Guerrero. Libro Técnico No. 4. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Iguala, Guerrero, México. 130 p.
- SEMARNAT-CP. 2002. Evaluación de la Degradación Inducida por el Hombre, escala 1:250,000. México. Pág. 68 p.
- SIAP. 2014. Producción maíz grano. [Infosiap.siap.gob.mx/agricola\\_siap/icultivo/index.jsp](http://infosiap.siap.gob.mx/agricola_siap/icultivo/index.jsp) (15 de enero de 2016).
- SMN. 2014. Información Climatológica. Normales Climatológicas. Guerrero. <http://smn.cna.gob.mx/es/component/content/article?id=42> (consultado: 15 de enero de 2016).
- Turrent-Fernández A., Wise T.A., Garvey E. 2012. Achieving México's Maize Potential. GDAE Working Paper No. 12-03. <http://www.ase.tufts.edu/gdae/Pubs/wp/12-03TurrentMexMaize.pdf>. (consultado: 15 de enero de 2015).
- Turrent-Fernández A., Camas-Gómez R., López-Luna A., Cantú-Almaguer M., Ramírez-Silva J., Median-Méndez J., Palafox-Caballero A. 2004. Producción de maíz bajo riego en el sur-sureste de México: II. Desempeño financiero y primera aproximación tecnológica. *Agricultura Técnica en México* 30: 205-221.
- Volke H.V. 2008. Estimación de Funciones de Respuesta para Información de Tipo no Experimental, Mediante Regresión. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México, México. 113. p.



# EVALUACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE COMPOSTA COMO ESTRATEGIA DE FERTILIZACIÓN EN EL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays* L.)

## EVALUATION OF DIFFERENT LEVELS OF COMPOST AS FERTILIZATION STRATEGY IN MAIZE CULTIVATION (*Zea mays* L.)

Lagunes-Domínguez, A.<sup>1\*</sup>, Vilaboa-Arroniz J.<sup>2</sup>, Platas-Rosado, D.E.<sup>3</sup>, López-Romero, G.<sup>3</sup>, Alonso-López, A.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. A El Paraíso, Campestre, 91667 Úrsulo Galván, <sup>2</sup>Agroecosistemas Productivos S.P.R. de R.L. de C.V. <sup>3</sup>Campus Veracruz-Colegio de Postgraduados.

**Autor de correspondencia:** Ver.abimael\_10\_10@hotmail.com

### RESUMEN

El maíz (*Zea mays* L.) es el cultivo de mayor importancia en México por sus aportaciones productivas, socioeconómicas y culturales, cultivándose prácticamente en casi todo el país. Debido a la contaminación que provocan los fertilizantes químicos y los residuos de los ingenios azucareros (materia orgánica) el presente trabajo evaluó una propuesta para el uso de abonos orgánicos (composta) para la producción de maíz. En Úrsulo Galván, Veracruz, México, funcionan dos ingenios azucareros, y los residuos que quedan del proceso de la obtención de la azúcar, pueden ser utilizados como composta para sustituir el aporte de nutrimentos que ofrecen los fertilizantes químicos comparándolos con la dosis de fertilización química recomendada para la zona 150-60-00 de N-P-P. Se trabajó con un híbrido de maíz, cuya raíz y tallo tienen resistencia al acame, con el objetivo de evaluar los diferentes niveles de composta para mejorar el desarrollo, calidad y producción de maíz elotero, utilizando tres tratamientos de composta, uno de fertilización química y un testigo, con cuatro repeticiones en un diseño de bloques completos al azar en una dimensión de 480 m<sup>2</sup>. Las variables altura de planta y diámetro del tallo, en las primeras lecturas, la fertilización química obtuvo un resultado más eficiente, pero en las lecturas restantes no hubo diferencia estadística con la fertilización orgánica.

**Palabras clave:** Fertilizantes químicos, abonos orgánicos, desarrollo, calidad y producción.

### ABSTRACT

Maize (*Zea mays* L.) is the most important crop in México for its productive, socioeconomic and cultural contributions, grown practically throughout the country. Due to the pollution caused by chemical fertilizers and residues from sugar refineries (organic matter), this study evaluated a proposal for the use of organic fertilizers (compost) for maize production. Two sugar refineries function in Úrsulo Galván, Veracruz, México, and the residues that remain from the process of sugar production can be used as compost to substitute the nutrient contribution that chemical fertilizers offer by comparing them with the dose of chemical fertilization recommended for the zone, 150-60-00 of N-P-P. The study was made with a maize hybrid whose root and stem are resistant to lodging, with the objective of evaluating the different levels of compost to improve the development, quality and production of maize for corncob, using three treatments with compost, one with chemical fertilization, and one control, with four repetitions in a completely random block design in an area of 480 m<sup>2</sup>. The variables of plant height and stem diameter had a more efficient result with chemical fertilization during the first readings, but in the remaining readings there was no statistical difference with organic fertilization.

**Keywords:** Chemical fertilizers, organic fertilizers, development, quality and production.

**Agroproductividad:** Vol. 11, Núm. 1, enero. 2018, pp. 32-36.

**Recibido:** mayo, 2017. **Aceptado:** septiembre, 2017.



## INTRODUCCIÓN

**El cultivo** del maíz (*Zea mays* L.) es de origen mesoamericano y su influencia es productiva, socioeconómica, cultural y religiosa (Robles, 1983; Nadal y Wise, 2005). En México hubo una producción de 25.7 millones de toneladas en 2015-2016, en 7.5 millones de hectáreas (SAGARPA, 2016); y en el estado de Veracruz, México, fue de 1.6 millones de toneladas en el 2015, con un valor estimado de 5 mil 600 millones de pesos en una superficie superior a las 600 hectáreas; y en el municipio de Úrsulo Galván fue de 1,337,6 toneladas en 2014, con un valor de 4,240 miles de pesos, sembrado en 328 hectáreas, (SEFIPLAN, 2016). El maíz requiere de macro y micronutrientes para satisfacer sus necesidades, siendo la dosis recomendada para el Municipio de Úrsulo Galván de 150-60-00 de N-P-K respetivamente. Los principales nutrientes que demanda el cultivo forrajero, así como de grano, se presentan con regularidad deficiente en el suelo, los cuales pueden ser aportados aplicando fertilizantes químicos o abonos orgánicos. La materia prima para la producción de fertilizantes químicos proviene de yacimientos mineros, mientras que los orgánicos provienen de animales, humanos, restos vegetales de alimentos, restos de cultivos u otras fuentes orgánicas y naturales, por lo que la materia orgánica para la realización de la composta puede provenir de fuentes naturales, prácticas agrícolas o procesos industriales. El principal monocultivo en el municipio de Úrsulo Galván, Veracruz es la caña de azúcar (*Saccharum* spp.), razón por la cual hay dos ingenios; y los desechos de estos son una fuente de contaminación cuando no reciben un manejo adecuado. Por esto es importante comprobar si los desechos (cachaza de caña de azúcar) que se obtienen de los ingenios cercanos pueden utilizarse para fertilizar el suelo y comprobar si pueden sustituir el aporte de fertilizantes químicos sin disminuir la producción en el cultivo de maíz, lo anterior en comparación con la dosis química recomendada para la zona, la cual es 150N-60P-00K (Garay, 2013). El uso de residuos de cosecha (composta) son abonos orgánicos que se forman por la degradación microbiana de materiales acomodados en capas y sometidas a un proceso de descomposición; los microorganismos que llevan a cabo la descomposición o mineralización de los materiales ocurren de manera natural en el ambiente, de forma que el producto final se utiliza para fertilizar y enriquecer al suelo, así como también para mejorar el drenaje de suelos arcillosos (SAGARPA, 2015). Aunado a ello, y con el fin de sustituir parcial o totalmente la fertilización sintética, se cuenta con la aplicación de biofer-

tilizantes preparados con microorganismos y aplicados al suelo o planta, además de reducir la contaminación generada por los agroquímicos. Los microorganismos utilizados en los biofertilizantes son clasificados dentro de dos grupos: el primero incluye microorganismos que tienen la capacidad de sintetizar sustancias que promueven el crecimiento de la planta, fijando nitrógeno atmosférico, solubilizando hierro y fósforo inorgánico, y mejorando la tolerancia al estrés por sequía, salinidad, metales tóxicos y exceso de pesticidas por parte de la planta; y el segundo incluye microorganismos, los cuales son capaces de disminuir o prevenir los efectos de deterioro de microorganismos patógenos (Bashan y Holguin, 1998; Lucy *et al.*, 2004). Puede haber microorganismos que puedan estar en los dos grupos, que además de promover el crecimiento de la planta inhiben los efectos de microorganismos patógenos (Kloepper *et al.*, 1980).

El uso de compostas tiene influencia sobre la fertilidad de los suelos, y se ha demostrado su aporte de nutrimentos a los cultivos y su efecto en el suelo, aunque varía según su procedencia, edad, manejo y contenido de humedad (Romero *et al.*, 2000). Los abonos orgánicos son un medio para la proliferación de hongos y bacterias benéficas que reducen el riesgo en el desarrollo de enfermedades a las plantas (Méndez *et al.*, 2012); por ello, la pérdida de materia orgánica en el suelo, genera deficiencia de nutrientes para las plantas, disminuyendo rendimientos y la calidad de los productos. Mediante la materia orgánica se enriquece la fertilidad del suelo. La composta proporciona y mejora las condiciones de fertilidad, estructura, textura, pH, e incrementa la capacidad de retención de agua y nutrientes (De Luna y Vázquez, 2009; Luna *et al.*, 2014). El objetivo del presente trabajo fue evaluar diferentes niveles de composta para mejorar el desarrollo, la calidad y la producción de maíz para elote.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en los campos de investigación del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, Veracruz (19° 24' 53.9" N y 96° 21' 07.7" O), con un clima AW2 (García, 1973). El análisis de suelo se realizó dos semanas antes de la siembra, tomando la muestra del suelo aleatoriamente en forma de zig zag, donde dio como resultado una textura migajón arenoso con un pH de 6.9, acidez y salinidad neutra. La siembra se llevó en el ciclo primavera-verano del 2015, y antes de la siembra las semillas se inocularon con dos fertilizantes biológicos, mezclando 16.8 g de cada uno en 250 g de azúcar, disueltos en 500 ml de agua. Se estableció un diseño completamente al

azar, con cinco tratamientos y cuatro repeticiones en una dimensión de 480 m<sup>2</sup>, con 20 unidades experimentales (5 m×4.80 m), cada una, con una distancia entre surcos de 80 cm, y 20 cm entre plantas (62500 plantas ha<sup>-1</sup>) sembrando un híbrido. Las labores culturales fueron: rastro, barbecho y surcado. En cuanto al riego, debido a las características del terreno y al no contar con la infraestructura adecuada se utilizó el riego rodado y la aplicación de un biofertilizante a las cuatro semanas de que germinaran las semillas. Los tratamientos empleados tres niveles de composta con cachaza de caña de azúcar, un testigo absoluto (sin fertilización) y una dosis de fertilizantes químicos recomendada para la zona (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Dosis empleadas en los tratamientos para la evaluación de diferentes niveles de composta En el ITUG, 2015.

| Tratamientos | Contenido  |
|--------------|--|
| T1           | 55.5 kg de cachaza                                 |
| T2           | 111 kg de cachaza                                  |
| T3           | 166.5 kg de cachaza                                |
| T4           | 391.29 g de fosfato diamónico y 825 g de nitrógeno |
| T5           | Testigo  |

**Cuadro 2.** Variables consideradas para la evaluación de diferentes niveles de composta.

| Variable | Descripción   |
|----------|---|
| AP       | La medición se tomó a partir de la base del tallo hasta el ápice terminal, tomando una muestra de 10 plantas útiles semanalmente por tratamiento. |
| DT       | La medición se realizó a 5 cm de altura de la base del tallo se tomó una muestra de 10 plantas útiles semanalmente por tratamiento.               |
| LEH      | La medida se tomó de extremo a extremo de 10 elotes de forma horizontal por tratamiento.  |
| DEH      | Se midió el ancho del elote en la parte más gruesa.   |
| PEH      | Se tomó el peso en grupos de 10 elotes por tratamiento.   |
| LE       | Se utilizó el mismo procedimiento que LEH cuando el elote no tenía hoja.  |
| DE       | Se utilizó el mismo procedimiento que DEH cuando el elote no tenía hoja.  |
| PE       | Se utilizó el mismo procedimiento que PEH cuando el elote no tenía hoja.  |
| PG       | Se pesaron los granos en grupos de 10 elotes por tratamiento.   |
| PO       | El peso se tomó de 10 olotes por cada tratamiento.  |
| PRF      | Se pesó en grupos de 10 por cada tratamiento.   |
| PRS      | Se deshidrataron las raíces y se volvieron a pesar en grupos de 10.   |

Las variables a evaluar fueron: Altura de Planta (AP), Diámetro de Tallo (DT), Largo del Elote con Hoja (LEH), Diámetro del Elote con Hoja (DEH), Peso del Elote con Hoja (PEH), Largo del Elote sin Hoja (LE), Diámetro del Elote sin Hoja (DE), Peso del Elote sin hoja (PE), Peso del Grano (PG), Peso del Olot (PO), Peso de la Raíz en Fresco (PRF) y Peso de la Raíz en Seco (PRS) (Cuadro 2), utilizando un flexómetro de 5 m, un vernier digital y una báscula.

Para el análisis de los datos se utilizó el programa estadístico SAS (Statistical Analysis System), realizando el análisis de varianza y la comparación de medias Tukey.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observa que no se presentó diferencia estadística en ninguno de los tratamientos para el primer muestreo (2 de abril); en el segundo muestreo los tratamientos 1 y 5 fueron los más deficientes, seguidos de los tratamientos 2 y 3, siendo el 4 el mejor del grupo. En los dos últimos muestreos (18 y 23 de abril) no hubo diferencia estadística, aunque los tratamientos 3 y 4 registraron mayor altura. Lo anterior coincide con lo publicado por (Fregoso, 2013) hasta la tercer lectura, pero en la cuarta ya no, pues registró que el tratamiento con 18.5 t de composta ha<sup>-1</sup> fue superior al resto de los tratamientos, mientras que Garay *et al.* (2014), mencionan que no existe diferencia entre tratamien-

tos; sin embargo, obtuvieron mayor altura de planta en los tratamientos, atribuido a que dichos autores trabajaron con una variedad distinta a la utilizada en este trabajo, al igual que Gutiérrez *et al.* (2004) y Austudillo (2011), quienes utilizaron otro tipo de abono orgánico (Cuadro 3).

Para esta variable, en el primer muestreo los tratamientos 1 y 5 resultaron ser deficientes, siendo el 4 el mejor del grupo. En los siguientes tres no existe

diferencia estadística entre los tratamientos; aunque 3 y 4 fueron los que registraron mayor diámetro, esto difiere con Fregoso (2013), ya que se mostró diferencia estadística en los tratamientos, los cuales obtuvieron 37 t ha<sup>-1</sup> y 55.5 t ha<sup>-1</sup> respectivamente y fueron estadísticamente superiores, pero esto puede deberse a que la variedad utilizada en este trabajo fue diferente. También se difiere de Matheus *et al.* (2007) y Méndez (2012), quienes obtuvieron que la fertilización orgánica superó a la fertilización química, aunque esto puede ser porque fueron diferentes variedades de maíz, tipos de fertilización orgánica y condiciones (Cuadro 4).

**Cuadro 3.** Comparación de dosis de fertilización para altura de planta en *Zea mays* L.

| Tratamiento | Dosis de fertilización    | Altura de planta (cm) |           |          |          |
|-------------|---------------------------|-----------------------|-----------|----------|----------|
|             |                           | 2 Abril               | 9 Abril   | 16 Abril | 23 Abril |
| 1           | 18.5 t ha <sup>-1</sup>   | 34.050 A              | 44.975 B  | 62.825 A | 89.65 A  |
| 2           | 37 t ha <sup>-1</sup>     | 36.900 A              | 47.925 AB | 63.600 A | 92.50 A  |
| 3           | 55.5 t ha <sup>-1</sup>   | 37.650 A              | 50.750 AB | 71.200 A | 109.10 A |
| 4           | 150-60-00                 | 40.900 A              | 56.150 A  | 76.250 A | 112.23 A |
| 5           | Testigo                   | 32.550 A              | 43.400 B  | 57.825 A | 81.80 A  |
|             | Varianza                  | 0.479327              | 0.631475  | 0.415449 | 0.371687 |
|             | Coefficiente de variación | 10.97145              | 9.403358  | 15.17475 | 20.97636 |

**Cuadro 4.** Comparación de medias del diámetro de planta de *Zea mays* L.

| Tratamiento | Dosis de fertilización    | Diámetro de planta (mm) |          |          |          |
|-------------|---------------------------|-------------------------|----------|----------|----------|
|             |                           | 2 Abril                 | 9 Abril  | 16 Abril | 23 Abril |
| 1           | 18.5 t ha <sup>-1</sup>   | 7.9750B                 | 11.533 A | 15.065 A | 17.873 A |
| 2           | 37 t ha <sup>-1</sup>     | 8.4675 AB               | 12.628 A | 14.913 A | 17.528 A |
| 3           | 55.5 t ha <sup>-1</sup>   | 9.2475 AB               | 13.808 A | 16.643 A | 18.975 A |
| 4           | 150-60-00                 | 10.2350 A               | 14.775 A | 17.270 A | 18.403 A |
| 5           | Testigo                   | 7.7150B                 | 11.110 A | 13.968 A | 16.810 A |
|             | Varianza                  | 0.603651                | 0.490543 | 0.434197 | 0.272475 |
|             | Coefficiente de variación | 11.09137                | 14.28945 | 12.01128 | 9.319108 |

En las variables peso del grano y olote no hubo diferencia estadística entre los tratamientos 1 y 5 (Testigo), los demás tratamientos resultaron ser igual de eficientes, siendo el tratamiento 3 el que registró el mayor peso del grano (1.1250 kg, peso del olote 1.1500 kg) y el tratamiento 5 el que menor peso registró para las mismas variables (peso de grano 0.7500 kg; peso del olote 0.8500 kg). Lo anterior coincide con (López *et al.*, 2001) quienes no obtuvieron diferencia estadística entre la fertilización química y el abono orgánico en producción de grano, pero en su caso el tratamiento de la fertilización química fue la que mayor peso obtuvo.

## CONCLUSIONES

Para la variable altura de planta durante el segundo muestreo, el tratamiento 4 (150N-60P-00K) fue el de mayor relevancia estadística; y para el caso de diámetro de tallo en el primer muestreo, el tratamiento 4 fue el mejor; esto puede deberse a que los nutrientes de la fertilización química pueden ser aprovechados con mayor rapidez, que los que aporta la fertilización orgánica, razón por la que en los primeros muestreos se presentó diferencia estadística entre la fertilización química y la de fuente orgánica y en los últimos muestreos no. En cuanto a peso del grano y peso del

olote no hubo diferencia estadística. Es por eso que, de acuerdo con los resultados obtenidos, se sugiere que la cantidad de composta aplicada influye en el desarrollo vegetativo del cultivo y en la producción, por lo que puede sustituir el aporte de fertilizantes químicos sin disminuir la producción.

## LITERATURA CITADA

- Austudillo D.R. 2011. Efectos de la incorporación de materia orgánica al suelo, sobre el comportamiento agronómico del cultivo de maíz (*Zea mays* L.), en la zona de Babahoyo. Ecuador. 61 p.
- Bashan Y., Holguin G. 1998. Proposal for the division of plant growth-promoting rhizobacteria into two classifications: biocontrol PGPB (plant growth-promoting bacteria) and PGPB. *Soil Biology and Biochemistry*. (30): 1225-1228.
- De Luna V.A., Vázquez A.E. 2009. Elaboración de Abonos Orgánicos. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Guadalajara. 4-12 pp.
- Fregoso H. 2013. Evaluación de diferentes niveles de composta, en el cultivo de maíz elotero (*Zea mays*) en Úrsulo Galván Ver.
- Garay I., Díaz A., Rivera A.E., Fregoso H. 2013. Evaluación de niveles de composta, en el cultivo de maíz elotero (*Zea mays*) En Úrsulo Galván Ver. Congreso Internacional de Investigación Academia Journals. Celaya, Guanajuato, México. Tomo 8. 1142 p.
- Garay I., Díaz A., Rivera A.E., Montiel T. 2014. Evaluación de composta y fertilización química en el cultivo de maíz (*Zea mays*) en Úrsulo Galván Ver. Congreso Internacional de Investigación Academia Journals. Celaya, Guanajuato, México. Tomo 10. 1580 p.

- García E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen 1936.
- Gutiérrez E., Espinoza A., Palomo A., Lozano J.J., Antuna O. 2004. Aptitud combinatoria de híbridos para maíz para la Comarca Lagunera. Revista Fitotecnia Mexicana. Chapingo, México. 7-11 pp.
- Kloepper J.W., Schroth M.N., Miller T.D. 1980. Effects of Rhizosphere colonization by plantgrowth-promoting rhizobacteria on potato plant development and yield. Phytopathology. (70):1078-1082.
- López J.D., Díaz E., Martínez R., Valdez C. 2001. Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. Terra. (19): 293-299.
- Lucy M., Reed E., Glick B.R. 2004. Applications of free living plant growth-promoting rhizobacteria. Antonie Van Leeuwenhoek. (86): 1-25.
- Luna A., García M., Rodríguez E., Vázquez J., Rodríguez E. 2014. Impacto Económico de la Agricultura Orgánica en comparativo con la Agricultura Tradicional en el cultivo del Maíz. Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. 161 p.
- Matheus L., Caracas J., Montilla F., Fernández O. 2007. Eficiencia agronómica relativa de tres abonos orgánicos (vermicompost, compost, y gallinaza) en plantas de maíz (*Zea mays*). Agricultura andina. (13): 27-38.
- Méndez O., León N.S., Gutiérrez F.A., Rincón R., Álvarez J.D. 2012. Efecto de la aplicación de humus de lombriz en el crecimiento y rendimiento de grano del cultivo de maíz. Gayana Botánica. (69): 49-54.
- Nadal A., Wise A.T. 2005. Los costos ambientales de la liberación agrícola: El comercio de Maíz entre México y EE. UU. En el marco del NAFTA. Globalización y Medio Ambiente: Lecciones desde las Américas. México. 52 p.
- Robles S.R. 1983. Producción de granos y forrajes. Editorial LIMUSA. Cuarta edición. Distrito Federal, México.
- Romero L., María del R.A., Trinidad S.R., García E., Ferrara C.R. 2000. Producción de papa y biomasa microbiana en suelo con abonos orgánicos y minerales. Agrobiencia. (34): 261-269.
- SAGARPA. 2016. Aumenta producción de maíz 12.7 por ciento en cuatro años. <http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/nayarit/boletines/Paginas/BNSAGDIC042016.aspx>
- SAGARPA. 2015. Elaboración de composta. <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrollorural/documents/fichasaapt/elaboraci%C3%B3n%20de%20composta.pdf>.
- SEFIPLAN. 2016. Sistema de información municipal. <http://ceieg.veracruz.gob.mx/wp-content/uploads/sites/21/2016/05/Ursulo-Galv%C3%A1n.pdf>.



# MAÍZ (*Zea mays* L.) Y SEGURIDAD ALIMENTARIA EN EL MUNICIPIO DE CALPAN, PUEBLA-MÉXICO

## MAIZE (*Zea mays* L.) AND FOOD SECURITY IN THE MUNICIPALITY OF CALPAN, PUEBLA-MEXICO

López-González, J.L.<sup>1</sup>, Damián-Huato, M.A.<sup>2</sup>, Álvarez-Gaxiola, J.F.<sup>1</sup>, Méndez-Espinosa, J.A.<sup>1</sup>, Rappo-Miguez, S.E.<sup>3</sup>, Paredes-Sánchez, J.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Campus Puebla, Colegio de Postgraduados. <sup>2</sup>Departamento de Agroecología; <sup>3</sup>Facultad de Economía, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

**Autor de correspondencia:** paredes52@colpos.mx

### RESUMEN

En esta investigación se analizaron las aportaciones del maíz (*Zea mays* L.) a la seguridad alimentaria y estrategias empleadas por los productores del grano para abastecerse en el municipio de Calpan, Puebla, México. Se aplicó un cuestionario a una muestra de 110 familias y se calculó el Índice de Seguridad Alimentaria en Maíz. Los resultados indican que La disponibilidad de tierra (1.7 ha) permite garantizar un acceso de maíz; sin embargo, el 61% de las familias tienen seguridad alimentaria, con un volumen de producción de 170,750 kg que les permite acceder a poco más de 500 kg de maíz per cápita. La pluriactividad de los campesinos como estrategia de reacción para hacer frente a las crisis, muestra una disminución en los rendimientos unitarios de maíz de las familias que la practican en áreas económicas no relacionadas al sector primario lo que pone en riesgo su autonomía y abasto de maíz. El 39% de estas familias sufren inseguridad alimentaria en maíz teniendo un déficit de 144 kg por persona al año, el cual deben comprar y estar expensas de altos precios de mercado e inestabilidad laboral.

**Palabras clave:** granos básicos, seguridad alimentaria y pluriactividad

### ABSTRACT

In this study the contributions of maize (*Zea mays* L.) to food security were analyzed, as well as the strategies used by grain producers to be supplied in the municipality of Calpan, Puebla, México. A questionnaire was applied to a sample of 110 families and the Food Security Index was calculated on maize. The results indicate that land availability (1.7 ha) allows guaranteeing access to maize; however, 61 % of the families have food security, with a production volume of 170,750 kg that allows them to gain access to slightly over 500 kg of maize per capita. Peasant pluriactivity as a reaction strategy to face crises shows a decrease in the unitary maize yields of the families that practice it in economic areas not related to the primary sector, placing at risk their autonomy and maize supply. Of these families, 39 % suffer food insecurity with a deficit of 144 kg of maize per person per year, which they must buy and be at the expense of high market prices and work instability.

**Keywords:** maize, food security, pluriactivity.

**Agroproductividad:** Vol. 11, Núm. 1, enero, 2018, pp. 37-43.

**Recibido:** diciembre, 2016. **Aceptado:** septiembre, 2017.

## INTRODUCCIÓN

**En México** la seguridad alimentaria se ha tornado un reto importante; tan solo en el periodo 2012-2014 la carencia por acceso a la alimentación aumentó de 23.3% a 23.4%, es decir, de 27.4 a 28.0 millones de personas (CONEVAL, 2015), por lo cual la seguridad alimentaria se ha vuelto un tema de prioridad nacional (DOF, 2013). Actualmente se considera que existe seguridad alimentaria cuando todas las personas tienen en todo momento acceso físico y económico a suficientes alimentos inocuos y nutritivos para satisfacer sus necesidades alimenticias y preferencias alimentarias para llevar una vida activa y saludable (FAO, 2012). Desde esta perspectiva de la seguridad alimentaria se pueden distinguir los elementos de disponibilidad, acceso físico, económico y tiempo (Celaya, 2004; FAO, 2012). El maíz (*Zea mays* L.) debe cumplir con dichos elementos por ser parte sustancial de la seguridad alimentaria en México, ya que forma parte importante de la dieta de los mexicanos, siendo el consumo anual per cápita de maíz de 276.9 kilogramos (SIAP, 2016). Asociado a ello, la población mexicana gasta en promedio 52.4% de su ingreso en productos derivados del maíz; y 52% de este monto correspondió exclusivamente al gasto en productos derivados del maíz, tales como 42.9% a la compra de tortillas; 7.4% a la compra de maíz en grano, harina masa y tostadas; y 2.1% a otros productos de maíz (SAGARPA, 2016). Actualmente el consumo de maíz en México ha aumentado. Las estimaciones de SAGARPA (2016) valoran un nivel de consumo de 35.6 millones de toneladas durante el año agrícola 2015, que representa aumento de 5.8 % en relación con 2014. El problema radica en que México no es autosuficiente en la producción de maíz y, debido al incremento en el consumo, las importaciones muestran una tendencia creciente. Durante 2014 se importó el volumen de maíz más alto de la historia (10.3 millones de t), un crecimiento de 45.7 % en relación con 2013 (FIRA, 2015). Fernández (2016) añade que entre enero y mayo de 2016 la importación de maíz blanco destinado al consumo humano, creció 29.9% en comparación con el mismo periodo en 2015. Rubio (2015) confirma que México es un país dependiente de alimentos, es decir, que está a expensas de altos precios internacionales, poniendo en riesgo su seguridad alimentaria, y obliga a que el acceso a los alimentos dependa del grado de vulnerabilidad y de los recursos y capacidades con que cuentan las familias para enfrentar los cambios de las condiciones existentes. La vulnerabilidad en seguridad alimentaria determina el riesgo de exposición a dife-

rentes tipos de desastres y la capacidad de enfrentarlos (Borton y Shohan, 1991). Se pueden diferenciar dos tipos, la causada por factores inherentes al hogar, conocida como "vulnerabilidad" (la composición de la familia, la clase social a la que pertenece, la actividad económica que desarrolla, el nivel educativo de sus miembros); y la causada por factores externos al hogar, conocida como "riesgos" (política económica, desastres naturales, etcétera) (Mercado y Lorenzana, 2000). Ante las condiciones cambiantes de riesgo y vulnerabilidad, las familias instrumentan estrategias para evitar y aliviar situaciones de crisis alimentarias durante los desastres naturales, las crisis estacionales o crónicas (pobreza, marginación, política económica) (Ellis, 2000; Sacco y Velleda, 2007). Con base en lo anterior, se analizaron las aportaciones de la producción de maíz a la seguridad alimentaria y las estrategias empleadas por las familias de los productores de maíz para abastecerse en Calpan, Puebla, México.

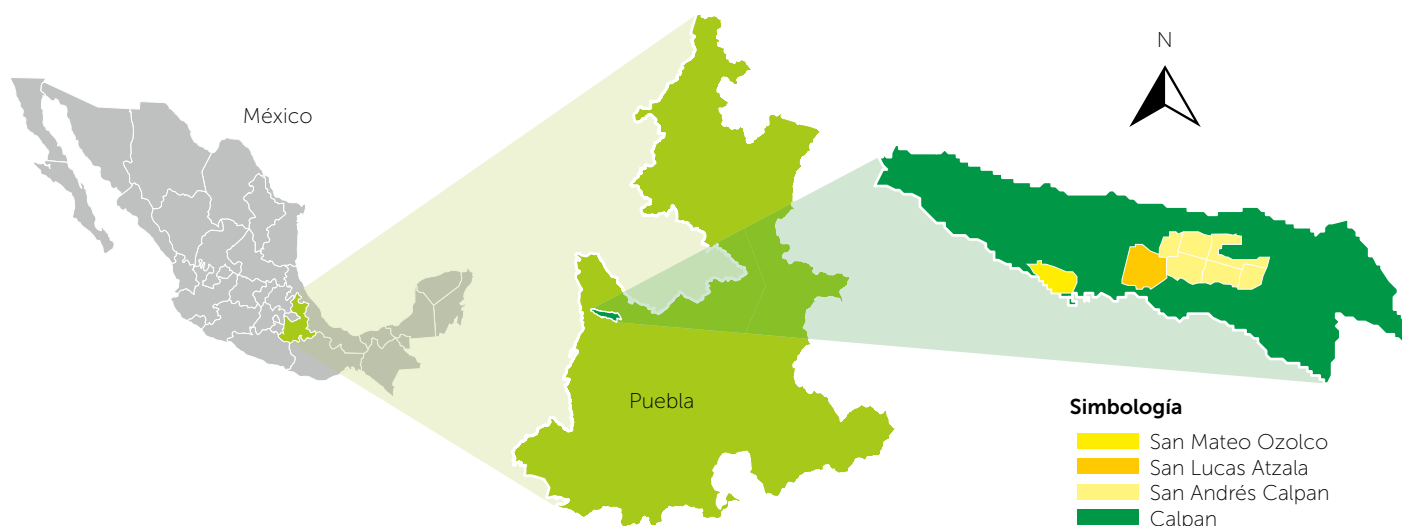
## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El municipio de Calpan, Puebla, México (19° 03' y 19° 09' N y 98° 23' y 98° 35' O), tiene una altitud de entre 2,200 y 3,200 m (INEGI, 2010). Posee una superficie de 67 km<sup>2</sup>, y lo constituyen, además del pueblo cabecera, dos presidencias auxiliares (San Mateo Ozolco y San Lucas Atzala) (Figura 1).

La mayor parte de los terrenos de labor están dedicados a la agricultura de temporal y maíz representa al cultivo más importante, con una superficie sembrada de 2,256 hectáreas, y para 2015, será 73% del total de la superficie destinada a la agricultura, obteniéndose rendimientos promedio de 2701 kg ha<sup>-1</sup> (SIAP, 2015). Los indicadores sociales señalan que Calpan se encuentra en un polo de alta marginación, dado que 82% de la población percibe un ingreso inferior a la línea de bienestar mínimo, con un nivel de pobreza alimentaria registrado para el 2010 de 35% de la población (CONEVAL, 2010). Para diseñar el cuestionario se basó en preguntas referidas a la producción y manejo del maíz, destino de la producción, tamaño de la parcela, rendimientos por hectárea, manejo post cosecha y a la estructura de la familia de los productores de maíz, aspectos económicos, apoyos gubernamentales, edad, sexo, escolaridad, número de integrantes y actividades económicas realizadas para la obtención de ingresos. Para determinar el tamaño de muestra se utilizó la fórmula del muestreo simple aleatorio (Cochran, 1982). Se aplicó el muestreo simple aleatorio con distribución pro-





**Figura 1.** Ubicación geográfica de Calpan, Puebla, México. Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI 2015.

porcional de la muestra municipal en función del número de productores de las comunidades (334 San Andrés Calpan, 146 San Lucas Atzala, 62 San Mateo Ozolco y 5 Pueblo Nuevo). El tamaño de la muestra fue de 110 familias y se distribuyeron de la siguiente manera: para San Andrés Calpan, 42; San Lucas Atzala, 36; San Mateo Ozolco, 27; y Pueblo Nuevo, 5.

### Cálculo del Índice de Seguridad Alimentaria en Maíz (ISAM)

El ISAM permitió cuantificar el aporte de la producción de maíz a la Seguridad Alimentaria (SA) de las familias, evaluando si los productores poseen o no seguridad alimentaria en maíz. Para su cálculo se utilizó la siguiente expresión matemática, empleada por Damián y Toledo (2016):

$$ISAM = \frac{(R)(SS) / NMF}{500 *}$$

Donde: *ISAM*: Índice de Seguridad Alimentaria en Maíz; *R*: rendimiento de maíz en kg/ha; *SS*: superficie sembrada (ha); *NMF*: número de miembros en la familia del productor; \*Factor que equivale a 500 kg de maíz/año<sup>4</sup>. Si el valor de *ISAM* < 1: no existe SA; pero si *ISAM* ≥ 1: se cuenta con SA.

Los productores de maíz se agruparon por comunidad y por familias con seguridad alimentaria (CSA) y Sin Segu-

ridad Alimentaria (SSA); asimismo, se concentraron por tipo de actividades económicas: Familias 1 (que complementan sus ingresos con actividades económicas del sector primario) y Familias 2 (que complementan sus ingresos con el sector secundario y terciario de la economía).

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el municipio de Calpan las familias de los productores de maíz entrevistadas están conformadas por 6.2 miembros y disponen de una superficie para la siembra del maíz de 1.7 hectáreas en promedio, de las cuales pueden acceder físicamente a un rendimiento unitario por hectárea de 2440 Kg ha<sup>-1</sup>. La edad del productor es de 54 años y tiene una escolaridad formal de seis años. Estos datos coinciden con lo reportado por la SAGARPA (2014), quien precisa que el productor promedio ocupado en el sector primario mexicano son hombres de 50 años de edad, con una escolaridad de hasta quinto año de educación elemental. En cuanto a los sistemas de producción de maíz es de temporal (100%) en los entrevistados, los cuales hacen uso de un diálogo de saberes para el manejo del cultivo combinando tecnologías generadas por instituciones y prácticas agroecológicas (Damián y Toledo, 2016). El análisis de los paquetes técnicos utilizados localmente (Cuadro 2) y del recomendado por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) (Cuadro 1) muestran que hay un empleo específico de técnicas, donde el cam-

<sup>4</sup> Warman (2001) indica que una familia conformada por cinco integrantes consume en promedio cerca de 2,500 kg de maíz al año, es decir, que la seguridad alimentaria de las unidades familiares campesinas se garantizará cuando cosechen, al menos, 500 kg per cápita (Damián et al., 2016).

pesino ha adoptado y adaptado híbridos, agroquímicos, semillas criollas, asociación y rotación de cultivos, conservación de suelos y uso de estiércol.

### Aporte del maíz a la seguridad alimentaria

La importancia del cultivo del maíz y el uso de semilla criolla en el municipio tienen que ver con la seguridad alimentaria y preferencias por una tortilla de calidad frente a una tortilla 'industrializada' (Appendini y Quijada, 2013). El Cuadro 3 se muestra el ISAM, el cual, de acuerdo con este índice, 39% de las familias sufren inseguridad alimentaria de maíz y 61% no. Se destaca que las familias CSA obtuvieron mayores rendimientos unitarios de maíz por hectárea que las familias SSA.

Las familias con seguridad alimentaria en maíz (CSA) tienen 5.8 habitantes por familia en promedio y poseen 2.24 ha de superficie dedicada a este cultivo, mientras que las que no la tienen cuentan con 6.6 habitantes por familia en promedio y una superficie destinada a la siembra de 0.97 ha en promedio. Específicamente, el Cuadro 3 muestra que San Andrés Calpan obtiene el rendimiento más alto (2620 kg) de las familias con seguridad alimentaria en maíz (CSA), lo cual le retribuye obteniendo un ISAM de 2.08. Las familias de los productores de maíz de esta localidad están compuestas

en promedio por 6.1 habitantes y cuentan con una superficie promedio destinada al cultivo del maíz de 1.9 hectáreas, lo cual les proporciona 516 kg de maíz por persona en promedio anualmente. En las localidades de San Mateo Ozolco y San Lucas Atzala las familias CSA disponen de una superficie para la siembra de maíz de 2.2 ha y 1.8 ha, respectivamente. En San Lucas Atzala las familias CSA pueden acceder físicamente a 507 kg de maíz al año por persona y las de San Mateo Ozolco a 503 kg. Estos datos son contrastantes con las mismas familias de ambas localidades que no tienen seguridad alimentaria en maíz (SSA), quienes pueden acceder a 318 kg en promedio por persona en San Mateo Ozolco y a 373 kg en las de San Lucas Atzala.

De acuerdo con el ISAM, que considera que cada persona debe disponer de 500 kg de maíz anualmente para

**Cuadro 1.** Paquete técnico recomendado por el INIFAP para el manejo del *Zea mays* L. en Calpan, Puebla, México.

| Componente tecnológico               | Calpan  |
|--------------------------------------|---|
| Fecha de siembra                     | Marzo, Abril, Mayo  |
| Variación de semilla                 | H-30, H-33, H-34, H-40, H-48, H-50 H-137, H-139, VS-22  |
| Densidad de plantas ha <sup>-1</sup> | 50,000  |
| Fórmula de fertilización             | 140-60-00 y 110-50-00   |
| Nombre y dosis de herbicida          | Gesaprim 50 (1 kg), 500 FW (1.5 L), Hierbamina (1L).  |
| Nombre y dosis de insecticida        | Volatón 2.5 % o Furdán 5 % o Volatón 5 % (25-12 kg); Folimat 1000 (0.5 L); Parathión (1 L) metílico 50% o Malathion (1 L) disuelto en 200 L de agua por hectárea. |
| Fungicidas                           | No existe recomendación   |

Fuente: INIFAP, 2009.

**Cuadro 2.** Manejo de *Zea mays* L. en Calpan, Puebla, México.

| Actividades agrícolas                              | Municipio  |
|--|--|
| Conservación de suelos (%)                         | Bordos (19), terrazas vivas (45), zanjas (10). No aplicaron técnicas de conservación de suelos (26)                                |
| Fecha de siembra (%)                               | Entre Marzo (57) y Abril (43)  |
| Variación de semilla (%)                           | Criollas (100)   |
| Densidad plantas ha <sup>-1</sup>                  | 64,375   |
| Asociación de cultivos (%)                         | Maíz asociado con: frutales (31), frutales y frijol (17), frutales y haba (2), frijol (10), haba (14) y calabaza (26)              |
| Rotación de cultivos (%)                           | Alternancia con: trigo (2), cebada (10), frijol (17) y haba (15). No alternaron cultivos (56)                                      |
| Aplicación de estiércol (t ha <sup>-1</sup> )      | 1.4 aplicados antes de la siembra  |
| Fórmula de fertilización (%)                       | Se aplicaron 11 fórmulas predominando: 46-00-00 (14), 69-00-00 (26) y 92-00-00 (13); otras fórmulas (34).                          |
| Fecha de fertilización (%)                         | Durante la siembra (3), Primera labor (40), segunda labor (57).  |
| Nombre y dosis de herbicida ha <sup>-1</sup> (%)   | Esterón1lt/ha (4), Gesaprim1kg/ha (31), Marvel 1lt ha <sup>-1</sup> (12). No aplican herbicidas (53)                               |
| Nombre y dosis de insecticida ha <sup>-1</sup> (%) | Volaton 15kg ha <sup>-1</sup> (12), Parathión Metílico 0.25 a 1lt ha <sup>-1</sup> (3), no saben (6). No aplican insecticidas (79) |

Fuente: elaboración propia con datos de la encuesta 2016.

**Cuadro 3.** Número de productores, rendimiento (Kg ha<sup>-1</sup>), ISAM promedio, por localidades de Calpan, Puebla, México.

| Localidades              | Indicadores           | SSA   | CSA    | Promedio/municipal |
|--------------------------|-----------------------|-------|--------|--------------------|
| San Andrés Calpan        | Familias              | 15    | 27     | 42                 |
|                          | Rendimiento           | 2250  | 2620   | 2488               |
|                          | Volumen de producción | 33750 | 70750  | 104500             |
|                          | ISAM                  | 0.68  | 2.08   | 1.58               |
| San Lucas Atzala         | Familias              | 14    | 22     | 36                 |
|                          | Rendimiento           | 2282  | 2482   | 2404               |
|                          | Volumen de producción | 31950 | 54600  | 86550              |
|                          | ISAM                  | 0.72  | 1.81   | 1.39               |
| San Mateo Ozolco         | Familias              | 13    | 14     | 27                 |
|                          | Rendimiento           | 2319  | 2507   | 2416               |
|                          | Volumen de producción | 30150 | 35100  | 65250              |
|                          | ISAM                  | 0.64  | 1.91   | 1.30               |
| Pueblo Nuevo             | Familias              | 1     | 4      | 5                  |
|                          | Rendimiento           | 1900  | 2575   | 2400               |
|                          | Volumen de producción | 1900  | 10300  | 12200              |
|                          | ISAM                  | 0.5   | 1.66   | 1.43               |
| Total promedio municipal | Familias              | 43    | 67     | 110                |
|                          | Rendimiento           | 2273  | 2548   | 2440               |
|                          | Volumen de producción | 97750 | 170750 | 268500             |
|                          | ISAM                  | 0.68  | 1.93   | 1.44               |

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de la encuesta, 2016. CSA=Con seguridad alimentaria, SSA=Sin seguridad alimentaria.

tener seguridad alimentaria familiar; sin embargo, en el municipio de Calpan los habitantes que obtuvieron un ISA menor a 1, disponen de 356 kg de maíz anualmente, teniendo un déficit de 144 kg por persona al año. Estas son 43 familias con un universo total de 284 personas, a las cuales les harían falta 40,896 kg de maíz para alcanzar la seguridad alimentaria basada en maíz.

### Estrategias de reacción ante efectos de la vulnerabilidad

Para hacer frente al déficit de maíz, las familias de Calpan han diversificado sus estrategias de reproducción social y realizan diversas actividades económicas para garantizar el abasto de este cultivo en sus familias. En Calpan, 67% de los productores realizan actividades relacionadas con el sector primario de la economía (jornaleros 25%, ganaderos 40%, otros 35%), mientras que 33% complementa sus ingresos con actividades del sector secundario y terciario de la economía (albañilería 7%, plomería 13%, comerciantes 40%, taxistas 10%, obreros 15%, carpinteros 5%, mecánicos 4%, otros 6%). El Cuadro 4 muestra que las familias de productores que complementan sus ingresos con actividades económicas no relacionadas con la agricultura (Familias 2) obtienen mayores ingresos monetarios; sin embargo, tienen menores rendimientos de maíz por hectárea y un ISAM menor a 1, a diferencia de los productores que realizan actividades relacionadas con la agricultura (Fa-

milias 1) que obtienen mayores rendimientos de maíz y un ISAM superior a 1.

Autores como Sacco y Velleda (2007) señalan que la diversificación de actividades o pluriactividad es un fenómeno asociado a la agricultura familiar y forma parte de las estrategias adoptadas por los pequeños agricultores para abastecerse de maíz y complementar su alimentación. La pluriactividad puede resultar una eficaz estrategia de supervivencia para mejorar el ingreso de los hogares rurales; así lo han demostrado autores que han estudiado este fenómeno (De Grammont, 2006). Sin embargo, otros estudios (Anseeuw y Laurent, 2007) han señalado que los hogares que han diversificado sus ingresos han reducido la renta agrícola y su dependencia de la agricultura es más baja. Esto sugiere que la pluriactividad puede ocasionar que, al abandonar (temporal o definitivamente) o descuidar la siembra de maíz, el productor reduce su especialización en el manejo de los cultivos, y con ello disminuye sus rendimientos por hectárea (Damián *et al.*, 2016), lo que conlleva a una pérdida en la autonomía y seguridad alimentaria basada en maíz en el municipio.

Cifras oficiales indican que de 1990 a 2010, en Calpan, la población dedicada al campo disminuyó 16%, mientras que la que se ocupa en los sectores secundario y terciario aumentó 4% y 11% respectivamente (INEGI, 2010).

**Cuadro 4.** Número de familias, rendimiento (Kg ha<sup>-1</sup>), Ingresos por tipo de productores, por localidades de Calpan, Puebla, México.

| Localidad        |                    | Familias 1 |     | Familias 2 |     |
|------------------|--------------------|------------|-----|------------|-----|
| Calpan           | Número de familias | 27         | 64% | 15         | 36% |
|                  | Rendimiento kg/ha  | 2716       |     | 2023       |     |
|                  | Ingresos \$*       | 22,405     |     | 28,577     |     |
|                  | ISAM               | 1.89       |     | .99        |     |
| San Lucas Atzala | Número de familias | 24         | 67% | 12         | 33% |
|                  | Rendimiento kg/ha  | 2388       |     | 1908       |     |
|                  | Ingresos \$*       | 30,066     |     | 36,675     |     |
|                  | ISAM               | 1.52       |     | .86        |     |
| San Mateo Ozolco | Número de familias | 19         | 70% | 8          | 30% |
|                  | Rendimiento kg/ha  | 2418       |     | 1975       |     |
|                  | Ingresos \$*       | 28,731     |     | 38,693     |     |
|                  | ISAM               | 1.54       |     | .73        |     |
| Pueblo Nuevo     | Número de familias | 3          | 60% | 2          | 40% |
|                  | Rendimiento kg/ha  | 2600       |     | 2050       |     |
|                  | Ingresos \$*       | 30,533     |     | 36,000     |     |
|                  | ISAM               | 1.79       |     | .89        |     |

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de la encuesta, 2016. \*=moneda nacional mexicana.

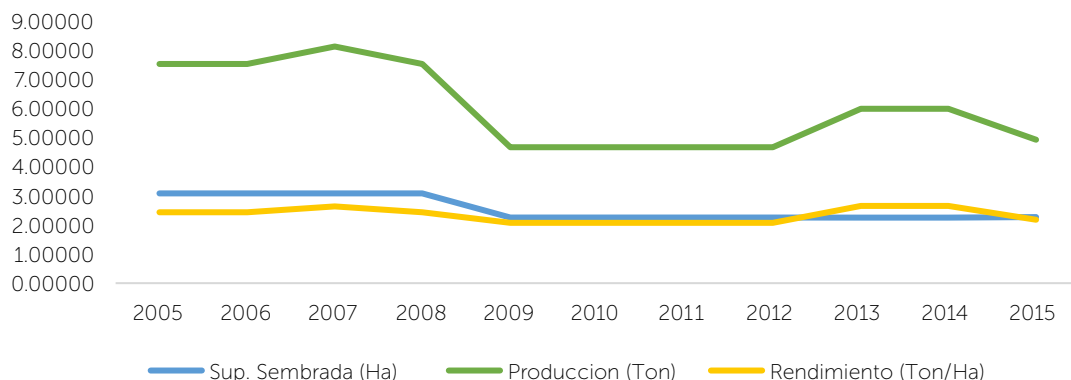
Esto es consecuencia de las políticas de ajuste estructural y crisis en las actividades agrícolas que obliga a los productores de maíz a la pluriactividad (Rubio, 2012), provocando que el volumen de producción y la superficie sembrada, así como los rendimientos por hectárea de maíz en Calpan, tengan una tendencia a la baja en los últimos 10 años; datos del SIAP así lo precisan (Figura 2). Esto incrementa la vulnerabilidad al perder autonomía en el acceso de maíz local.

Appendini y Quijada (2013) señalan que en las zonas rurales se están presentando cambios en las prácticas de abasto y consumo de maíz. Esto se asocia a cambios en la vida rural, como la creciente importancia de los ingresos no agrícolas en los hogares, a la penetración

de negocios de tortillerías mecanizadas, y distribución de las mismas en pequeñas localidades.

### CONCLUSIONES

En el manejo del maíz en Calpan coexisten dos modelos tecnológicos implementados por las necesidades y capacidades de los productores de maíz. La disponibilidad de tierra (1.7 ha) permite garantizar un acceso de maíz para 61% de las familias, lo cual les confiere seguridad alimentaria, con un volumen de producción de 170,750 kg que les permite acceder a poco más de 500 kg de maíz per cápita. La pluriactividad se expresa como una estrategia de reacción para hacer frente a las crisis; sin embargo, esta estrategia muestra una disminución en los rendimientos unitarios de maíz



**Figura 2.** Superficie sembrada y rendimiento por hectárea de *Zea mays* L. en Calpan, Puebla, México (2005-2015). Fuente: elaboración propia con datos del SIAP, 2016.

de las familias que la practican en áreas económicas no relacionadas al sector primario, lo que pone en riesgo su autonomía y abasto de maíz. El 39% de estas familias sufren inseguridad alimentaria en maíz, teniendo un déficit de 144 kg por persona al año, el cual deben comprar y estar a expensas del mercado.

## AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada para realizar los estudios de Doctorado y a los campesinos del municipio de Calpan, Puebla.

## LITERATURA CITADA

- Appendini K., Quijada Ma. G. 2013. La crisis alimentaria y su impacto en México: el maíz. *In*: Blanca Rubio (coord.). La crisis alimentaria mundial. Impacto sobre el campo mexicano. Miguel Ángel Porrúa, DGAPA, IIS-UNAM. México, D. F. pp: 119-150.
- Altieri M.A., Nicholls C.I. 2012. Agroecología; única esperanza para la soberanía alimentaria y la resiliencia ecológica. *Agroecología* 7 (2). Pp 65-83.
- Anseeuw W., Laurent C. 2007. Occupational paths towards commercial agriculture: The key roles of farm. *Journal of Arid Environments*, [www.elsevier.com/locate/jaridenv](http://www.elsevier.com/locate/jaridenv), Paris, Francia
- Borton J., Shoham J. 1991. Mapping vulnerability to food insecurity: tentative guidelines for WFP offices. Study commissioned by the World Food Programme. London, U K, Relief and Development Institute.
- CONEVAL. Dimensiones de la seguridad alimentaria: Evaluación de Nutrición y Abasto. México, D.F. CONEVAL, 2010.
- CONEVAL. 2015. Diagnóstico sobre alimentación y nutrición (informe ejecutivo).
- Cochran W. 1982. *Sampling techniques* (3aed.). New York, USA
- Celaya R. 2004. La apertura comercial, la agricultura y la autosuficiencia alimentaria en México y en China. *Revista de Comercio Exterior*. 54 (11): 1000-1013.
- DOF. 2013. Decreto para la Cruzada Nacional contra el Hambre. México. Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), 22-01-2013.
- De Grammont H. 2006. La nueva estructura ocupacional en los hogares rurales mexicanos: de la Unidad Económica Campesina a la Unidad Familiar Pluriactiva. (Versión preliminar), ALASRU, [CD-ROM], Quito, Ecuador. 41p.
- Damián H.M., Toledo V. 2016. Utopística Agroecológicas Innovaciones Campesinas y Seguridad Alimentaria en Maíz. BUAP. Dirección de Fomento Editorial. P. 125.
- Ellis F. 2000. *Rural Livelihoods and Diversity in Developing Countries*. Oxford, Oxford University Press, p. 273.
- FAO. 2013. El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo 2012. Las múltiples dimensiones de la seguridad alimentaria. Roma, Italia.
- FIRA. 2015. Panorama Agroalimentario, maíz 2015, Pp. 37
- Fernández, 2016. México SA. La jornada. Disponible en: <http://www.jornada.unam.mx/2016/07/12/opinion/020o1eco>
- INEGI. 2010. Censo de Población y Vivienda 2010, México.
- INEGI. 2015. Cartografía del estado de Puebla-México, 2015.
- Mercado C., Lorenzana P. 2000. Acceso y disponibilidad alimentaria. Validación de instrumentos para su medición. Caracas Venezuela: Fundación POLAR.
- Rubio B. 2012. Explotados y excluidos. Los campesinos latinoamericanos en la fase agroexportadora neoliberal. Plaza y Valdés editores. México y Ecuador.
- Rubio B. 2015. La soberanía alimentaria en México una asignatura pendiente. *Mundo siglo XXI*, revista del CIECAS-IPN, Núm. 36, Vol. X, 2015, pp. 55-70.
- Sacco D.F., Velleda C. 2007. Pluriactividad y agricultura familiar en Brasil: el caso de Río Grande do Sul. *Revista de la CEPAL* 93, diciembre, 2007, pp. 157-173.
- SAGARPA. 2016. Cosechando Números del Campo. Estimaciones de Disponibilidad-Consumo.
- SAGARPA. 2014. Estudios sobre el envejecimiento de la población rural en México.
- SIAP, 2016. Servicio de información agroalimentaria y pesquera, producción anual por estado cierre agrícola 2015.
- Turrent A., Wise T., Garvey E. 2012. Factibilidad de alcanzar el potencial productivo de maíz de México. *Reporte 24*. Mexican Rural Development Research Reports. 38 pp.
- Warman A. 2001. El campo mexicano en el siglo XX. Fondo de Cultura.



# PREFERENCIA DE LOS CONSUMIDORES Y DISPONIBILIDAD A PAGAR POR CONSUMO DE ELOTES DE MAYOR CALIDAD

## PREFERENCE OF CONSUMERS AND AVAILABILITY TO PAY FOR THE CONSUMPTION OF CORCOBS OF HIGHER QUALITY

Fernández-González, I.<sup>1\*</sup>, Cadena-Iñiguez, P.<sup>1</sup>, Jaramillo-Villanueva, J.L.<sup>2</sup>, Hernández-Guzmán, J.A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Investigador del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Centro de Chiapas. <sup>2</sup>Profesores investigadores del Colegio de Postgraduados, Campus Puebla.

\*Autor responsable: fernandez.isidro@inifap.gob.mx

### RESUMEN

En el estado de Chiapas, México, se cultivan y comercializan en mercados locales y con vendedores ambulantes diferentes variedades de maíz (*Zea mays* L.) para la producción de elotes; sin embargo, no se tiene información sobre la frecuencia, cantidad y características que los consumidores toman en cuenta a la hora de elegir un producto que pueda impactar en criterios de selección de variedades. Para dar respuesta a lo anterior se planteó realizó un estudio para conocer y sistematizar las características de preferencia que toma en cuenta el consumidor de productos de maíz. Se diseñó un cuestionario y aplicó en los municipios de Villaflores, Ocozocoautla de Espinoza y Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Se utilizó un muestreo aleatorio simple con un nivel de confianza de 95% y precisión del 10%, con n=106 encuestas. Se registró que la edad promedio fue de 44, 41 y 43 años para los municipios de Villaflores, Tuxtla Gutiérrez y Ocozocoautla respectivamente. Las principales formas de consumo fueron tamales y elotes cocidos, y existe disposición a pagar (DAP) un sobre precio por pieza de elotes más grandes y dulce. En cuanto a la DAP por consumo de elote orgánico se registró que los consumidores aceptan \$2.8 pesos más por pieza.

**Palabras clave:** Consumo maíz, preferencias de consumidores, DAP.

### ABSTRACT

In the state of Chiapas, México, different varieties of maize (*Zea mays* L.) are grown and sold in local markets and by street vendors, for the production of corncobs; however, there is no information about the frequency, quantity and characteristics that consumers take into account at the time of choosing a product that may have an impact on selection criteria for varieties. In order to answer this, a study was established to understand and systematize the characteristics of preference that the maize producer takes into account. A questionnaire was designed and applied in the municipalities of Villaflores, Ocozocoautla de Espinoza and Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. A simple random sampling was used with a level of trust of 95 %, and precision of 10 %, with n=106 surveys. It was found that the average age was 44, 41 and 43 years for the municipalities of Villaflores, Tuxtla Gutiérrez and Ocozocoautla, respectively. The main forms of consumption were tamales and cooked corncobs, and there is willingness to pay (disposición a pagar, DAP) overprize for larger pieces of sweet corn. In terms of the DAP for consumption of organic corncob, it was found that the consumers accept \$2.8 more pesos per piece.

**Keywords:** Maize consumption, consumer preferences, DAP.

**Agroproductividad:** Vol. 11, Núm. 1, enero. 2018, pp: 44-48.

**Recibido:** mayo, 2015. **Aceptado:** septiembre, 2017.

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en México es una actividad vital para la supervivencia de las familias, toda vez que a partir de este grano conforma su dieta y se asegura la disponibilidad del alimento durante el año. El maíz es el cultivo más sensible y el de la agricultura el que más afecta la economía (SIAP 2004). Varios estudios han reportado que la producción y comercialización de productos agrícolas orgánicos pueden ser una buena alternativa para mejorar los ingresos de los agricultores (Willer y Kilcher, 2011; Gómez y Gómez, 2004). Sin embargo, la mayoría de ellos no proporcionan respuestas definitivas sobre las características que definen el típico consumidor de orgánicos. La percepción general sobre los alimentos orgánicos es que son más saludables que los convencionales y, por lo tanto, la protección de la salud, siendo un criterio para la compra de alimentos orgánicos y un parámetro de calidad para los consumidores. Además, Wier y Calverly (2002) encontraron que las motivaciones para la compra de alimentos orgánicos varían según el tipo de segmento de mercado de consumo. La percepción entre los consumidores que no compran productos orgánicos es que son más caros. En este sentido, se ha señalado que las expectativas inducidas por la información pueden afectar la percepción por los atributos de la calidad de los alimentos (Caporale y Monteleone 2004; Napolitano, *et al.* 2007). De acuerdo con lo anterior, el objetivo de este trabajo fue "conocer las preferencias y disponibilidad de los consumidores a pagar por atributos de calidad de los elotes."

## MATERIALES Y MÉTODO

El trabajo se realizó en los municipios de Villaflores, Tuxtla Gutiérrez y Ocozacoautla de Espinosa, Chiapas, México, ubicados en 16° 14' 01" N y 93° 16' 00" O, 16° 45' 11" N y 93° 06' 56" O y 16° 45' 45" N y 93° 22' 30" O respectivamente. La muestra por ciudad se determinó en forma aleatoria simple con un nivel de confianza de 95% y precisión de 10%. El universo para la selección de la muestra en cada municipio fue el número de hogares reportados por INEGI (2010). El tamaño de muestra se determinó utilizando la siguiente fórmula:

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

Donde: N=Número total de hogares; Z=Valor de la distribución normal; D=Precisión con respecto a la media; S=Varianza.

Por lo tanto, se tuvo un tamaño de muestra de 106 para los tres municipios; sin embargo, se aplicó un total de 170 encuestas. Para la aplicación del cuestionario se visitaron los mercados y centros comerciales de cada municipio, donde se invitó a las amas de casa a participar en el estudio, para lo cual se les explicó en qué consistía y la finalidad del mismo. Los resultados obtenidos fueron codificados y capturados en una hoja de Excel; posteriormente se analizaron en el programa estadístico SPSS y STATA 12. Se aplicó un modelo de regresión logística para describir las preferencias y la disponibilidad a pagar por atributos de calidad de un producto o servicio. Este modelo de regresión con variable dependiente binominal es un modelo que permite estudiar si dicha variable discreta depende o no de una o más variables. Los datos obtenidos fueron procesados utilizando un modelo probit de intervalos múltiples, estimado por máxima verosimilitud (Cameron y Huppert, 1989), (Loureiro y Hine, 2002). Se asume que la DAP se encuentra dentro de un intervalo,  $t_{ij}$  y  $t_{si}$ , en la tarjeta de pago y que el valor esperado  $E(DAP_i/X_i)$  está en función de un conjunto de variables explicativas y sus parámetros asociados,  $g(x_i, \beta)$ . En un trabajo previo se asumió que la DAP estaba restringida a valores positivos (Cameron y Huppert, 1989). En este estudio se consideró lo señalado por Loureiro y Hine (2002), quienes permitieron que la DAP no estuviera restringida a valores positivos. Se permitió a los encuestados seleccionar la opción de cero sobre precio. En el caso más simple, en la ecuación (2) tenemos:

$$DAP_i = X_i \beta + \varepsilon_i$$

Donde  $X_i$  es el vector de variables que afectan la DAP, que en este caso incluyó conocimiento sobre qué son los alimentos orgánicos y las características del producto.  $\beta$  es el vector de coeficientes;  $\varepsilon_i$  es el vector de error, que se supone:  $\varepsilon \sim N(0, \sigma^2)$ . Cada par de intervalos límite de DAP puede estandarizarse, expresando la probabilidad de que la valoración real se encuentra dentro de límites expresados en la ecuación (3):

$$\Pr(DAP \subseteq (t_{ij}, t_{si})) = \Pr((t_{ij} - X_i \beta) / \sigma < z_i < (t_{si} - X_i \beta)) \quad (3)$$

Donde  $Z_i$  es una variable aleatoria normal estándar. La probabilidad en la ecuación (3) puede ser reformulada como  $\Phi(Z_{ij}) - \Phi(Z_{si})$ ; la diferencia entre dos funciones de distribución acumulativa normal estándar,  $\Phi$ , donde  $Z_{ij}$  y  $Z_{si}$  representan los límites superiores e inferiores de cada intervalo. La función de probabilidad conjunta para  $n$  observaciones independientes puede ser interpretada como una función de máxima verosimilitud definida en los parámetros desconocidos  $\beta$  y  $\delta$ , implícito en  $Z_{ij}$  y  $Z_{si}$ . La función de máxima verosimilitud puede ser expresada como:

$$\text{Log } L = \sum_{i=1}^n \log[\Phi(Z_{si}) - \Phi(Z_{ij})] \quad (4)$$

La estimación de esta función de probabilidad se realizó utilizando el software STATA 12. Después de probar en el modelo cada una de las variables descritas previamente, la ecuación final fue la siguiente:

$$DAP_i = \beta_0 + \beta_1 ESCOL + \beta_2 EDAD + \beta_3 INALT + \beta_4 FRECO + \beta_5 CANT + \beta_6 PPRECIO + \varepsilon$$

Donde:  $DAP_i$  = Es la Disponibilidad a Pagar, expresada en unidades monetarias;  $ESCOL$  = Escolaridad de los consumidores;  $EDAD$  = Edad de los consumidores;  $INALT$  = Ingreso de los consumidores;  $FRECO$  = Frecuencia de consumo de los consumidores;  $CANT$  = Cantidad consumida;  $PPRECIO$  = Precio de compra.

La media de la DAP se calculó con los valores medios de las variables explicativas y los coeficientes ( $\beta$ s) correspondientes. Para la estimación del intervalo de confianza de la media de la DAP, a 95% de confianza se utilizó la fórmula presentada por Cameron (1991). Los resultados generados con la aplicación de la metodología descrita hasta aquí se presentan y discuten en tres secciones; descripción de las variables sociodemográficas de los encuestados, preferencias por atributos y estimación del modelo econométrico.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La edad promedio de los encuestados fue de 44.8, 41.1 y 43.8 años para los municipios de Villaflores, Tuxtla Gutiérrez y Ocozocoautla de Espinosa, respectivamente; en cuanto al nivel de estudios se encontró que Tuxtla Gutiérrez tiene a

las amas de casa con mayor nivel de escolaridad, seguida por Ocozocoautla de Espinoza y Villaflores, Chiapas con 9.9, 8.5 y 7.6 años de estudios; estos datos encontrados son superiores al nivel de estudios reportados para el estado de Chiapas, de 6.7 años de escolaridad para la población superior a los 15 años (INEGI, 2010). En cuanto al nivel de ingresos, la Figura 1 muestra que los tres municipios tienen en su mayoría un ingreso bajo, menor de \$ 3,000 pesos mensuales. Así lo manifestó 60.6%, 58.8% y 72% de los encuestados para los municipios de Villaflores, Tuxtla Gutiérrez y Ocozocoautla. Estos datos no coinciden con lo reportado por INEGI (2010), que menciona que el ingreso promedio de las familias en Chiapas es de dos salarios mínimos, teniendo así un ingreso bruto mensual de 3,400 pesos. En cuanto al consumo de elotes por municipio se registró que el que más consume elote es Tuxtla Gutiérrez, seguido de Ocozocoautla y finalmente Villaflores, con una frecuencia de 74.5, 59.3 y 43.9 de consumo promedio anual, respectivamente. Los meses de mayor consumo en los municipios fueron agosto y septiembre, (Figura 2), que coincide con la siembra de maíz para producción de grano bajo el régimen de temporal.

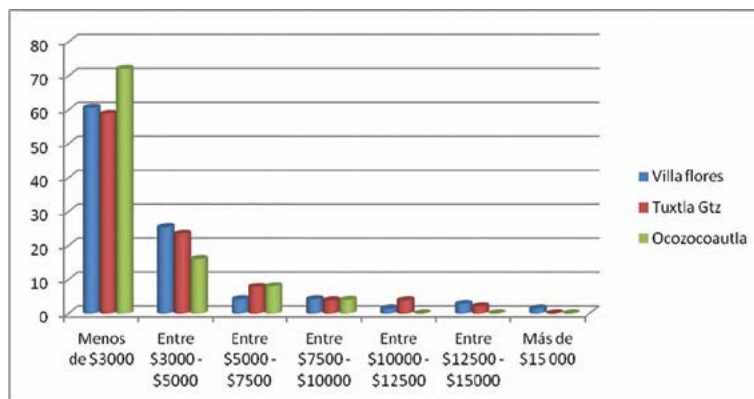


Figura 1. Nivel de ingresos de los encuestados.

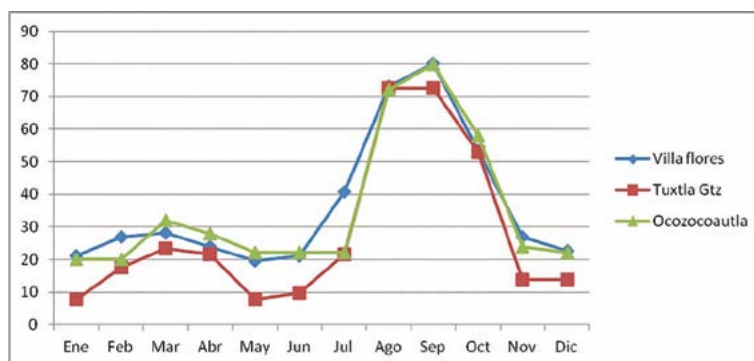


Figura 2. Meses de consumo de elotes durante el año.



El elote es consumido en diferentes formas: asado o hervido, y con él se fabrican esquites, tlaxcales, sopa y tamales. Además, se usa como guarnición y como ingrediente de otros platillos como el arroz en algunas variantes y ensaladas. Se consumen principalmente en forma de tamales en los municipios de Villa Flores (84.5%) y Ocozocoautla de Espinosa (78.0%), y cocidos en el municipio de Tuxtla Gutiérrez (84.3%); las otras, en orden de importancia, son: cocidos, como verduras, y en esquites y asados en los tres municipios.

Los precios a los que son adquiridos los elotes y los diferentes productos elaborados a partir de éste, son muy variados; para el caso de su uso como verdura se registraron precios similares de \$2.0, \$2.7 y \$2.0 pesos mexicanos para Villaflores, Tuxtla Gutiérrez y Ocozocoautla respectivamente; en cuanto a los cocidos hubo una diferencia de dos pesos en Tuxtla Gutiérrez (\$8.00) y precios similares en Villaflores (\$6.80) y Ocozocoautla (\$6.70). El elote como esquite alcanza los mayores precios, alcanzando los \$11.00, \$7.80 y \$9.60 pesos para mexicanos en el mismo orden anterior de los municipios. En cuanto a los tamales, Tuxtla Gutiérrez presentó los más precios altos (\$7.50), seguido de Villaflores (\$4.0) y Ocozocoautla (\$3.70) y, finalmente, para los elotes asados, los precios más elevados fueron en Tuxtla Gutiérrez, Ocozocoautla y Villaflores, con \$8.60, \$7.50 y \$3.60 pesos, respectivamente (Figura 3).

Los elotes como verduras son adquiri-

dos en los mercados según 52.1%, 64.7% y 60% de los entrevistados para los municipios de Villaflores, Tuxtla Gutiérrez y Ocozocoautla, respectivamente; los elotes cocidos se compran en puestos de la calle, según 59.2%, 37.3% y 56.0% de los encuestados (municipios en el mismo orden anterior) al igual que los esquites, de acuerdo con 14.1%, 16.9% y 16% de los entrevistados. Los tamales también se adquieren en puestos de la calle en Villaflores (69%) y Ocozocoautla de Espinosa (58%), y en el mercado en Tuxtla Gutiérrez.

Las características que buscan los consumidores en elotes crudos en el municipio de Villaflores son que estén tiernos (60%) y sin daño (35.2%); estas mismas características resaltaron los entrevistados de Tuxtla Gutiérrez donde se encontró que 82.4% los prefieren tiernos y sin daños (37.3%). Las características que los consumidores buscan cuando compra elotes cocidos en Villaflores son que sean tiernos (49.3%) y grandes (33.8%); en Tuxtla Gutiérrez, 68.6% los prefiere tiernos y 37.3%, dulces; en Ocozocoautla también los prefieren tiernos (60%) y dulces 34%.

La DAP a pagar por piezas de elotes más grandes resultó ser más preferida por los consumidores, res-

pecto a la DAP por piezas de elote más dulces; así lo manifestó 83.1%, 82.4% y 82% de los consumidores encuestados para Villaflores, Tuxtla Gutiérrez y Ocozocoautla respectivamente, quienes están dispuestos a pagar una cantidad que va de \$2.20, \$3.20 y \$2.3/pieza en promedio. En cuanto a la DAP por piezas de elotes más dulces, 63.4%, 52.9% y 76.0% de los consumidores de los municipios de Villaflores, Tuxtla Gtz y Ocozocoautla, respectivamente, manifestaron pagar un sobre precio por piezas de elote de \$2.20, \$2.90 y \$2.30 (municipios en el mismo orden anterior). Las diferencias en el comportamiento entre consumidores respecto a pagar un sobre precio están relacionadas con su estilo de vida, características socioeconómicas, conocimientos sobre prácticas de producción y educación relacionada con el tema (Soler y Gil, 2004). Al igual que en otros países, en México los productos vendidos como orgánicos tiene un sobre precio (Gómez *et al.*, 2000). Para los tres municipios en estudio, el 100% de los encuestados están dispuestos a consumir elotes orgánicos; de la misma manera, un alto porcentaje del público consumidor está dispuesto a pagar una cantidad adicional por que el producto sea orgánico, así lo manifestó 98.6%, 98% y 100% de los consumidores para Villaflores, Tuxtla Gutiérrez, y Ocozocoautla.

Para la DAP por consumo de elote orgánico se encontró que los consumidores de Villaflores y Tuxtla Gutiérrez están dispuestos a pagar un sobre precio de más de tres pesos; así lo manifestaron 33.8% y 58.8% de los consumidores encues-

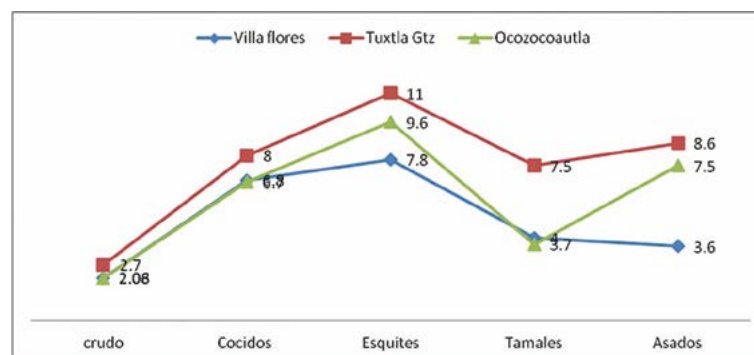


Figura 3. Precio promedio de elote y subproducto por municipio evaluado.

tados respectivamente para cada municipio, en tanto que en Ocozocoautla pagaron \$2.8/pza en promedio, con un rango de \$2.60 a \$3.0. Con respecto a la posible explicación de la DAP por el atributo orgánico, la escolaridad del jefe(a) y el ingresos del hogar son significativos ( $p \leq 0.05$ ). La educación es una variable relevante entre los encuestados (Cuadro 1): a mayor escolaridad, mayor es la DAP. Este resultado concuerda con lo reportado por Voon et al. (2011), quienes encontraron que el nivel de educación e ingresos están correlacionados positivamente con la disposición a comprar productos, incluyendo los orgánicos, con atributos sostenibles. Esto revela la importancia del nivel de ingresos en la decisión del consumidor sobre el importe del sobreprecio que podrían pagar por alimentos orgánicos (Goodman, 2007).

### CONCLUSIONES

La información generada da las pautas para poder establecer una estrategia de comercialización y de valor agregado de los productos y subproductos obtenidos a partir del elote. En los centros urbanos se pueden ofrecer elotes crudos, tiernos y sin daños físicos, y elotes cocidos, también tiernos, grandes y dulces. Estas características son por las que los consumidores están dispuestos a pagar un sobre precio. Estas preferencias permitirían buscar genotipos de maíz con dichas características para satisfacer un nuevo nicho de mercado. Los consumidores esta dispuestos a pagar más por piezas de elotes más grandes y dulces, así como por piezas de elotes orgánicos.

### LITERATURA CITADA

Cameron T.A. 1991. Interval estimates of non-market resource values from referendum contingent valuation surveys. *Land Economics* 4: 413-421

Cameron T.A., Huppert D. 1989. Ols versus ML estimation of non-market resource values with payment card interval data. *Journal of Environment Economics and Management* 17: 230-246.

Caporale G, Monteleone E. 2004 Influence of information about manufacturing process on beer acceptability. *Food Quality & Preference*; (15): 271-278.

**Cuadro 1.** Resultados del modelo econométrico de la DAP por elote orgánico (*Zea mays* L.).

| Variable           | Coefficiente ( $\beta$ ) | Error estándar | Valor z | Probabilidad (p) |
|--------------------|--------------------------|----------------|---------|------------------|
| Edad               | -0.001                   | 0.059          | -0.20   | 0.840            |
| Escolaridad        | 0.860                    | 0.018          | 4.62    | 0.000            |
| Ingreso alto       | 0.0005                   | 0.00002        | 2.45    | 0.014            |
| Frecuencia consumo | 0.766                    | 0.1395         | 0.55    | 0.583            |
| Cantidad           | 0.00002                  | 0.002          | 0.01    | 0.994            |
| Precio             | 0.034                    | 0.0.27         | 0.13    | 0.900            |
| Constante          | 1.065                    | 0.480          | 2.22    | 0.027            |
| Lnsigma            | -0.102                   | 0.055          | -1.85   | 0.065            |
| Sigma              | 0.902                    | 0.050          |         |                  |
| LR chi2(11)        | 47.13                    |                |         |                  |
| Log-likelihood     | -351.28                  |                |         |                  |

Gómez T., L., y M. A. Gómez C. 2004. Organic agriculture in the continents. Latin America: country reports. México. *In*: Willer, H. and M. Youssefi (eds). *The World of Organic Agriculture. Statistics and Emerging Trends 2004*. Foundation Ecology and Agriculture (SOL) in collaboration with the International Federation for Organic Agriculture Movements (IFOAM). pp: 137-140

Goodman D. 2007. Localism, livelihoods and the post-organic: changing perspectives on alternative food movements in the United States. Elsevier Oxford, United Kingdom: 23-38.

INEGI 2010. Anuario estadístico de Chiapas 2011. Chiapas, México. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/aee12/estatal/chis/default.htm>.

Loureiro M.L., Hine S. 2002. Discovering niche markets: A Comparison of consumer willingness to pay for local organic and GMO-free products *J. Agric. and Appl. Econ.* 34: 477-487.

Napolitano F, Braghieri A, Caroprese M, Marino R, Girolami A, Sevi A. 2007. Effect of information about animal welfare, expressed in terms of rearing conditions, on lamb acceptability. *Meat Science*; (77): 431-436.

Nelson, P. 1970. Information y consumer behaviour *Journal of political economy*, 78: 311-329

SIAP. 2004 sistema de información agroalimentaria y pesquera. Consultado en: <http://www.siap.gob.mx/agricultura-produccion-anual/>

Soler, F., and J.M. Gil. 2004. Relationship between knowledge and willingness to pay for organic food in Spain: evidence from experimental auctions. *In*: NJE Seminar 366: Food consumption behaviour. 16-17 november 2004. Copenhagen, Denmark. 29 p.

Voon PJ, Sing KN, Anand A. 2011 Determinants of willingness to purchase organic food. *International Food and Agribusiness Management Review*; (14):103-120.

Wier, M. and C. Calverley 2002. Market Perspectives for Organic Foods in Europe, *British Food Journal*, 104: 45-62.

Willer, H, and L. Kilcher 2011. *The world of organic Agriculture. Statistics and Emergin Trends*. IFOAM; Bonn, FIBL, Frick.

# USO DE PROGRAMA IRRIMODEL PARA LA PROGRAMACION DE RIEGO POR GOTEO EN EL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays* L.)

## USE OF THE IRRIMODEL SOFTWARE FOR DRIP IRRIGATION PROGRAMMING IN MAIZE CULTIVATION (*Zea mays* L.)

Mendoza-Pérez, C.<sup>1</sup>, Sifuentes-Ibarra, E.<sup>2</sup>, Macías-Cervantes, J.<sup>2</sup>, Ramírez-Ayala, C.<sup>1</sup>, Flores-Magdaleno, H.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Posgraduados, carretera México-Texcoco, km 36.5, Montecillo, estado de México. C. P. 56230. <sup>2</sup>INIFAP-CIRNO-Campo Experimental Valle del Fuerte. Km 1609 Carretera México-Nogales, Juan José Ríos, Guasave, Sinaloa. C.P.8110. Tel. 6878960320.

**Autor responsable:** candidompl@hotmail.com

### RESUMEN

El estado de Sinaloa es el principal productor de maíz (*Zea mays* L.) en México, con 500,000 ha en cultivo anualmente, y producción de cinco millones de toneladas. La agricultura sinaloense está ligada al uso excesivo de insumos como fertilizantes y agua, reduciendo su rentabilidad. En maíz solo se aprovecha 45% del agua de riego, el resto se pierde en el drenaje y percolación profunda, arrastrando fertilizantes móviles como nitrógeno (N). El riego por goteo es el sistema más eficiente en la actualidad; sin embargo, solo se ha utilizado para hortalizas, y su uso en la producción de granos es limitado por desconocimiento del impacto en rendimiento, grado de uso del agua, fertilizantes y costos. En la actualidad se cuenta con una herramienta para la gestión precisa del sistema de riego operado con TIC'S, que puede contribuir a mejorar el rendimiento y uso de insumos (IRRIMODEL), y por ello, se con el fin de conocer los benéficos del riego por goteo en maíz apoyado con el IRRIMODEL, se estableció una parcela de 0.86 ha en suelo arcilloso, con la variedad de ciclo intermedio DK-2038 de maíz. Se registró un requerimiento de riego (Ln) de 52.1 cm y una lámina aplicada (Lb) de 58.9 cm, equivalente a una eficiencia de aplicación (Ea) de 91.18%; Lb en riego convencional fluctuó en 90 cm. La eficiencia del sistema y el aporte nutrimental del suelo permitió aplicar únicamente 212-61-140 unidades de NPK, la dosis media de N en la zona es de 350 unidades para obtener 12 t ha<sup>-1</sup>. El rendimiento medio obtenido fue 15.6 t ha<sup>-1</sup> mejorando la rentabilidad.

**Palabras clave:** eficiencia de riego, nitrógeno, rendimiento

### ABSTRACT

The state of Sinaloa is the main maize producer (*Zea mays* L.) in México, with 500,000 ha grown annually, and production of five million tons. Agriculture in Sinaloa is linked to the excessive use of inputs such as fertilizers and water, reducing its profitability. In maize only 45 % of the irrigation water is taken advantage of, the rest is lost in drainage and deep percolation, dragging mobile fertilizers such as nitrogen (N). Drip irrigation is the most efficient system nowadays; however, it has only been used for vegetables, and its use in grain production is limited by the

lack of knowledge about yield, degree of water use, fertilizers and costs. Currently, there is a tool available for the precise management of the irrigation system operated with ICTs, which may contribute to improving the yield and use of inputs (IRRIMODEL) and, therefore, with the aim of understanding the benefits of drip irrigation in maize supported by IRRIMODEL, a plot of 0.86 ha was established on clay soil, with the maize variety DK-2038 of intermediate cycle. An irrigation requirement (Ln) of 52.1 cm was found and an applied sheet (Lb) of 58.9 cm, equivalent to efficiency of application (Ea) of 91.18 %; Lb in conventional irrigation fluctuated in 90 cm. The efficiency of the system and nutritional contribution of the soil allowed applying only 212-61-140 units of NPK, the mean dose of N in the zone is 350 units to obtain 12 t ha<sup>-1</sup>. The mean yield obtained was 15.6 t ha<sup>-1</sup>, improving profitability.

**Keywords:** irrigation efficiency, nitrogen, yield.

las zonas de temporal impacta en la productividad. Por su ubicación geográfica y dependencia agrícola, el cambio climático puede afectar el desarrollo económico de varias regiones agrícolas del estado de Sinaloa (IMTA-INIFAP, 2010) (Figura 2).

Desafortunadamente, la agricultura sinaloense está ligada a la cultura del uso excesivo de insumos, como el agua, fertilizantes y al monocultivo de maíz, provocando que esta actividad sea cada vez menos rentable, y que la calidad de los recursos naturales se deteriore. En maíz solo se aprovecha 45% del agua que se aplica en las parcelas, es decir, por cada 100 litros de agua que entran a la parcela solo 45 se quedan en la zona de raíces; el resto se pierde en el drenaje, arrastrando fertilizantes móviles y suelo, provocando estrés en los cultivos (IMTA-INIFAP, 2010) (Figura 3).

Los estudios recientes han señalado que el estado de Sinaloa y particularmente la zona norte están registrando efectos de la variabilidad climática (INIFAP, 2010), manifestándose en períodos de sequía, como la registrada entre 1995-2004, o en fenómenos extremos, tales como

## INTRODUCCIÓN

**El maíz** (*Zea mays* L.) es el cultivo más importante de México desde el punto de vista alimentario, industrial, político y social. La superficie sembrada promedio anual es de 8.4 millones de hectáreas, de las cuales 85.5% es de temporal (7.2 millones de hectáreas), mientras que 1 millón 217 mil ha, se siembran bajo condiciones de riego (14.5%). A nivel nacional, el estado de Sinaloa es el principal productor al establecer anualmente alrededor de 500,000 ha, con una producción de más de 5 millones de toneladas (CONAGUA, 2008); sin embargo, aunque México es uno de los principales productores a nivel mundial, la demanda es superior a su producción, por lo que es uno de los principales países importadores con más de siete millones de toneladas anuales (SIAP-SAGARPA, 2009) (Figura 1).

La agricultura de Sinaloa ha experimentado la presencia de eventos climatológicos extremos con mayor recurrencia y severidad, poniendo a prueba su sostenibilidad. Tal es el caso de las sequías que inducen a restringir dotaciones normales de agua para riego y disminuir la superficie cultivable, y en



**Figura 1.** Cultivo de maíz (*Zea mays* L.) el más importante en Sinaloa, México.



**Figura 2.** Daño de sequía provocado en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.).

huracanes intensos, aumento en la intensidad de lluvias, incremento en periodos de altas temperaturas y mayor registro de heladas, como las registradas en febrero de 2011 (Figura 4).

A pesar de que en el norte de Sinaloa se han desarrollado modelos de programación integral y pronóstico de riego en tiempo real para cultivos de papa (*Solanum tuberosum* L.) y maíz, ha sido difícil su adopción en los módulos de riego, debido a que no se había tenido un medio eficaz para ello; sin embargo, con el desarrollo de la tecnología de software e Internet, es posible poner a disposición de los usuarios estas aplicaciones, (Valencia, 2007). A través de la red de Internet es posible tener acceso a datos climáticos en tiempo real, acceder a sistemas computacionales e interactuar con varios tipos de usuarios en forma simultánea (Ojeda *et al.*, 2004). Con el fin de conocer los beneficios del riego por goteo (cintilla) en maíz apoyado con el sistema IRRIMODEL se estableció una parcela de 0.86 ha de suelo arcilloso en terrenos CEVAF-INIFAP.



**Figura 3.** Uso excesivo de productos químicos en maíz (*Zea mays* L.).

### MATERIALES Y METODOS

El estudio se desarrolló durante el ciclo otoño invierno 2012-2013 en el Campo Experimental del Valle del Fuerte (CEVAF) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestal, Agrícola y Pecuaria (INIFAP), ubicada en el norte de Sinaloa (25° 45' 49" N, 108° 51' 41" O) a una altitud de 32 m. El suelo es textura arcillosa con una humedad volumétrica aprovechable de  $0.155 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ . Se encuentra localizado en la parte central del distrito de riego 075 Río Fuerte colindando con los distritos de 063 Guasave y 076 Valle del Carrizo. El cultivo se sembró en húmedo el 10/11/2012 en una superficie de 0.86 ha bajo riego por goteo,

utilizando la variedad DK-2038 del ciclo intermedio. Se aplicó una fertilización base previo a la siembra  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  urea y  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  MAP y la complementaria se aplicó en los riegos de auxilio.

Programación de los riegos  
Los riegos de auxilio se llevaron a cabo con el programa IrriModel 2.0 para determinar el momento oportuno, requerimiento de riego ( $L_n$ ) y el tiempo de riego,

aplicando totalmente las recomendaciones. Este software opera bajo internet y pronostica en tiempo real, en función del desarrollo fenológico del cultivo, acumulación de grados día crecimiento (GDC) y humedad del suelo. El sistema estima diariamente los parámetros de calendarización en función de los grados día acumulados (Ojeda *et al.*, 2006). El costo del equipo de fertirriego es variable; se pueden instalar equipos individuales o para un grupo de usuarios de un pozo de riego. Esta última forma es más económica. Influyen varios aspectos en el costo, que dependen de las condiciones del terreno, el cultivo, las necesidades de adecuación para la



**Figura 4.** Daños provocados por eventos extremos como heladas en maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).

conducción del agua, el calibre de la cintilla, entre otros; no obstante, un equipo individual puede tener un costo cercano a 35 mil pesos por ha. Los costos que se indican aquí incluyeron el equipo completo de fertirriego para una hectárea. También es conveniente indicar que la cintilla puede durar hasta tres años; la manguera de conducción y el cabezal, siete años o más, y la recuperación de la inversión dependerá del aumento logrado en la producción y el ahorro de agua y energía.

### Análisis de sustentabilidad y rentabilidad

La aplicación del agua mediante el riego por goteo es muy importante para mejorar la productividad de los cultivos. La disminución en la disponibilidad de agua apta para la agricultura resulta de un exceso de agua empleada en cada riego, con una consecuente sobreexplotación de los mantos acuíferos, dando como resultado una agricultura poco sostenible. En este contexto el riego debe convertirse en una fuente importante para la producción de alimentos y no en un factor de contaminación y erosión del suelo, del agua y medio ambiente. Bajo esta perspectiva, el agua debe ser un factor que contribuya a incrementar el rendimiento de los cultivos y, al mismo tiempo, disminuir los niveles de contaminación en los acuíferos por la aplicación excesiva de

fertilizantes, principalmente los nitrogenados; para ello es necesaria la difusión de tecnología que conlleve a la implementación y adopción de sistemas de riego más eficientes, como el riego por goteo, el cual permite un ahorro significativo de agua, mayor uniformidad en su aplicación, evita la erosión de los suelos y disminuye la presencia de malezas, plagas y enfermedades. Cuando se combina con la aplicación de nutrientes mejora de manera significativa los rendimientos y la calidad de las cosechas, aumentando así la productividad del agua.

### Riegos programados

El Cuadro 1 muestra el calendario de los riegos generados con el software IrriModel 2.0, usando los datos históricos de clima de años anteriores. En el calendario se pueden ver las recomendaciones generadas por el programa, como son: número de riegos, fecha del riego, láminas de riego Ln y Lb, tiempos que debe durar el riego, etapa fenológica y grados día acumulados (GDA) del cultivo.

La programación de los riegos de auxilios se realizó en el programa IrriModel 2.0, donde se aplicó un total de 18 riegos, incluyendo el riego inicial o de asiento, con una Ln de 52.1 cm, Lb de 58.9 cm, con intervalos de

**Cuadro 1.** Plan de riegos generados en el programa IrriModel 2.0 usando datos de clima histórico.

| No. | Fecha de riego | Días al riego | Intervalo (días) | Ln (cm) | Lb (cm) | Tr (h) | GDA     | Etapas fenológicas |
|-----|----------------|---------------|------------------|---------|---------|--------|---------|--------------------|
| 1   | 15/10/2012     | 0             | 0                | 7       | 10.5    | 4      | 0       | Pre-siembra        |
| 2   | 13/11/2012     | 3             | 3                | 0.22    | 0.24    | 0.75   | 47.817  | Siembra            |
| 3   | 03/12/2012     | 23            | 20               | 1.19    | 1.25    | 3.98   | 275.43  | 2 Hojas            |
| 4   | 24/12/2012     | 44            | 21               | 2.02    | 2.13    | 6.77   | 447.21  | 6 Hojas            |
| 5   | 07/01/2013     | 58            | 14               | 2.18    | 2.30    | 7.31   | 520.58  | 8 Hojas            |
| 6   | 18/01/2013     | 69            | 11               | 2.16    | 2.28    | 7.25   | 554.55  | 8 Hojas            |
| 7   | 28/01/2013     | 79            | 10               | 2.42    | 2.54    | 8.10   | 636.39  | 12 Hojas           |
| 8   | 06/02/2013     | 88            | 9                | 2.31    | 2.43    | 7.75   | 697.27  | Flor Masculina     |
| 9   | 14/02/2013     | 96            | 8                | 2.54    | 2.67    | 8.51   | 741.79  | Flor Masculina     |
| 10  | 21/02/2013     | 103           | 7                | 2.45    | 2.58    | 8.22   | 786.57  | Flor Masculina     |
| 11  | 27/02/2013     | 109           | 6                | 2.25    | 2.37    | 7.53   | 811.1   | Flor Masculina     |
| 12  | 04/03/2013     | 114           | 5                | 2.37    | 2.50    | 7.96   | 848.77  | Jiloteo            |
| 13  | 10/03/2013     | 120           | 6                | 2.40    | 2.52    | 8.04   | 902.09  | Jiloteo            |
| 14  | 15/03/2013     | 125           | 5                | 2.48    | 2.61    | 8.30   | 940.1   | Jiloteo            |
| 15  | 20/03/2013     | 130           | 5                | 2.43    | 2.56    | 8.15   | 990.42  | Grano Acuoso       |
| 16  | 25/03/2013     | 135           | 5                | 2.51    | 2.65    | 8.43   | 1040.9  | Grano Acuoso       |
| 17  | 30/03/2013     | 140           | 5                | 2.51    | 2.64    | 8.42   | 1095.1  | Grano Acuoso       |
| 18  | 04/04/2013     | 145           | 5                | 2.66    | 2.80    | 8.91   | 1152.6  | Grano Lechoso      |
|     | Total          |               | 8.06             | 52.63   | 55.40   |        | 1152.62 |                    |

Ln=lamina neta, Lb=lamina bruta, Tr=tiempo de riego, GDA=grados día acumulado.

riego de 4-16 días, con un volumen total de 5070 m<sup>3</sup>, una eficiencia de aplicación de 91.18%, comparando el riego convencional que fluctúa en 45%. El Cuadro 2 muestra los conceptos y costos de producción de maíz en riego por goteo en el norte de Sinaloa, los cuales incluyen costos de instalación de la cintilla de \$600.00, pago del regador \$2160.00 y el costo de la energía eléctrica \$3000.00 pesos, resultando en un total de \$29,303.95. Es importante mencionar que no se considera la inversión inicial del equipo de goteo.

En el Cuadro 3 se pueden observar los costos de producción usados en el ciclo agrícola de maíz bajo riego convencional (rodado), donde se resume el costo de cada concepto o actividad que se desarrolló, y el costo total de producción fue de \$23930.35 pesos, es decir, \$5373.7 menor que el sistema bajo riego por goteo.

El Cuadro 4 presenta la estadística histórica de la superficie sembrada, cosechada y el rendimiento obtenido en los últimos siete años en Sinaloa, donde se observa que en el ciclo OI 2009-10 se registró el mejor rendimiento, que fue de 10.58 t ha<sup>-1</sup>, comparando con el ciclo OI 2010-11, donde el rendimiento fue de 7.6 t ha<sup>-1</sup>; en ese

**Cuadro 2.** Costo de producción de maíz (*Zea mays* L.) con riego por goteo, sin considerar costo del equipo.

| Concepto                         | Costo Total goteo |
|----------------------------------|-------------------|
| Preparación del terreno          | 2063              |
| Siembra                          | 10255             |
| Fertilización                    | 5790.7            |
| Labores culturales               | 1275              |
| Riegos                           | 6184.25           |
| Control de plagas y enfermedades | 950               |
| Cosecha                          | 2586              |
| Total                            | 29103.95          |

**Cuadro 3.** Costo de producción para maíz con el sistema convencional (rodado).

| Concepto                         | Costo Total |
|----------------------------------|-------------|
| Preparación del terreno          | 2833        |
| Siembra                          | 10346       |
| Fertilización                    | 5114        |
| Labores culturales               | 1548        |
| Riegos                           | 1504.25     |
| Control de plagas y enfermedades | 350         |
| Cosecha                          | 2235        |
| Total                            | 23930.25    |

mismo año se siniestro 451, 251 ha por la helada que se registró el 4 de febrero 2011.

### Rendimiento promedio obtenido en los últimos 3 años en el (CEVAF)

En la Figura 5 se observa el rendimiento obtenido en los últimos tres años en el Campo Experimental Valle del Fuerte. En el ciclo 2010-11 se obtuvo un rendimiento de 9.5 t ha<sup>-1</sup>, que fue la re-siembra después de la helada de 4 de febrero. Para el ciclo 2011-12 el rendimiento fue de 11.18 t ha<sup>-1</sup> y la siembra se realizó el 2 de diciembre. Para el ciclo 2012-13, el rendimiento fue 11.5 t ha<sup>-1</sup> y la fecha de siembra se realizó el 10 de diciembre; en los tres ciclos se manejó con riego por rodado.

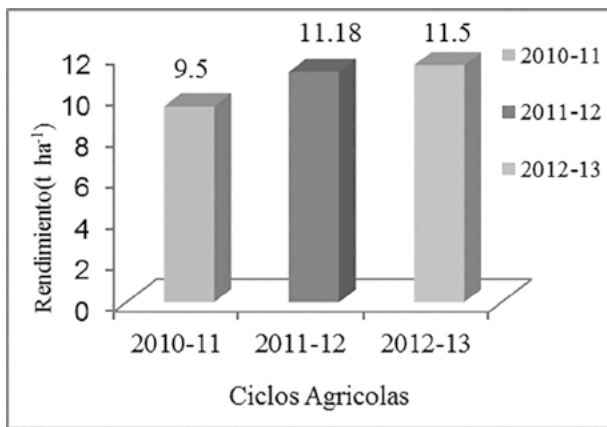
La Figura 6 muestra el comportamiento del precio maíz en los últimos 10 años en Sinaloa, donde se observa que a partir de 2000 hasta 2006 el precio se mantuvo casi constante; después hubo un incremento hasta 2009; en 2010 se registró una caída, pero para 2010-2012 incrementó 25%.

### Metodología de la fertilización

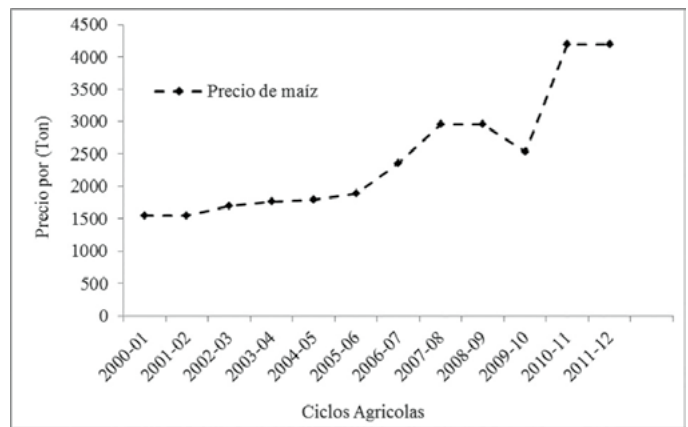
Previo a la siembra se realizó un muestreo de suelo a 30 cm de profundidad para conocer su nivel de fertilidad. El análisis de suelo del lote reportó los siguientes valores:

**Cuadro 4.** Superficie sembrada, cosechada y el rendimiento obtenido en los últimos siete años en Sinaloa.

| Ciclo Agrícola | Superficie (ha) |           |             | Producción (t) | Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> ) |
|----------------|-----------------|-----------|-------------|----------------|-----------------------------------|
|                | Sembrada        | Cosechada | Siniestrada |                |                                   |
| 2005-06        | 416,565         | 415,365   | 1,200       | 4,112,885      | 9.902                             |
| 2006-07        | 481,849         | 480,196   | 1,653       | 4,743,720      | 9.879                             |
| 2007-08        | 507,350         | 486,593   | 20,757      | 4,960,399      | 10.194                            |
| 2008-09        | 469,182         | 469,026   | 136         | 4,917,094      | 10.48                             |
| 2009-10        | 471,247         | 471,118   | 129         | 4,987,506      | 10.58                             |
| 2010-11        | 819,756         | 368,504   | 451,251     | 2,829,608      | 7.679                             |
| 2011-12        | 365,741         | 351,627   | 14,114      | 3,631,913      | 10.329                            |



**Figura 5.** Rendimiento promedio de maíz (*Zea mays* L.) obtenido en tres años.



**Figura 6.** Precio de maíz (*Zea mays* L.) registrado en los últimos 10 años en Sinaloa.

materia orgánica, 0.82; nitrógeno, 0.005 %; fósforo, 0.0063 %; potasio, 0.08 %; calcio, 0.5840 %; magnesio, 0.1464 %; hierro, 0.0002 %; y azufre, 0.0045%. Posteriormente procedió a calcular las dosis nutrimentales de utilizando la siguiente ecuación (INIFAP, 2005).

$$Dosis = \frac{Demanda - Suministro}{Eficiencia}$$

Donde: *Demanda* representa la demanda diaria de cada nutrimento (Kg ha día<sup>-1</sup>), *Suministro* se refiere al aporte nutrimental del suelo en (kg ha<sup>-1</sup>), estimado a partir del análisis del mismo y la *Eficiencia* al grado de aprovechamiento del nutrimento que depende del sistema de riego, suelo, fuente de fertilizantes, entre otras, y su valor oscila de 0 a 100%.

### Fertilización total aplicada en el cultivo

En el Cuadro 5 se observa la fertilización aplicada de acuerdo con el resultado del análisis de laboratorio. El suelo aportó 155-174-276 unidades de N-P-K y con base en esos datos solamente se aplicó en el cultivo 212-61-140 unidades de N-P-K, respectivamente, utilizando fuentes de urea, fosfato monoamónico y sulfato de potasio.

El rendimiento se evaluó el 21/05/13, que corresponde a 192 días después de siembra (1734 GDC), en cinco sitios representativo de muestreos ubicados en los dos

surcos centrales, de cinco metros de largo en una área de 7.6 m<sup>2</sup> y se cosechó el 21 de junio de 2013.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 7 se observa en la parcela de maíz riego por goteo se obtuvo un rendimiento de 15.6 t ha<sup>-1</sup>, comparando con el manejo tradicional bajo riego por rodado que se tuvo un rendimiento de 11.5 t ha<sup>-1</sup>.

La Figura 8 muestra el rendimiento del cultivo en los sistemas de riego goteo y rodado en función de la productividad del agua (PA) aplicada en m<sup>3</sup>, donde el primero registró su máximo potencial productivo de 2.6 kg m<sup>-3</sup>, comparando con el riego rodado, con una productividad de 1.74 kg m<sup>-3</sup>. Esto significa que para alcanzar el máximo potencial de rendimiento no debe haber estrés hídrico en las etapas más críticas como la floración (R1) que puede afectar mermas en el rendimiento.

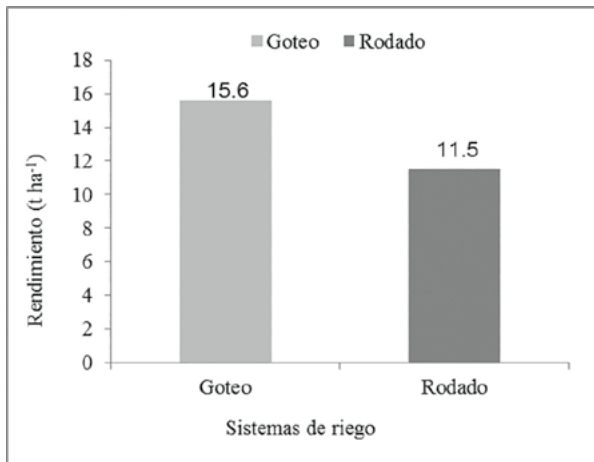
## CONCLUSIONES

Se cuenta con una plataforma computacional basada en TIC's, robusta y calibrada para maíz bajo riego por goteo, la cual demostró su funcionalidad, dando como

resultado un mejor crecimiento y desarrollo del cultivo. Se aumentó en 40 % la eficiencia de aplicación y productividad del agua, y en similar proporción la eficiencia del uso de fertilizantes nitrogenados. Se registró un incremento de entre 2 y 3 t ha<sup>-1</sup> en rendimiento

| Fuente de fertilizantes (N-P-K) | Dosis (kg ha <sup>-1</sup> ) | Unidades (kg ha <sup>-1</sup> ) |            |            |
|---------------------------------|------------------------------|---------------------------------|------------|------------|
|                                 |                              | N                               | P          | K          |
| 46-00-00                        | 432                          | 199                             | 0          | 0          |
| 11-52-00                        | 117                          | 13                              | 61         | 0          |
| 00-00-50                        | 200                          | 0                               | 0          | 140        |
| Aporte del suelo                | 172.5                        | 155                             | 174        | 276        |
| <b>Total</b>                    |                              | <b>367</b>                      | <b>235</b> | <b>416</b> |



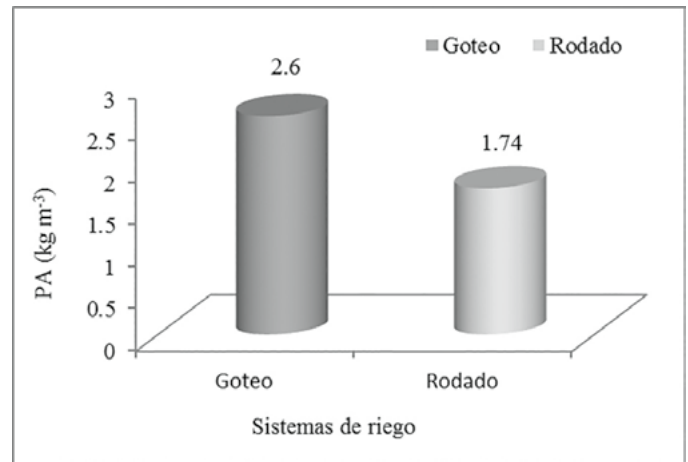


**Figura 7.** Rendimiento promedio obtenido en los dos sistemas de riego.

equivalente a 16% y 25% mayor con respecto al sistema tradicional, haciendo factible su inversión con equipos de riego por goteo austeros. Para tener éxito en este tipo de tecnología es fundamental la capacitación del usuario y el mantenimiento de la plataforma computacional, ya que en riego por goteo el nivel de sensibilidad es alto.

## LITERATURA CITADA

- Bessembinder J.J.E.P.A., Lefelaar-Dhinwal A.S., Ponsione T.C. 2005. which crop and which drop, and the scope for improvement of water productivity. *Agric. Water manager* 73 (2):113-130.
- Bolaños G.M., Palacios V.E., Scott C., Exebio A.G. 2001. Estimación del volumen de agua usado en una zona de riego mediante una imagen satélite e información complementaria. *Agrociencias* 35 (6): 589-597.
- CONAGUA. 2008. Comisión Nacional del Agua. Estadísticas Agrícolas de los Distritos de Riego. Año agrícola 2007/08. Ed. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 297 pp.
- CONAGUA. 2009. Comisión Nacional del Agua. Estadísticas agrícolas de los distritos de riego. Secretaria del medio ambiente y recursos naturales, Tlalpan, México, D.F. 389 pp.
- Martin E.C. 2001. Como determinar la cantidad de agua de riego aplicada a una parcela. *Boletín Extensión Arizona Cooperative*. The University of Arizona. Tucson, Arizona. 3 pp.



**Figura 8.** Productividad del agua obtenida en los dos sistemas de riego.

- Muños P.D., Hernández R.G. 2004. Situación actual y perspectiva del maíz. Sistema de información y estadística agroalimentaria y pesquera (SIAP-SAGARPA), México, D.F. 136 pp.
- Nadal A., Wise T.A. 2005. Los costos ambientales de la liberación agrícola: el comercio de maíz entre México y EE.UU. en el marco del NAFTA. *In: Globalización y medio ambiente: lecciones desde las Américas*.
- Ojeda B.W., Sifuentes I.E., Íñiguez C.M., Montero M.M.J. 2011. Impacto del cambio climático en el desarrollo y requerimientos hídricos de los cultivos. *Agrociencia* 45: 1-11.
- Ojeda B.W., Sifuentes I.E. Unland W.H. 2006. Programación integral del riego en maíz en el norte de Sinaloa. *Agrociencias* 40: 13-25. Montecillos, Edo. México.
- Sifuentes I.E., Macías C.J., Quintana Q.J.G., González C.V.M. 2012. *IrriModel 1.0: programación integral y gestión del riego a través de internet*. Folleto técnico: INIFAP-CIRNO-CEVAF: 52 pp.
- Sifuentes I.E., Ojeda B.W., Macías C.J., Corral V.R.A., Mendoza P.C. 2013. La calendarización del riego en maíz bajo condiciones de sequía en Sinaloa. Folleto técnico: Fundación Produce Sinaloa A.C. 39 pp.
- Sifuentes I.E., Macías C.J., Mendoza P.C., Corral V.R.A., Quintana Q.J.G. 2012. Siembra directa y eficiencia en el uso del agua en maíz, en el norte de Sinaloa. *Memorias del XXXVII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo*. Zacatecas.

# CALIDAD DE AGUA PARA RIEGO AGRÍCOLA EN EL AGUA SUBTERRÁNEA DE LA ZONA ÁRIDA DEL SUROESTE DE TAMAULIPAS, MÉXICO

## WATER QUALITY FOR AGRICULTURAL IRRIGATION IN THE UNDERGROUND WATER FROM THE ARID ZONE OF SOUTHWEST TAMAULIPAS, MEXICO

**Cantu-Medina, F.G., Ventura-Houle, R., Heyer-Rodríguez, L., Guevara-García, N.**

Facultad de Ingeniería y Ciencias, Posgrado e Investigación, Universidad Autónoma de Tamaulipas.

**Autor responsable:** ing.fcantu@gmail.com

---

### RESUMEN

El territorio de México está constituido por dos terceras partes de ecosistemas áridos y semiáridos, lo cual influye en la cantidad y calidad de agua que se infiltra y llega a los acuíferos, asimismo los elementos presentes en el agua son resultado de procesos de intemperismo químico de las rocas al contacto con el agua. El objetivo fue determinar la calidad de agua para riego agrícola en el agua subterránea, para lo cual se seleccionaron 15 puntos de muestreo que incluyeron norias, pozos y manantiales, determinando con las normas Riverside el cálculo de la relación de adsorción de sodio y utilizando el método de Wilcox, de % de sodio, donde en términos generales 46.6% de las muestras de agua fueron de buena calidad para riego agrícola, y 13.3% presentaron calidad dudosa a mediocre, por lo cual no se recomienda usarla para el riego agrícola.

**Palabras clave:** calidad de agua, riego agrícola, agua subterránea.

### RESUMEN

The territory of México is made up by two thirds arid and semiarid ecosystems, which influences the quantity and quality of water that infiltrates and reaches aquifers; likewise, the elements present in the water are the result of processes of chemical weathering of the rocks in contact with the water. The objective was to determine the quality of water for agricultural irrigation in the underground water, for which 15 points of sampling were selected that included waterwheels, wells and springs, defining with the Riverside norms the calculation of the relationship of sodium adsorption and, using the Wilcox method of sodium %, where in general terms 46.6 % of the samples of water were of good quality for agricultural irrigation, and 13.3 % presented a doubtful to mediocre quality, which is why it is not recommended for use in agricultural irrigation.

**Keywords:** water quality, agricultural irrigation, underground water.

**Agroproductividad:** Vol. 11, Núm. 1, enero. 2018. pp: 56-61.

**Recibido:** agosto, 2016. **Aceptado:** septiembre, 2017.

## INTRODUCCIÓN

En México, dos terceras partes del territorio están constituidas por ecosistemas áridos y semiáridos (CNA, 2013), que influye en la cantidad de agua que se infiltra en los acuíferos y la forma en que este proceso sucede. Su paso por las diferentes etapas del ciclo hidrológico ocasiona que la disponibilidad del recurso sea variable en cada región (Mazari, 2003). Un factor importante es la calidad del agua, la cual se centra en las características físicas, químicas y biológicas, mismas que pueden perturbar y afectar su uso potencial (abastecimiento público, riego agrícola, uso industrial) (Ayers y Westcot, 1987). La calidad del agua para uso en la agricultura está determinada por parámetros como el contenido de iones, como es el caso de los cationes calcio ( $Ca^{2+}$ ), magnesio ( $Mg^{2+}$ ), sodio ( $Na^+$ ) y potasio ( $K^+$ ), y de los aniones dióxido de carbono  $CO_3^{2-}$ , bicarbonatos  $HCO_3^-$ , cloro  $Cl^-$  y sulfatos  $SO_4^{2-}$  (Nishanthiny *et al.*, 2010; Korzeniowska, 2008); es decir, la calidad de agua para riego está determinada por el tipo y cantidad de sales y otros elementos que la componen, y su importancia radica en prever el efecto sobre los cultivos y los suelos salinos o alcalinos (Moya, 2009; Rashidi y Seilssepuor, 2011). Los elementos presentes en suelo y agua son el resultado de procesos como el intemperismo químico (hidrólisis, hidratación, solución, oxidación y carbonatación) de las rocas al contacto con el agua, por lo cual acontece la formación y acumulación de elementos en forma de sales en los suelos (Grattan, 2006). Parte de los componentes químicos se adquieren en la zona de recarga y otros a lo largo del recorrido del flujo del agua subterránea hasta que es captada en pozos o descarga en manantiales (Gonzales-Abraham *et al.*, 2012). En Tamaulipas, México, 40% del territorio en la parte centro norte y suroeste presenta clima seco y

semiseco, por lo cual es de gran importancia debido a que condiciona el desarrollo económico de las regiones áridas y semiáridas del Estado. En estas zonas es donde la población compite por el aprovechamiento y uso de agua subterránea, debido a las escasas fuentes de agua superficial, por lo cual aumenta la necesidad de realizar perforaciones (pozos) para poder abastecer a la población y zonas agrícolas; por lo antes expuesto, se propuso como objetivo determinar la calidad del agua para riego agrícola zona árida del suroeste de Tamaulipas, México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en la región suroeste del Estado de Tamaulipas en los municipios de Tula, Palmillas, Miquihuana, Jaumave y Bustamante (Figura 1), ocupando 10.60% del territorio del Estado, con una población de total de 55,622 habitantes, concentrándose en el mayor número de personas en las zonas rurales. La zona se caracteriza por estar incrustada en la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Oriental, en dos sub provincias, la mayor extensión ubicada en la Gran Sierra Plegada y en la Sierras y Llanuras Occidentales; ambos sitios presentan diferentes tipos de topografía (INEGI, 2010). En las sub provincias se concentra una amplia diversidad de vegetación debido a las condiciones del clima; la zona en estudio se caracteriza por sus condiciones, donde predomina la región árida y semiárida y las lluvias oscilan entre 400 y 450 mm por año. El clima en las zonas topográficamente más bajas es de tipo (BS1hw) semiárido, semicálido, con temperatura media anual que oscila entre los 15° y 24° C (INEGI, 2010). En la zona de estudio afloran rocas sedimentarias a metamórficas de edades precámbricas a terciarias en su mayoría calizas, lutitas, conglomerado y, en menor grado, los gneises ocasionalmente

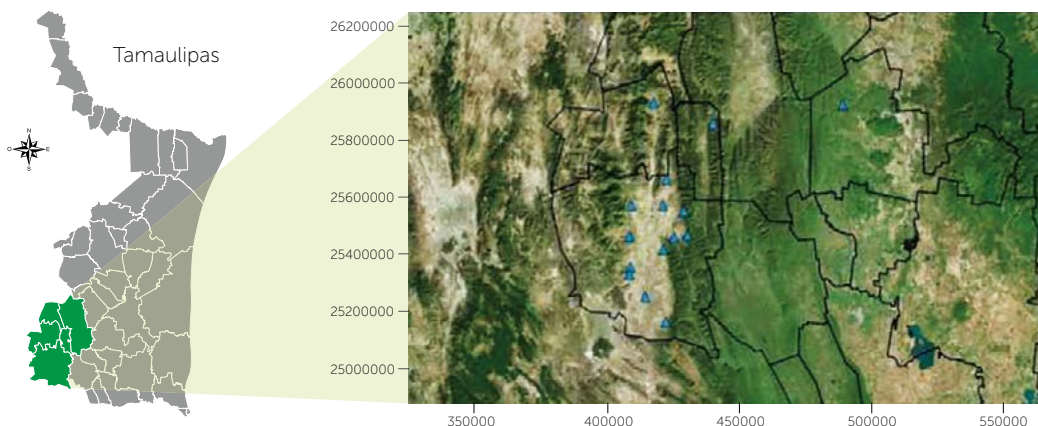


Figura 1. Ubicación del área de estudio.

son cubiertos por depósitos de origen aluvial del Cuaternario. (SGM, 2006; CNA, 2015).

El tipo de suelo dominante en la región es el Leptosol, seguido por el Calcisol, Cambisol y Kastañozem, entre otros (INEGI, 2010). La producción agrícola de riego y temporal, en el municipio de Tula son aceituna (*Olea europea* L.), maíz (*Zea mays* L.) y avena forrajera (*Avena fatua* L.), con un valor de producción de 421.22 millones de pesos. El municipio de Bustamante, con una superficie cosechada de 650 hectáreas, con una producción de 375 t, valorado en 1.08 millones de pesos, de los cultivos de maíz y tuna (*Opuntia* spp.). Por otra parte, en Miquihuana se cultiva maíz, cebada grano (*Hordeum vulgare* L.) y avena forrajera, con un valor de 10.04 millones de pesos en una superficie de 3.440 hectáreas; para los municipios de Jaumave y Palmillas los principales cultivos son sábila (*Aloe vera*), maíz, cítricos (*Citrus* spp.) y sorgo (*Sorghum bicolor* L.) (CEAT, 2015). El estudio se desarrolló en parte de dos regiones hidrológicas; la número 26 identificada como Río Panuco, comprendiendo los Municipios de Jaumave, y Palmillas, y la número 37, denominada El Salado, ubicándose los municipios de Miquihuana, Bustamante y Tula. La región hidrológica Río Panuco tiene una superficie de 15,256.5 km<sup>2</sup>, siendo los principales afluentes los ríos Pánuco, Tamesí, Guayalejo, Chihue, Comandante, Jaumave, Cojo y San Vicente; los arroyos principales son las Ánimas y Maravillas, originándose las principales corrientes en el estado de Tamaulipas, y son los afluentes más importantes del Río Pánuco (CNA, 2015). El territorio de la Cuenca del Altiplano o también conocida como la región hidrológica del Salado número 37 se localiza en el centro norte de México entre la Sierra Madre Occidental y la Oriental, con una superficie de 87,778 km<sup>2</sup>, y una altura promedio de 2,000 m. La cuenca está integrada por 48 municipios, de los cuales Miquihuana, Bustamante y Tula pertenecen al estado de Tamaulipas, los cuales forman parte de la cuenca de la Sierra Madre, donde predomina el clima semiseco semicálido, caracterizándose por presentar un drenaje endorreico con escurrimientos superficiales efímeros e intermitentes de carácter torrencial, carentes de corrientes superficiales permanentes (Consejo de Cuenca del Altiplano, 2010). Dentro de la zona de estudio se conocen dos acuíferos; el primero denominado Palmillas-Jaumave, el cual es considerado un acuífero de tipo libre heterogéneo, tanto vertical como horizontal, y constituido en la parte superior por sedimentos aluviales de granulometría variada y conglomerados, debido al proceso de erosión de rocas que componen la sierra

madre oriental, que delimitan los valles presentando permeabilidad de baja a alta (CNA, 2015). El identificado como Tula Bustamante está conformado en un medio de agujeros y conductos de disolución y las demás formaciones calcáreas son un medio fracturado y funcionan como acuíferos semi confinados a confinados (CNA, 2015).

### Método de muestreo

Se seleccionaron 15 puntos de muestreo (pozos, norias y manantiales); se utilizó como metodología de muestreo una celda de aislamiento, la cual evita la interacción del agua subterránea con la atmósfera y facilita la estabilización de las mediciones. Las muestras se recolectaron en recipientes de plástico de baja densidad. Se tomaron tres muestras de agua en tres recipientes distintos, la de cationes, que se filtró a 45 micras y se acidificó con ácido nítrico, y se llevó a un pH de dos y evitar que precipite algún elemento, la de aniones solamente se filtró y la de isotopos únicamente se recolectó el agua; las tres muestras se trasladaron a una temperatura de 4 °C para su conservación. Igualmente, se documentó en campo la temperatura, pH, conductividad eléctrica, oxidación reducción (redox) y alcalinidad con potenciómetros. En la determinación de la calidad del agua para riego, uno de los métodos utilizados fue el propuesto por el Laboratorio de Salinidad de los Estados Unidos Riverside, California (1954), el cual emplea la conductividad eléctrica relacionándolo con el Cálculo de la Relación de Adsorción de Sodio (RAS) para determinar el riego de sodificación o alcalinización del agua. Asimismo, se empleó la norma de Wilcox (1948), en la cual considera como índice para la clasificación de agua de riego el porcentaje de sodio respecto al total de cationes y la conductividad eléctrica a una temperatura estándar de 25 °C. La salinidad determina los efectos que producen las sales en el crecimiento de los cultivos, que son en su mayoría osmóticos. La concentración de sodio se relaciona con la cantidad de sodio intercambiable en el suelo, lo cual produce un deterioro de la permeabilidad y de la estructura del suelo, ya que la toxicidad hace referencia a que algunos solutos tienen efecto tóxico directo en los cultivos (Gómez, 2009).

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

De acuerdo con las normas de Riverside se procedió a determinar la calidad de agua de riego, obteniendo como resultado la Figura 2, en la cual se distribuyen los pozos, manantiales y norias de acuerdo con su conductividad eléctrica y al cálculo de relación de adsorción de sodio.

Según la metodología de Riverside, en el agua de riego, 46.6% de las muestras se clasificaron como clase C1 y S1: (Cuadro 1), siendo un agua de baja salinidad con bajo peligro de sodificación, la cual se puede usar en la mayoría de los cultivos y en casi todos los suelos sin que el nivel del sodio de intercambio se eleve demasiado. La salinidad en el suelo tiende a ser baja salvo en suelos poco permeables donde se requerirá intercalar riegos de lavado. El 6.66%, representado por la muestra número 15 y clasificada como C2 y S1, es un agua de salinidad moderada y bajo peligro de sodificación, la cual puede utilizarse en casi todos los cultivos con suelos de buena permeabilidad; en caso de que la permeabilidad sea deficiente se deberán evitar los cultivos muy sensibles a las sales. Se requerirá de riegos de lavados ocasionales. El 40.0% de las muestras de agua corresponden a la clase C3 y S1, y corresponden a agua de salinidad media, la cual debe usarse en suelos de permeabilidad moderada a buena donde se deberán efectuar riesgos de lavado para evitar que se acumulen las sales en cantidades nocivas para las plantas, seleccionando cultivos con una tolerancia alta a la salinidad.

De acuerdo con la clasificación de Riverside, que utiliza el programa Diagrammes, los valores menores a 100 microsiemens de conductividad eléctrica y valores menores a 1 RAS no entran dentro de la categoría C1-S1, por lo cual se les clasificó como valores menores a 100 microsiemens de conductividad eléctrica,

| Cuadro 1. Clasificación del agua de riego según las normas Riverside. |                 |                         |
|---|-----------------|-------------------------|
| ID  | Infraestructura | Clasificación Riverside |
| 1   | pozo            | C3 - S1                 |
| 2   | pozo            | C3 - S1                 |
| 3   | pozo            | C1 - S1                 |
| 4   | pozo            | C3 - S1                 |
| 5   | pozo            | C3 - S1                 |
| 6   | pozo            | C - S1                  |
| 7   | pozo            | C - S                   |
| 8   | pozo            | C - S1                  |
| 9   | pozo            | C - S1                  |
| 10  | pozo            | C5 - S3                 |
| 11  | Manantial       | C - S                   |
| 12  | Manantial       | C1 - S1                 |
| 13  | Pozo            | C3 - S1                 |
| 14  | Noria           | C3 - S1                 |
| 15  | Pozo            | C2 - S1                 |

ID: número consecutivo de muestra, Infraestructura: es el tipo de muestra y clasificación Riverside.

como la letra C, y menores a 1 RAS, para el pozo 10, que sobrepasó los niveles de conductividad eléctrica y también quedó fuera de los niveles de Ras, se tomó la decisión de un nuevo grupo, como C5, a valores mayores de 5,000 microsiemens, y ubicándolo con un Ras de S3.

En la Figura 3 se observa la distribución espacial de las muestras (norias, manantiales y pozos), de acuerdo con la clasificación de Riverside.

**Wilcox**

Según la metodología de Wilcox (Figura 4), las muestras identificadas

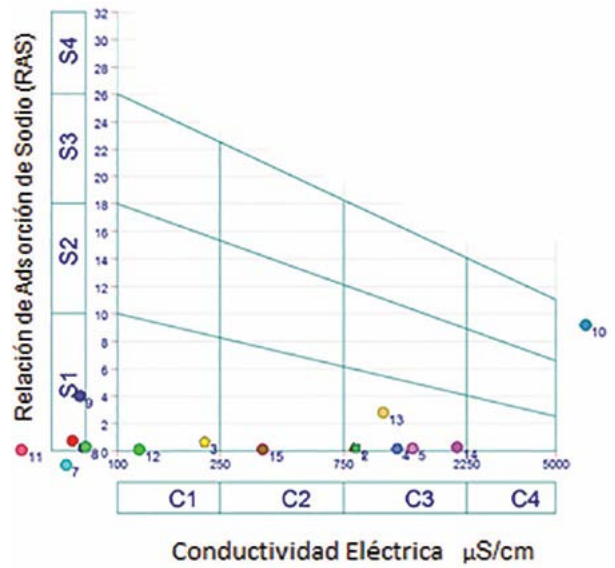


Figura 2. Calidad de Agua para Riego según Riverside.

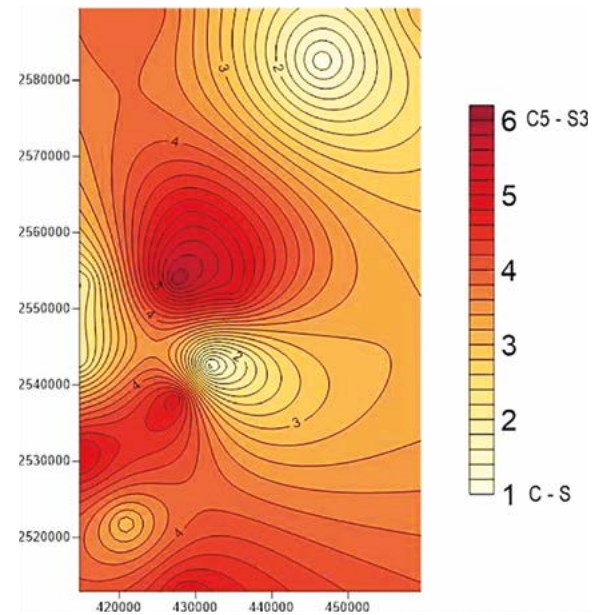


Figura 3. Distribución de las Muestras.

con los números 15, 12, 11, 9, 8, 6 y 3 presentaron una clasificación excelente para uso como agua de riego; asimismo, 13, 5, 4, 2 y 1 mostraron agua de buena calidad. La 14 y la 10 tuvieron calidad mediocre a dudosa, por lo cual no se recomienda su uso agrícola, debido a alto contenido de sodio, que puede provocar disminución de adsorción de agua por la planta, afectando a su vez la estructura del suelo.

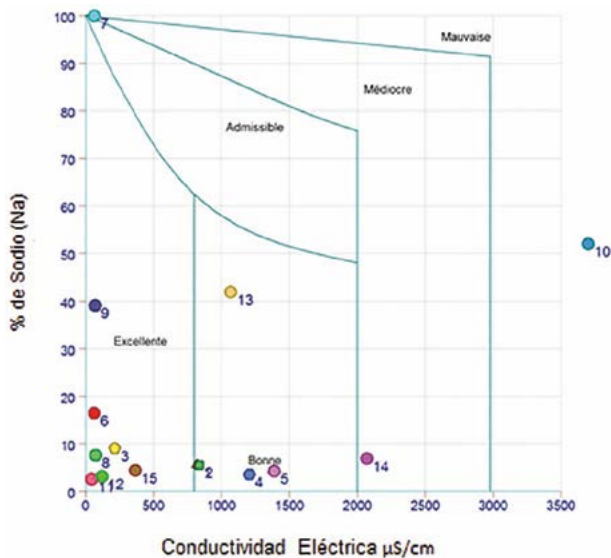


Figura 4. Diagrama de calidad de agua de riego, según Wilcox.

Los elementos mayoritarios registrados en las muestras de agua subterránea correspondieron a los aniones: nitratos, bicarbonatos, amoníaco y el ion cloro (Figura 5), y que el pozo número 10, tuvo una concentración más alta de sulfato y ion cloro. Asimismo, en la Figura 6 se observa la muestra número 10; es la que tiene mayor presencia de sodio, magnesio y calcio (cationes), determinando que las altas concentraciones de agua de riego generan peligrosidad sódica que puede perjudicar al suelo, volviéndose impermeable, llegando a ser difícil de cultivar (Douchafour, 1984).

## CONCLUSIONES

De acuerdo con las normas Riverside, 46.6% de las muestras son agua de buena calidad y recomendable para uso agrícola, siempre y cuando se intercalen lavados al suelo. Asimismo, 6.66% requiere riegos al suelo más ocasionales, limitando el uso del agua tipo C3-S1, (40%) debido al peligro de salinidad que representa, debiendo tener en cuenta que si es utilizada deberá elegirse adecuadamente el tipo de cultivo. Según la metodología de Wilcox (1948), 46.6% de las muestras es de excelente calidad, concordando con los resultados de peligro de salinización de Riverside. Igualmente, las muestras 10 y 14 indicaron que se trata de agua de tipo mediocre a dudosa, obteniendo resultados similares con normas Riverside en la que las clasifica como con un grado alto de peligro de alcalinización al suelo, indicando que la muestra número 10 tiene las concentraciones más altas de los iones sodio, calcio, sulfato, por lo cual se tendrá que elegir un cultivo resistente a la salinidad alta.

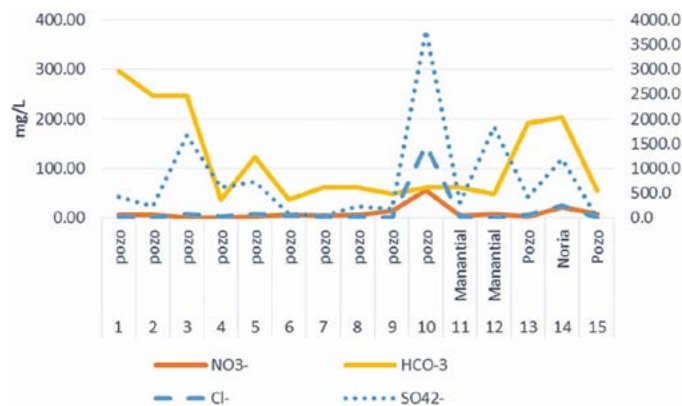


Figura 5. Composición Química de agua subterránea (aniones).

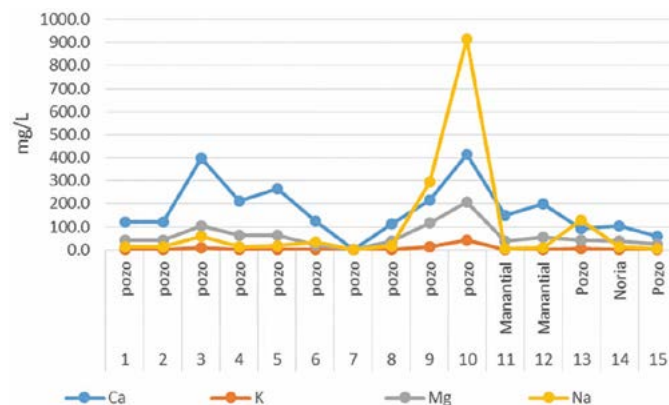


Figura 6. Composición química del agua subterránea (cationes).

## LITERATURA CITADA

Ayers R. S., Westcot, D.W. 1987. La calidad del agua y su uso en la agricultura (81 pp.). Estudio FAO Riego y Drenaje 29, Rev. 1. Roma: FAO.

Comisión Estatal del Agua de Tamaulipas, 2015. Región hidrológica 37 el salado. Páginaweb: <http://ceat.tamaulipas.gob.mx/wpcontent/uploads/2015/11/Cuencahidrol%C3%B3gica-37.pdf>.

Comisión Estatal del Agua de Tamaulipas, (CEAT). 2015. Región hidrológica, 26 Rio Panuco. Página web <http://ceat.tamaulipas.gob.mx/wpcontent/uploads/2014/09/Regi%C3%B3n-Hidrol%C3%B3gica-26 P%C3%A1nuco.pdf>.

Comisión Nacional del Agua. (CNA). 2013. Atlas del Agua en México. 144 p.

Comisión Nacional del Agua. (CNA). 2015. Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Palmillas-Jaumave estado de Tamaulipas.

Comisión Nacional del Agua. (CNA). 2015. Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Tula - Bustamante, estado de Tamaulipas.

Consejo de Cuenca del Altiplano. (2010). Ficha Técnica de la Cuenca del Altiplano. 53 p.

Douchfour, P. (1984). Edafogénesis y clasificación. Barcelona: Masson, 450 p

Gómez L. M. (2009). Definición de la Aptitud de Agua para Riego en una Agroecosistema del sur de la provincia de Cordova, Argentina. Investigación y Ciencia, número 45, de la Universidad Autónoma de Aguascalientes. 38-43 p.

- Grattan S. 2006. Irrigation Water Composition and Salinization. IN B.R. Hanson, S. R. Grattan & A. Fulton (Eds). Agricultural Salinity and Drainage (pp. 5-6). Water
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. (INEGI). (2010). Información Nacional, por Entidad Federativa y Municipios. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=28>
- Korzeniowska J. 2008. Response of Ten Winter wheat Cultivars to Boron Foliar Application in a Temperate Climate (South-West Poland). *Agronomy Research*, 6(2), 471-476.
- Mazari H.M. 2003. El agua como Recurso. ¿Cómo ves? Índice 54 10-12.
- Moya T.J. 2009. Riego localizado y fertirrigación. 4ª ed. Editorial Mundo-Prensa. Madrid, España.
- Nishanthiny S.C., Thushyanthy M., Barathinathan T., Saravanan S. 2010. Irrigation Water Quality Based on Hydro Chemical Analysis, Jaffna, Sri Lanka. *American-Eurasian J. Agric. Environ. Sci.*, 7(1), 100-102.
- Rashidi M., Seilsepour M. 2011. Prediction of Soil Sodium Adsorption Ratio Based on Soil Electrical Conductivity. *Middle-East Journal of Scientific Research*, 8(2), 379-383.
- Servicio Geológico Mexicano. SGM. 2006. Carta geológico-minera estado de Tamaulipas. Servicio Geológico Mexicano. México. 1 p.
- United States Salinity Laboratory Staff. (1954). Soil and Water Conservation Research Branch. Agricultural Research Service. Ed. L.A. Richards. *Agriculture Handbook* n. 60.
- Wilcox L.V. 1948. The Quality of Water for Irrigation. *Tech. Bulletin* 962. Washington, D.C. Department of Agriculture. 40 p.



# CALIDAD DE LOS FRUTOS DE *Pouteria sapota* (Jacq.) Moore & Stearn Y TOLERANCIA AL AIRE CALIENTE FORZADO HÚMEDO

QUALITY OF THE FRUITS OF *Pouteria sapota* (Jacq.) Moore & Stearn AND TOLERANCE TO FORCED HUMID HOT AIR

Ariza-Flores, R.<sup>1</sup>, Michel-Aceves, A.<sup>2\*</sup>, Barrios-Ayala, A.<sup>1</sup>, Otero-Sánchez, M.A.<sup>2</sup>, Espinosa-Paz, N.<sup>3</sup>, Avendaño-Arrazate, C.H.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Iguala, Gro. <sup>2</sup>Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, Iguala, Gro., México. <sup>3</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Ocozocoautla, Chiapas, <sup>4</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Tuxtla Chico, Chiapas.

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

## RESUMEN

Los frutos de sapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H.E. Moore & Stearn) son altamente climatéricos, maduran rápido y son expuestos a daños por microorganismos. Con el fin de tener alternativas para controlar la mosca de los sapotes, se evaluó la aplicación de atmósferas controladas de aire caliente forzado húmedo en frutos de sapote, determinando la tolerancia sin perjudicar calidad y vida de anaquel. Los frutos fueron tratados con aire caliente forzado húmedo a 43, 46 y 50 °C y 90% de HR a diferentes tiempos de exposición; inmediatamente, enfriados con agua a temperatura ambiente y almacenados por 15 días a 10 y 25 °C. Los frutos más dañados en el mesocarpio fueron a 50 °C/120 min y mostraron una maduración irregular, le siguieron a 46 °C/ 180 min; y los menos afectados fueron a 43 °C/120 min y los testigos o sin aplicación. Los frutos a 25 °C alcanzaron su madurez de consumo a los ocho días. Los tratados con aire caliente forzado perdieron más peso y mostraron menos firmeza; asimismo, el color del mesocarpio fue disminuyendo en luminosidad (L\*), croma (C\*) y ángulo de matiz (h\*), fueron de color rosa al inicio y cambiaron a rojo-anaranjado a madurez de consumo y por último fueron cafés a los 15 días. Los frutos a 10 °C se mantuvieron con cambios ligeros en firmeza, pérdida de peso y mayor vida de anaquel; sin embargo, el color del mesocarpio fue oscuro a los 15 días a 50 °C/120 min. Los frutos sin daños y que mantuvieron calidad fueron los expuestos a 43 °C/120 min y almacenados a 25 y 10 °C; sin embargo, mostraron diferencias por efecto de ambas temperaturas de almacén, las cuales fueron registradas a los 8 y 15 días del almacenamiento.

**Palabras clave:** Zapote mamey, atmósfera controlada, postcosecha.

Agroproductividad: Vol. 11, Núm. 1, enero, 2018. pp: 62-71.

Recibido: octubre, 2017. Aceptado: diciembre, 2017.



## ABSTRACT

Mamey sapote (*Pouteria sapota* (Jacq.) H.E. Moore & Stearn) fruits are highly climacteric, mature rapidly, and are exposed to damage from microorganisms. With the aim of having alternatives to control the sapote fly, the application of controlled atmospheres of forced humid hot air in sapote fruits was evaluated, defining the tolerance without being harmful to the quality and shelf life. The fruits were treated with forced humid hot air at 43, 46 and 50 °C, and 90% of HR at different times of exposure; immediately, cooled with water at room temperature and stored for 15 days at 10 and 25 °C. The most damaged fruits in the mesocarp were at 50 °C/120 min and the controls or without application. The fruits at 25 °C reached their maturity for consumption after eight days. The ones treated with forced hot air lost more weight and showed less firmness; also, the color of the mesocarp decreased in luminosity (L\*), chrome (C\*), and hue angle (h\*), went from pink color at the beginning and changed to red-orange at maturity for consumption and lastly were brown after 15 days. The fruits at 10 °C were kept with slight changes in firmness, loss of weight and longer shelf life; however, the color of the mesocarp was dark after 15 days at 50 °C/120 min. The undamaged fruits and which maintained quality were the ones exposed to 43 °C/120 min and stored at 25 and 10 °C; however, they showed differences from the effect of both temperatures of storage, which were recorded after 8 and 15 days of storage.

**Keywords:** Mamey sapote, controlled atmosphere, post-harvest.

se almacena a temperaturas menores a 10 °C, que aumentan con el tiempo de almacenamiento e incluyen manchas cafés en la cáscara, y sabores desagradables (Kader, 1992; Díaz *et al.*, 2000). La maduración del fruto se asocia con el ablandamiento de la pulpa y presenta un aumento en el contenido de sólidos solubles totales de 30%, así como un cambio en el color de la pulpa de amarillo a rojo (Díaz *et al.*, 2000). Sin embargo, el fruto se ha estudiado poco conforme a sus características fisiológicas, físicas y bioquímicas (Alia *et al.*, 2007). Desde hace varios años se han desarrollado los tratamientos cuarentenarios para el control de o erradicación de plagas y enfermedades en postcosecha de los frutos de un producto hortofrutícola en estado fresco, los cuales incluyen la aplicación de fumigantes, irradiación, almacenamiento en frío o bajas temperaturas, inmersión en agua caliente, aire caliente, atmósferas controladas, y la combinación de estos tratamientos (Rahman *et al.*, 1990), que representan un factor importante en el mercado internacional. Los tratamientos térmicos incluyen agua caliente, vapor húmedo y aire caliente forzado (Lurie, 1998), no son dañinos para el consumidor y en algunas ocasiones sustituyen a los tratamientos químicos. En postcosecha, los tratamientos térmicos se usan para desinfectar y desinfectar productos (Paull, 1994). El agua caliente se usó originalmente para el control de hongos, pero se ha extendido hacia el control de insectos. El vapor caliente fue desarrollado específicamente en el control de insectos, mientras que el aire caliente se ha usado para ese control y estudiar la respuesta de los productos a altas temperaturas (Lurie, 1998). El vapor húmedo es un método de calentamiento del fruto con el vapor

## INTRODUCCIÓN

**El sapote mamey** (*Pouteria sapota* H. E. Moore & Stearn) es originario de las tierras bajas del sur de México y América Central (Azudia, 2006). En México se ha extendido en los estados de Guerrero, Tabasco, Chiapas, Veracruz, Yucatán y Morelos. Los frutos se han visto afectados principalmente por la corta vida de anaquel, daños por frío y ataques de microorganismos e insectos como la mosca de los sapotes [*Anastrepha serpentina* (Wiedemann)] (Alia *et al.*, 2007), los cuales ocasionan una disminución en el aspecto y la calidad de los frutos, con pérdidas de 20% a 30% en la producción, que ocurren por los tipos de almacenamiento, que reducen la respiración y pérdida de agua, rápida maduración y crecimiento de hongos que infectan, tales como *Botryodiplodia*, *Phytophthora*, *Pestalotiopsis* y *Phomopsis* (Siddiqui y Dua, 2006). El fruto es considerado exótico, de forma ovoide a elipsoidal, de 7 a 25 cm de largo, y de 10 a 15 cm de diámetro; su cáscara es delgada, de color café claro y textura rasposa. La pulpa del fruto maduro es blanda y suave, de colores rosa salmón, naranja, rojo o café-rojizo; es dulce, con delicioso sabor ligero a calabaza ligeramente almendrada, baja en fibras y textura cremosa (Yahia, 2001). El peso del fruto varía de 0.3 a 3 kg y contiene una o varias semillas largas elípticas y brillantes, duras, de color café, con un ligero hiliun en la parte ventral (Alia *et al.*, 2007). El fruto es de tipo climatérico, con un rango de respiración de 25 a 35  $\text{ML CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ , y se cosecha cuando la pulpa se torna rojiza; es uno de los que más produce etileno, con más de 100  $\mu\text{L kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$  a 20 °C (Alia *et al.*, 2007). Es sensible a daños por frío cuando

de agua a temperaturas que varían de 40 °C a 50 °C, con fines de control de estados inmaduros de varios insectos (Shellie y Mangan, 1994), que de manera comercial opera en varios países, principalmente para uso en frutos tropicales (Paull, 1994). Esta tecnología se puede aplicar en combinación con otras técnicas de control de insectos en postcosecha, en especial como una gran opción para el combate de moscas de la fruta; sin embargo, es necesario explorar las temperaturas para no dañar la calidad de los frutos. El tratamiento con aire caliente forzado poco se ha explorado su potencial, ya que existe el concepto de que afecta la fisiología de los frutos; sin embargo, su uso es factible para el control de insectos y prevenir la invasión de hongos. Además, se justifica en combinación con otros tratamientos y los hace eficientemente rentables. Las atmósferas controladas insecticidas también funcionan cuando se aplican en combinación con las altas temperaturas, a concentraciones de O<sub>2</sub> muy bajas (<1 %) y de CO<sub>2</sub> muy altas (≥ 50 %), las cuales aceleran la mortandad de los insectos (Yahia, 1998; Yahia, 2006). El aire caliente forzado está considerado como una alternativa de tratamiento cuarentenario por periodos cortos de exposición, pero algunas especies de frutos no toleran tales tratamientos, por lo que es necesario conocer las bases de sensibilidad y tolerancia de los frutos a estas atmósferas. Jitthum *et al.* (2002) observaron que los frutos de sapote mamey incubados a 35 °C por 12 h con aire caliente y después sumergidos en CaCl<sub>2</sub> al 5% por 30 min disminuyeron los daños por frío, se reduce la respiración y producción de etileno y actividad de ACC oxidasa, después de 40 días de almacenamiento. El objetivo del presente trabajo fue determinar la tolerancia de los frutos de sapote mamey al tratamiento térmico con aire caliente forzado húmedo sin afectar calidad y vida de anaquel, para que se dirija hacia una posibilidad de control de la mosca de la fruta.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los frutos se obtuvieron del huerto comercial de San Martín, Quechultenango, Guerrero, México, de las cosechas de marzo a mayo en la etapa de madurez fisiológica de mínimo climatérico y de color rosa-anaranjado en la pulpa. Para su estudio fueron trasladados al Laboratorio de Fisiología y Bioquímica en Poscosecha de Frutos del Departamento de Investigación y Postgrado en Alimentos, de la Facultad de Química en la Universidad Autónoma de Querétaro, por lo que se estudió la tolerancia de los frutos al aire caliente forzado para determinar su calidad y efecto en los frutos.

## Calidad de los frutos

Los frutos se seleccionaron por tamaño y apariencia uniforme; se formaron lotes homogéneos con un número de 48 frutos, a los cuales se aplicaron los tratamientos con aire caliente forzado y 90% de humedad relativa en la cámara hermética mezcladora de gases de flujo continuo ligero a temperaturas de 50, 46 y 43 °C, medidas con termopares en cuatro partes, por tiempos de exposición de 120, 150 180 min, por lo que los dos primeros miden las temperaturas del aire en la cámara: 1) Entrada del aire caliente a la cámara y estandarizado a la temperatura deseada los cinco minutos; 2) Salida del aire de la cámara y estandarizada a la temperatura deseada a los 10 min, mientras que los otros dos termopares miden las temperaturas en los frutos de la manera siguiente: 3) Mesocarpio 1 (ligeramente pegado a la cáscara); estas fueron aumentando hasta los 30 min de exposición y se estandarizó la temperatura, y 4) Mesocarpio 2 (centro del fruto); fue más lento el incremento de temperatura, la cual se estandarizó una vez transcurridos en más de la mitad de los tratamientos aplicados para cada uno de los tiempos de exposición, por lo que las gráficas de temperaturas mostraron tendencias semejantes. También se dejó un mismo número de frutos para el tratamiento del testigo (sin aplicación de aire caliente o control); asimismo, 10% de los frutos fueron seleccionados para realizar los análisis de calidad como la evaluación de los cero días (d).

Después del tratamiento térmico los frutos fueron puestos en agua a 20 °C por 30 min para bajar la temperatura. Posteriormente fueron almacenados a 10 °C y 25 °C, para realizar los análisis de calidad a cada una de las muestras de ocho frutos de cada temperatura de almacenamiento a los 8 y 15 d de almacenamiento. Las evaluaciones fueron características físicas, fisiológicas y de sanidad:

1) Sanidad. Se evaluaron los daños internos en el mesocarpio con la escala de 1 a 5 (1=sin daños; 2=1 a 10% de oscurecimiento en los haces vasculares y pulpa; 3=11 a 25% de oscurecimiento en los haces vasculares y pulpa poco oscura; 4=26 a 40% de oscurecimiento en los haces vasculares, y pulpa con 5% de daños por hongos; y, 5=≥41% de oscurecimiento de los haces vasculares y con más de 5% infectado con hongos en la pulpa).

2) Físicas. Estos consistieron en la determinación de la pérdida peso, firmeza y color de la pulpa, 2.1. Pérdida de peso (%), medida con la balanza analítica y obteni-

da por diferencia de pesos del inicio y de la fecha de muestreo. Para las determinaciones de la firmeza y color se removieron ligeramente tres partes de la cáscara o epicarpio del fruto, de 3 cm<sup>2</sup> cada una, por lo que se procedió a las mediciones de 2.2. Color del mesocarpio (pulpa), medido por triplicado con un Hunter Lab (Minolta, mod. CM-2002) mediante los valores de L\*, a\*, b\*, Croma (C\*) y ángulo de hue (h\*); 2.3. Firmeza del mesocarpio, determinado en Newtons (N) y medida por triplicado con un texturómetro Instron Universal (mod. TA-XT2), con el puntal de 4 mm de diámetro y de 8 mm de profundidad en la pulpa;

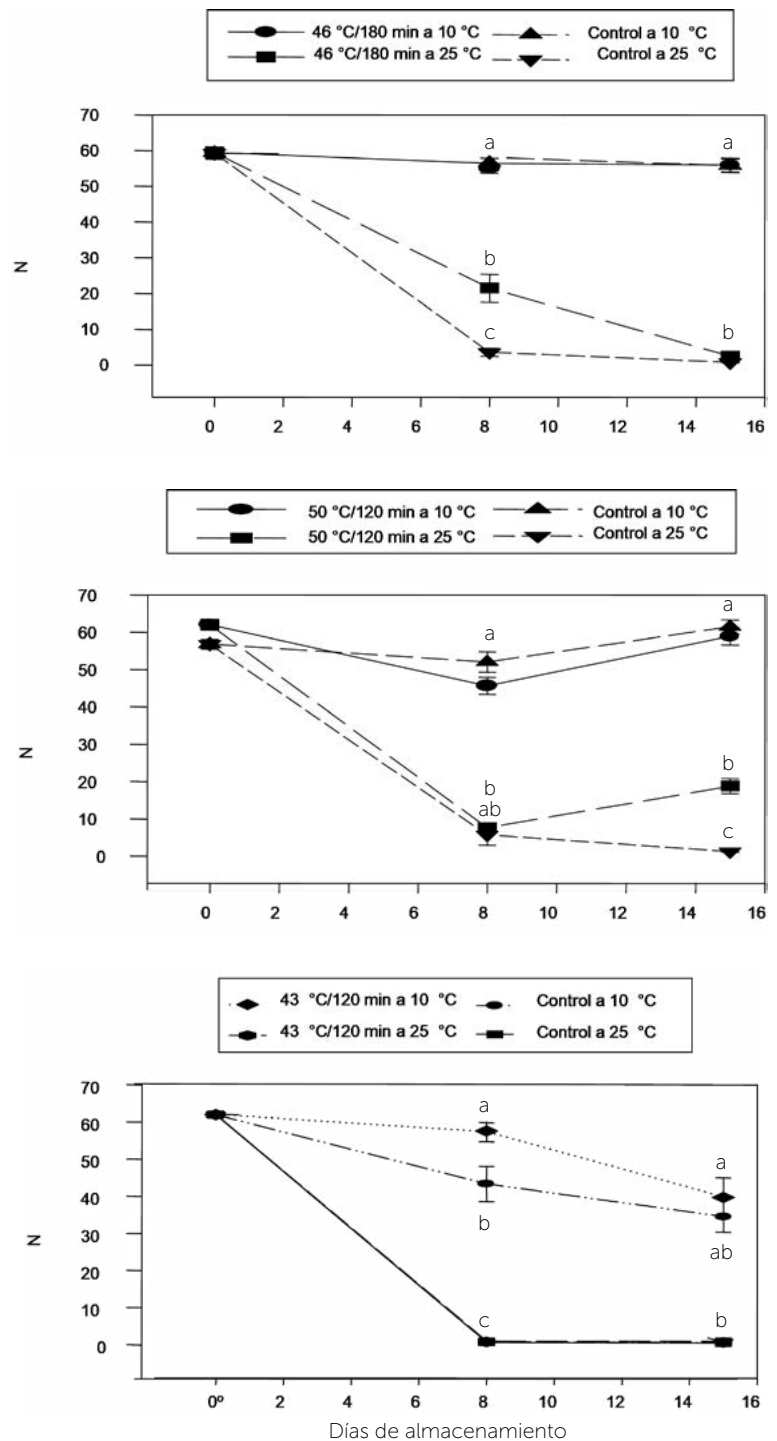
3) Fisiológicos, consistieron en determinar la maduración de frutos, misma que fue evaluada al tacto con la escala de 1 a 5 (1=muy duro; 2=duro; 3=moderadamente duro; 4=blando; y, 5=muy blando). Los resultados de las variables fueron analizados (SAS, 2009) mediante pruebas de análisis de la varianza, de comparación de medias de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) y representados en figuras con los valores medios y barras presentando al error estándar.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados demostraron diferencias significativas entre tratamientos y sobre todo por el tipo de sistema de almacenamiento (Tukey,  $p \leq 0.01$ ) y de todas las variables evaluadas.

**Firmeza del mesocarpio:** disminuyó considerablemente en los frutos mantenidos a 25 °C, ya que de 60 N cm<sup>-2</sup> que presentaron al inicio bajaron a menos de 20 N cm<sup>-2</sup> en el octavo día (d) de almacenamiento en los tratamientos a 46 °C/180 min, 50 °C/120 min y de 43 °C/120 min; de los frutos testigo (sin aplicación) casi fueron de 0 N cm<sup>-2</sup> a los 15 d de almacenamiento, como se muestra en la Figura 1 (A, B y C). A 10 °C los cambios en la firmeza de los frutos fueron muy bajos, ya que se mantuvieron hasta 55 N cm<sup>-2</sup> durante los 15 d de almacenamiento. Existen diferencias en la firmeza de los frutos ( $P > 0.01$ ) entre ambos sistemas de almacenamiento a los 10 y 25 °C. Estas fueron disminuyendo durante el periodo de almacenamiento. Los frutos almacenados a 25 °C coincidieron en la pérdida de firmeza a los 8 y 15 d del almacenamiento en todos los tratamientos, que se mostraron muy blandos a los 15 d.

Los frutos a 46 °C y 50 °C presentaron mayor firmeza; asimismo, ocurrió en el tratamiento de 43 °C/120 min. Esto indica que los frutos a altas temperaturas y períodos largos de exposición al aire caliente se ven favorecidos con mayor firmeza, ya que ocurre una pérdida de agua por la evapotranspiración y efecto de la aplicación del



**Figura 1.** Firmeza (N) del mesocarpio de los frutos de sapote mamey expuestos en aire caliente forzado y almacenados a 10 y 25 °C. A. 46 °C, B. 50 °C, C. 43 °C. Los valores medios y barras presentan el error estándar; con letra igual no es significativo (Tukey > 0.01).

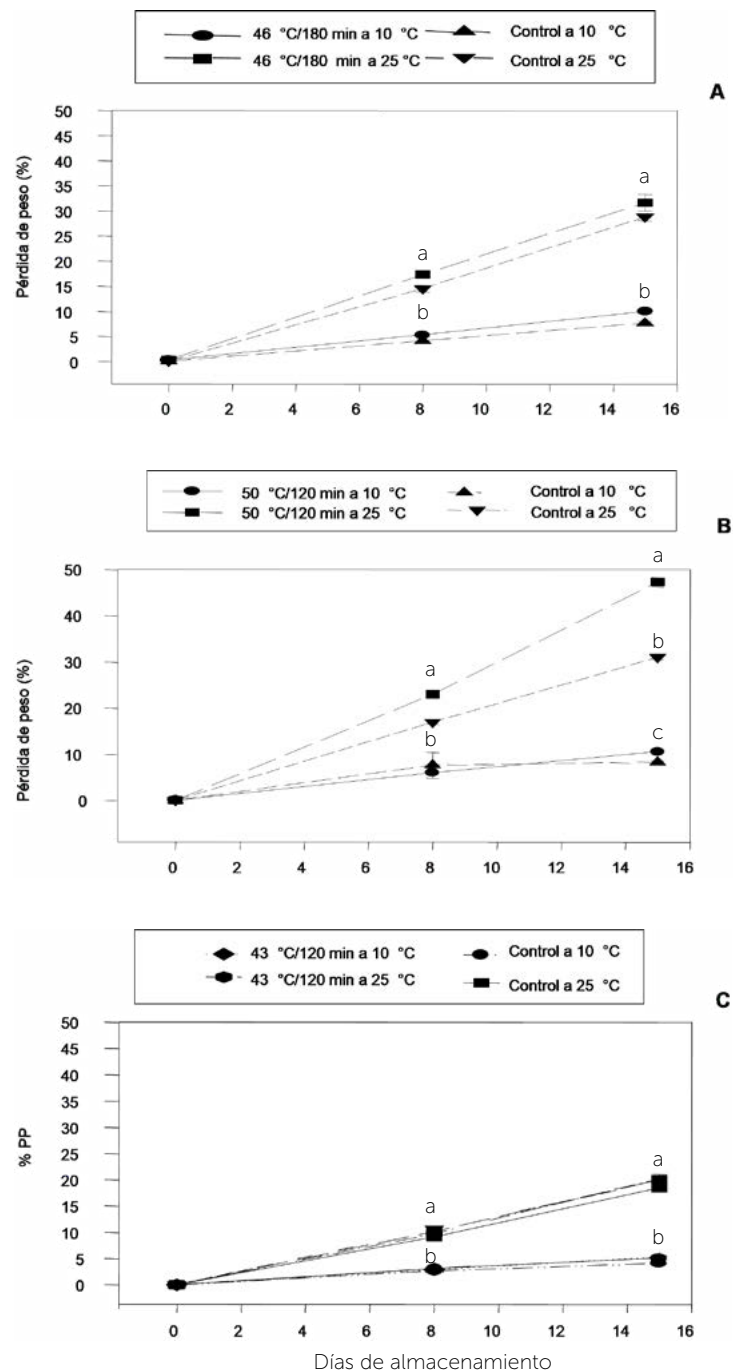
aire caliente forzado. En mango 'Manila' ocurrieron resultados similares (Yahia y Ortega, 2000). Los tratamientos térmicos ayudan a prolongar el período de vida de anaquel en los frutos cosechados en madurez fisiológica, así como en los de madurez de consumo. Los frutos expuestos a 25 °C tienen procesos de ablandamiento rápidos (8 d) por los cambios acelerados que se presentan en la síntesis de las enzimas pectinmetilesterasa y poligalacturonasa de la pared celular (Brownleader *et al.*, 1999; Arenas *et al.*, 2001; Alia *et al.*, 2005a). Asimismo, hay un efecto de los tratamientos térmicos en el endurecimiento de la pared celular por la mejor condensación del agua, resultando como alternativa en la prolongación de la vida del anaquel (Yahia y Ariza, 2001).

**Pérdida de peso;** fue mayor en los frutos mantenidos a 25 °C y ocurrió después de los tratamientos térmicos con una pérdida de peso de 1.0, 2.0 y 3.0% por día a 43, 46 y 50 °C, mientras que en los testigos presentaron 1.0%, los cuales fueron muy similares con los frutos a 43 °C durante los 15 d de almacenamiento. Por lo tanto, la mayor pérdida de peso ocurrió en los frutos tratados a 50 °C/180 min, los cuales son menos apreciables para el consumidor; a 43 °C/120 min la pérdida fue baja y conservaron las características adecuadas de calidad hasta los ocho días de almacenamiento. Esto se mostró similar en los frutos del testigo, que fueron ligeramente bajas, así como se muestra en la Figura 2 (A, B y C). La pérdida de peso a 25 °C se incrementa por el proceso fisiológico de los frutos de sapote mamey, ya que son altamente climatéricos (Díaz *et al.*, 2000; Alia *et al.*, 2007), lo cual acelera el proceso de maduración y disminuye la vida del producto.

Los frutos almacenados a 10 °C mostraron una pérdida de peso por día de 0.35, 0.6 y 0.6% a 43, 46 y 50 °C, respectivamente, mientras que en el caso de los del testigo fue muy similar a los tratados con aire caliente forzado húmedo y fueron más bajas a 43 °C con respecto a su peso inicial durante los 15 d de almacenamiento. Los frutos a 43 °C y almacenados a 25 °C no presentaron cambios drásticos en apariencia física del peso y mostraron mejor aceptación para el consumidor hasta los ocho días de almacenamiento; después fueron perdiendo esa cualidad y se tornaron no aptos para el consumo. Estos últimos resultados coinciden con los reportados por Díaz *et al.* (2000). Las pérdidas

de peso en los frutos con aire caliente de temperaturas superiores a 43 °C estuvieron influenciadas por una mayor transpiración o condensación del agua, como efecto de los tratamientos físicos (Yahia y Ariza, 2001), pero favorecieron a una mayor vida de anaquel.

**Color del mesocarpio;** los frutos mostraron cambios en el color de la pulpa en L\*, C\* y hue angle (ángulo

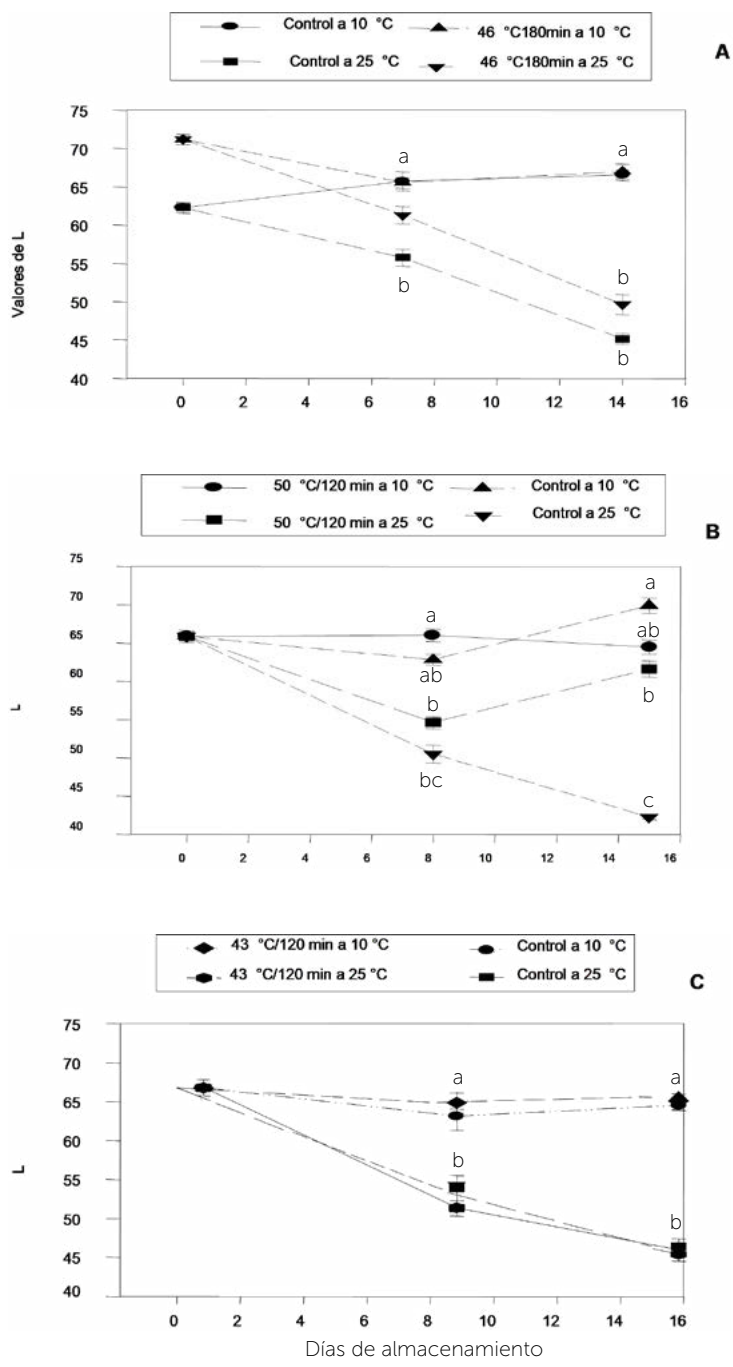


**Figura 2.** Pérdida de peso (%) de los frutos con aplicación de tratamientos térmicos. A. 46 °C, B. 50 °C, C. 43 °C. Las líneas de las figuras con los valores promedios y barra del error estándar, con letra igual no es significativo (Tukey, p>0.01).

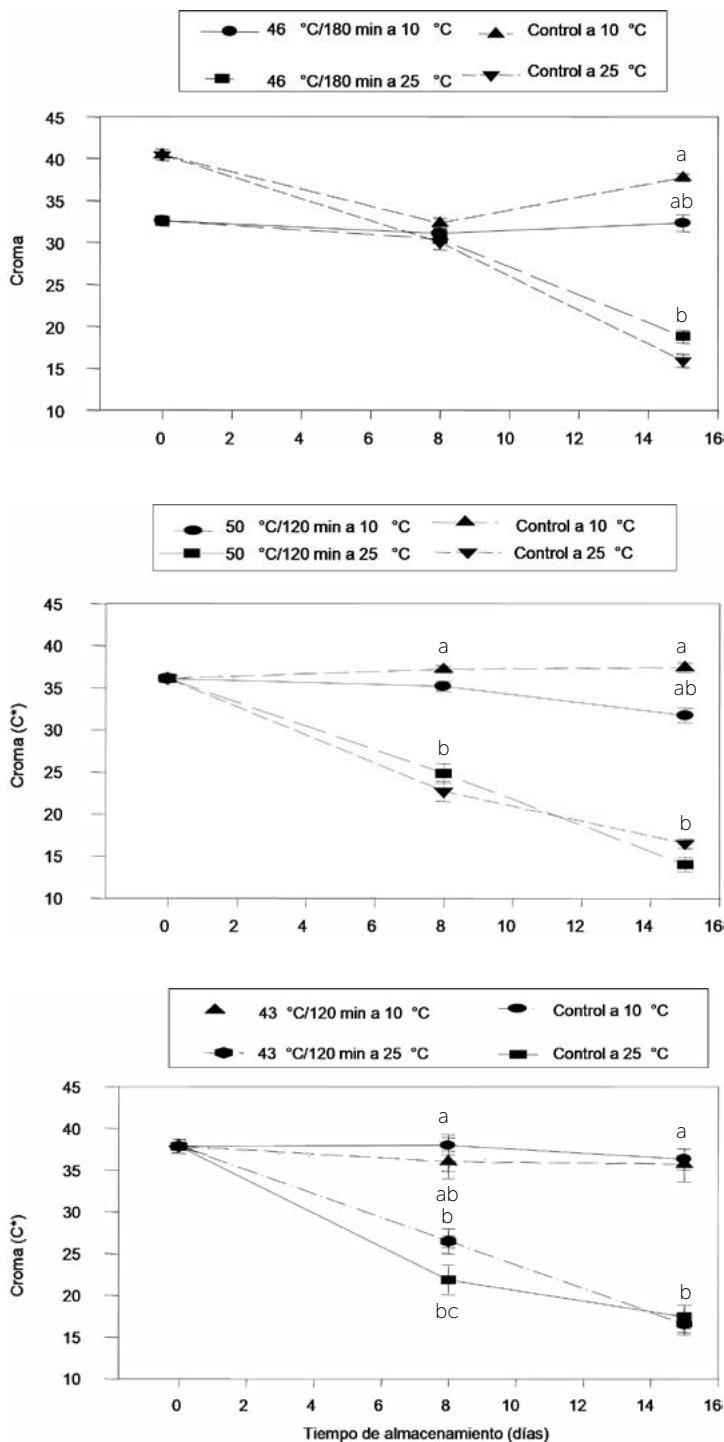
de matiz o  $h^*$ ) que fueron de rosa-anaranjado en la madurez fisiológica a un naranja a rojo en madurez de consumo por la síntesis de carotenoides, mientras que fueron oscuros al final del almacenamiento. La luminosidad ( $L^*=67$ ) fue disminuyendo en los frutos almacenados a 25 °C por el obscurecimiento (color café) gradual de la pulpa ( $L^*=55$  a 51) a los 8 d en

madurez de consumo y ( $L^*=45$  a 42) a los 15 d a un café oscuro en la sobre maduración. Los frutos menos afectados fueron a 50 °C y los más oscuros son los de 43 °C y del testigo, que se debieron a las altas concentraciones de compuestos fenólicos (Figura 3 A, B, C). Hubo diferencias entre tratamientos térmicos y tiempos de exposición ( $P>0.01$ ) y entre las fechas de muestreo ( $P>0.01$ ), así como del ángulo de matiz  $h^*$  ( $P>0.05$ ). Por lo tanto, los tratamientos térmicos altos, pueden afectar severamente a los frutos, de tal manera que no puedan servir para el consumo y comercialización. Los resultados coinciden con los reportados por Alia *et al.* (2005b). Sin embargo, los frutos mantenidos a 10 °C mostraron cambios mínimos en la luminosidad ( $L^*$ ), ya que se afectaron poco por los tratamientos térmicos; los cambios fueron más drásticos en los frutos testigo y mostraron diferencias entre tratamientos térmicos, sobre todo los más afectados fueron en los frutos a 50 °C/120 min. Estos cambios fueron menores o nulos en los frutos a 43 °C/120 min. En croma ( $C^*$ ), los frutos a 25 °C mostraron un índice de color de la pulpa ( $C^*=37$ ) en el inicio de rojo anaranjado; esto disminuyó a  $C^*=23$  a 29 con un color ligeramente oscuro en los testigos. De 43 °C y hasta 50 °C a los 8 d, siendo mayores a temperaturas altas (Figura 4.A, B, C), y fueron invertidos de  $C^*=19$  a 15 en los mismos tratamientos, que terminaron muy oscuros a los 15 d de almacenamiento; por lo que mostraron diferencias estadísticamente entre tratamientos térmicos y fechas de muestreo ( $P>0.01$ ), mientras que los frutos a 10 °C no mostraron cambios de color y la variación entre tratamientos fue baja. Esto demostró que los frutos en madurez de consumo se favorecen y no fueron afectados drásticamente al tratamiento térmico de 43 °C, comparados con los testigos. Las tendencias de los valores de  $C^*$  son similares a los reportados por Díaz *et al.* (2000).

Con el valor de  $h^*=56$  en el inicio indica un color rosa-amarillo; los cambios muy ligeros se mostraron solamente a los 8 y 15 d de almacenamiento en los frutos a 10 °C con tratamientos físicos y los testigos (Figura 5. A, B, C). Los cambios altos se mostraron en los frutos almacenados a 25 °C, con un valor de  $h^*=35$ , 40, 49 en los del testigo, así como a 43 °C y 46 °C para los 8 d en los de madurez de consumo



**Figura 3.** Luminosidad ( $L^*$ ) de color del mesocarpio de los frutos tratados con aire caliente forzado. Las figuras presentan a los tratamientos: A. 46°C/180 min, B. 50°C/120 min, C. 43°C/180, 150 y 120 min, D. 45 y 43°C/120 min. Los puntos de las líneas son los promedios y las barras verticales muestran el error estándar, con letra igual no es significativo (Tukey,  $p>0.01$ ).

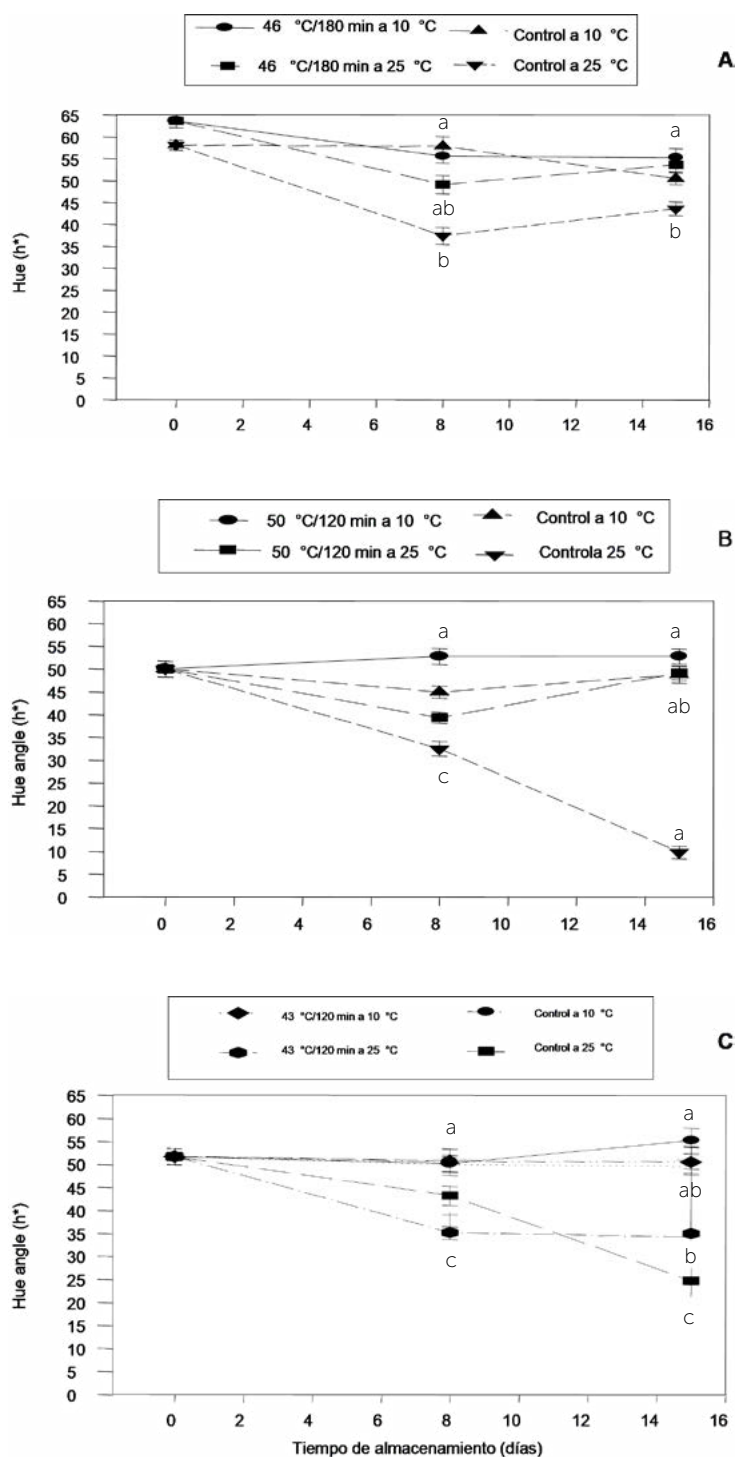


**Figura 4.** Cromo (C\*) de color del mesocarpio de los frutos tratados con aire caliente forzado y almacenados bajo dos temperaturas. Los puntos de líneas son promedios y las barras verticales muestran el error estándar (Tukey,  $p > 0.01$ ).

de color rojo a naranja, los cuales fueron diferentes estadísticamente a los de 50 °C/120 min ( $P > 0.01$ ), mientras que cambiaron a rojo intenso hasta los 15 d de almacenamiento en todos los tratamientos térmicos. La coloración del mesocarpio o pulpa cambia de rosa a naranja por la síntesis de  $\beta$ -caroteno o café

oscuro debido a la disminución en la síntesis de carotenoides (Díaz *et al.*, 2000; Alia *et al.*, 2007). Los valores de L\*, croma (C\*) y ángulo de matiz ( $h^*$ ) son los que arrojaron mayores cambios en la coloración de los frutos; sin embargo, los valores de  $a^*$  y  $b^*$  fueron interesantes en la interpretación de estos valores de color del mesocarpio, los cuales coinciden con los reportados por Díaz *et al.* (2000). Los cambios de la coloración de la pulpa se debieron a la aplicación de los tratamientos térmicos con altas temperaturas y los sistemas y tiempos de almacenamiento, por lo que presentaron diferencias estadísticamente ( $P > 0.01$ ).

**Daños en la pulpa.** Estos fueron más altos en los frutos tratados a 50 °C por 120 min y en ambos sistemas de almacenamiento. Asimismo, le siguieron a 46 °C/180 min a 25 °C, por lo que mostraron diferencias estadísticamente ( $P > 0.05$ ) e indicaron ser mayores; sin embargo, estos daños fueron menores o nulos a 43 °C/120 min, que fueron similares a los testigos (Figura 6 A, B y C). Los daños en los haces vasculares fueron de coloración muy oscura y con ligeras pudriciones de hongos que afectaron la calidad de la pulpa, de tal manera que se mostraron más oscuros y con mohos blancos a causa de *Pestalotia* sp. (Díaz *et al.*, 2000), por lo que fueron ocasionados por los efectos combinados de la baja temperatura en el almacén y de los tratamientos térmicos a altas temperaturas. Los frutos de sapote son severamente afectados por la síntesis de compuestos fenólicos y muy susceptibles a los daños por frío bajo el sistema de almacenamiento de temperaturas de refrigeración, ya que se trata de un frutal de tipo tropical (Saucedo *et al.*, 2001; Alia *et al.*, 2007); también se afectan por la oxidación de los carotenos presentes en la pulpa o mesocarpio (Bautista y Díaz, 1997). Los frutos a 50 °C/120 min fueron afectados entre la parte que conforma el epicarpio y mesocarpio; ahí se formaron huecos, se pusieron muy duros y no maduraron de manera normal. Los frutos dañados del testigo desprendieron olor fétido que pudiera ser un desarrollo de bacterias. Los frutos a 43 °C/120 min se mostraron sin daños y por consiguiente no se afectó la pulpa; por lo tanto, se considera como el mejor tratamiento térmico, ya que fue tolerado fácilmente por los frutos de sapote mamey.



**Figura 5.** Ángulo de matiz (h\*) de color del mesocarpio de los frutos, tratados con aire caliente forzado a tres temperatura y almacenados a dos temperaturas. Los puntos de las líneas son promedios y las barras verticales muestran el error estándar, con letra igual no es significativo (Tukey, p>0.01).

**Madurez al tacto.** Los frutos mantenidos a 25 °C fueron más blandos en su textura que los almacenados a 10 °C de los diferentes tratamientos térmicos, por lo que mostraron diferencias estadísticamente (P>0.01); sin embargo, se observó que a 50 °C/120 min fueron más duros y maduraron irregularmente, comparados con

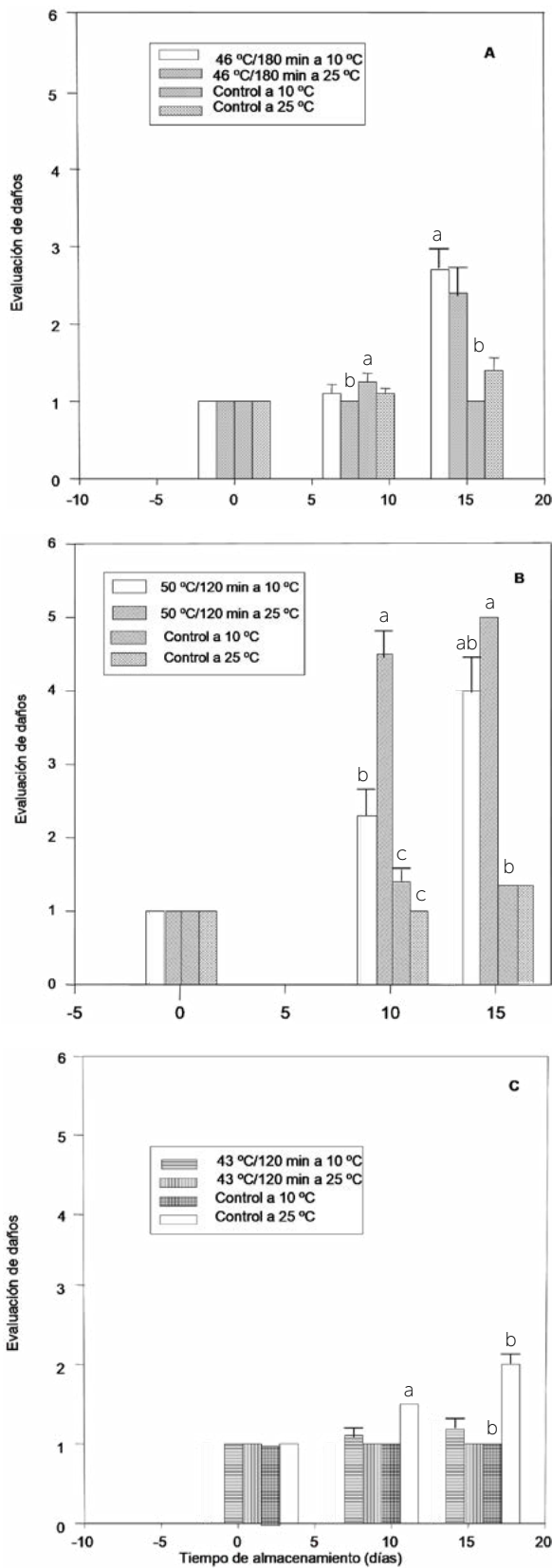
los frutos a 46 °C/180 min y 43 °C/120 min. Por lo tanto, se presentó una mayor condensación del agua, lo que favoreció a una mejor textura de los frutos (Yahia y Ariza, 2001) (Figura 7 A, B y C). Los cambios en la madurez fueron más evidentes para los frutos almacenados de 8 d y fueron drásticos en los del testigo, por lo que estuvieron muy blandos a los 15 d de almacenados a 25 °C, lo cual indica que los frutos de sapote mamey maduran fácilmente después de la cosecha (Arenas et al., 2001). Aquellos mantenidos a 10 °C no sufrieron cambios en la madurez. El ablandamiento se debió a la síntesis de las enzimas en la pared celular, tales como son poligalacturonasa y celulasa, que contribuyen a acelerar el proceso de maduración y senescencia (Brownleader et al., 1999; Arenas et al., 2001). Los efectos del aire caliente forzado húmedo en los frutos de sapote mamey, fueron a 50 °C/120 min y 46 °C/180 min; sin embargo, los del testigo fueron más afectados en prolongación de su vida de anaquel. Los frutos a 43 °C/120 min mantuvieron su calidad, toleraron al tratamiento de aire caliente forzado y, por ende, se mantiene la vida de anaquel.

### CONCLUSIONES

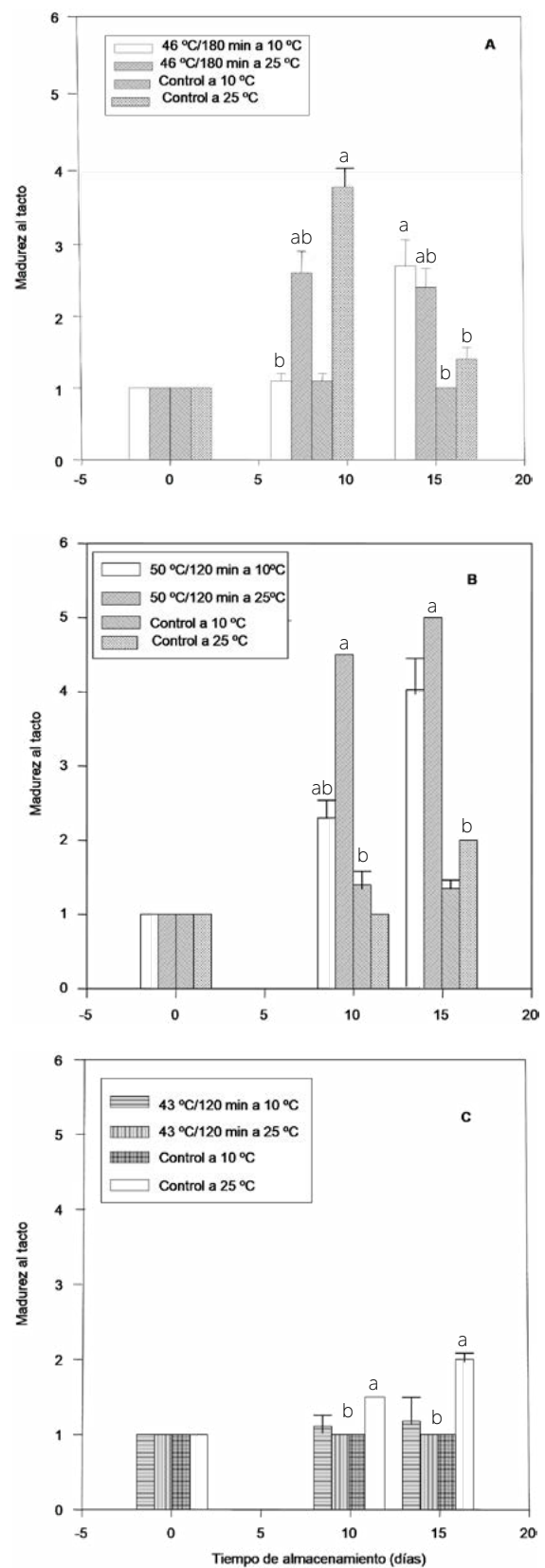
El mejor tratamiento térmico sin afectar a los frutos cosechados en la madurez fisiológica fue a 43 °C/120 min y mantiene la mayor vida de anaquel. Los mayores cambios en la pérdida de peso, firmeza y color se presentaron en los frutos almacenados a 25 °C, mientras que a 10 °C no fueron significativos. También, los frutos en madurez de consumo tratados a 43 °C/120 min no presentaron daños en la calidad de la pulpa, con respecto a los tratamientos de 46 °C por 120 min; sin embargo, estos últimos toleraron al tratamiento térmico y no afectaron la vida de anaquel. Los tratamientos térmicos ayudan a prolongar la vida de anaquel de los frutos, ya que los testigos se mostraron mas afectados, se ablandaron y tornaron rápidamente a senescentes; por lo tanto, se afectan en su fisiología.

### LITERATURA CITADA

Alia-Tejagal I., Colinas-León M. T., Martínez-Damián M. T., Soto-Hernández M. R. 2005a. Daños por frío en sapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn), I. Cambios en volátiles, firmeza y azúcares totales. Revista Fitotecnia Mexicana, 28:17-24.



**Figura 6.** Daños en los haces vasculares de la pulpa de los frutos de sapote mamey tratados con aire caliente forzado y almacenados a 10 y 25 °C. Las figuras presentan a los tratamientos: A. 46°C/180 min, B. 50°C/120 min, C. 43°C/180, 150 y 120 min. Los puntos de las líneas son los promedios y las barras verticales muestran el error estándar, con letra igual no es significativo (Tukey,  $p > 0.05$ ).



**Figura 7.** Evolución de la madurez al tacto de los frutos de sapote mamey, tratados con aire caliente forzado en tiempos de exposición diferentes y almacenados bajo dos temperaturas. Las figuras presentan a los tratamientos: A. 46°C/180 min, B. 50°C/120 min, C. 43°C/180, 150 y 120 min. Los puntos de las líneas son los promedios y las barras verticales muestran el error estándar; con letra igual no es significativo (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).



- Alia-Tejagal I., Colinas-León M. T., Martínez-Damián M. T., Soto-Hernández M. R. 2005b. Daños por frío en sapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn), I. Cambios en fenoles totales y actividad enzimática. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 28:25-32.
- Alia-Tejagal I., Villanueva R., Pelayo C., Colina-León M. T., López-Martínez V., Bautista S. 2007. Postharvest physiology and technology of sapote mamey fruit (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn). *Postharvest Biol. Technol.*, 45:285-297.
- Arenas, M.L., Evangelista L., Dávila O., Arana R., Jiménez A., Martínez V. 2001. Actividad de la pectinmetilesterasa y poligalacturonasa relacionadas con el ablandamiento del mamey *Pouteria sapota*. *Horticultura Mexicana*, 8(3):192.
- Azudia C. 2006. Tres especies de zapote en América tropical. Southampton, UK: Southampton Centre for Underutilised Crops, Universidad de Southampton.
- Bautista S., Díaz J.C. 1997. Evaluation of postharvest diseases in sapote mamey *Pouteria sapota* from Coatlán del Río, Morelos, México. *Hortic. Mex.* 5 (1), 168.
- Brownleader P., Jackson P., Mobasher A., Pantelides A. T., Sumar S., Trevan M., Dey P.M. 1999. Molecular aspects of cell wall modifications during fruit ripening. *Crit. Rev. Food Sci. Nut.*, 39:149-164.
- Díaz J. C., Bautista S., Villanueva R. 2000. Quality changes in sapote mamey fruit during ripening and storage. *Postharvest Biol. Technol.* 18:67-73.
- Jitthum A., Wong-Arce C., Kanlayanarat S. 2002. Effect of heat treatment and calcium chloride on chilling injury of *Achras sapota* Linn. *Agricultural Science Journal*, 33(6):122-126.
- Kader A. 1992. Postharvest technology of horticultural crops. Second edition, University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, Publication 3311.
- Ke D., Kader A. 1992. Potential of controlled atmospheres for postharvest insect desinfestation of fruits and vegetables. *Postharvest News and Information* 3(2):31N-37N.
- Lurie S. 1998. Postharvest heat treatments. *Postharvest Biol. Technol.* 14:257-269.
- Paul E. 1994. Response of tropical horticultural commodities to insect desinfestation treatments. *HortScience*, 29:988-996.
- Rahman R., Rigney C., Busch-Petersen E. 1990. Irradiation as a quarantine treatment against *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae): Anatomical and cytogenetic changes in marute larvae after gamma irradiation. *J. Econ. Entomol.*, 83:1449-1454.
- Saucedo V.C., Martínez-López A., Chávez-Franco S. H., Soto-Hernández R. M. 2001. Maduración de los frutos de zapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn) tratados con etileno. *Rev. Fitotecnia Mexicana*, 24 (2):231-234.
- SAS Institute Inc. 2009. SAS user's guide: Statistics. Release 6.03. Ed. SAS Institute Incorporation, Cary, N.C. USA. 1028 p.
- Shellie C., Mangan L. 1994. Postharvest quality of 'Valencia' orange after exposure to hot, moist forced air for fruit fly desinfestation. *HortScience*, 29:1524-1527.
- Siddiqui M. W., Dua R.S. 2010. Eating artificially ripened fruits is harmful. *Curr. Sci.*, 99(12):1664-1668.
- Siddiqui M.W., Longhumer M. 2014. Postharvest biology and technology of sapota: a concise review. *Acta Physiologiae Plantarum*, 36(12):3115-3122.
- Yahia E.M. 1998. Modified and controlled atmospheres for tropical fruits. *Horticultural Rev.* 22:123-183.
- Yahia E.M. 2006. Modified and controlled atmospheres for tropical fruits. *Stewart Postharvest Rev.* 22:123-183.
- Yahia E.M, Ortega D. 2000. Mortality of eggs and third instar larvae of *Anastrepha ludens* and *A. obliqua* with insecticidal controlled atmospheres at high temperatures. *Postharvest Biol. Technol.*, 20:295-302.
- Yahia E.M., Ariza-Flores R. 2001. Tratamientos físicos en poscosecha de fruta y hortaliza. *Rev. Horticultura, Extra*:80-89, 153.



# TRATAMIENTO TÉRMICO PARA CONTROL DE ANTRACNOSIS (*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz & Sacc) PARA MEJORAR CALIDAD DE FRUTOS DE MANGO (*Mangifera indica* L.) cv. ATAULFO

## THERMAL TREATMENT FOR CONTROLLING CANKER (*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz & Sacc) AND IMPROVING THE QUALITY OF MANGO FRUITS (*Mangifera indica* L.) CV. ATAULFO

Ariza-Flores, R.<sup>1</sup>, Michel-Aceves, A.<sup>2</sup>, Barrios-Ayala, A.<sup>1</sup>, Otero-Sánchez, M.O.<sup>2</sup>, Avendaño-Arrazate, C.H.<sup>3</sup>, López-López, P.S.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Iguala, Gro. <sup>2</sup>Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, Iguala, Gro., <sup>3</sup>INIFAP Rosario Izapa, Chis., <sup>4</sup>INIFAP Valles Centrales de Oaxaca, Oaxaca.

**Autor de correspondencia:** arizafr77@hotmail.com

### RESUMEN

La antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz & Sacc) es la enfermedad principal en postcosecha de los frutos de mango (*Mangifera indica* L.) y ocasiona cuantiosas pérdidas económicas. El estudio consistió en evaluar el agua caliente y benomilo y combinados para la inmersión de los frutos en el control de la antracnosis y su efecto en la calidad física, bioquímica y de sanidad de los frutos de mango cultivar Ataulfo. Los tratamientos fueron la inmersión en agua caliente a 51 °C por 14 min, y benomilo a 1 g i.a L<sup>-1</sup> de agua, combinados y el testigo, bajo un diseño experimental de completamente al azar. Los frutos tratados a 51 °C por 14 min mantuvieron la sanidad, calidad bioquímica, física y prolongó la vida de anaquel hasta 13 días, registrando control del desarrollo de la antracnosis. El resto de los tratamientos generaron daños severos, aceleraron la maduración y senescencia de los frutos. Por tal motivo, se puede aplicar a los frutos como un tratamiento físico fungistático, sin presentar riesgos al consumidor.

**Palabras clave:** Mango cv. Manila, agua caliente, enfermedad postcosecha.

### ABSTRACT

Canker (*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz & Sacc) is the principal post-harvest disease in mango fruits (*Mangifera indica* L.) and causes high economic losses. The study consisted in evaluating hot water and benomyl, and combined, for the immersion of fruits in the control of canker and its effects on the physical, biochemical and sanitary quality of the mango fruits Ataulfo cultivar. The treatments were immersion in hot water at 51 °C for 14 min, and benomyl at 1 g i.a L<sup>-1</sup> of water, combined and control, under a completely random experimental design. The fruits treated at 51 °C for 14 min maintained the sanitary, biochemical and physical quality, and the shelf life was prolonged up to 13 days, showing control of canker development. The rest of the treatments generated severe damage, and accelerated maturation and senescence of the fruits. Because of this, it can be applied to fruits as a fungistatics treatment, without presenting risks to the consumer.

**Keywords:** Mango cv. Manila, hot water, post-harvest disease.

**Agroproductividad:** Vol. 11, Núm. 1, enero, 2018, pp. 72-79.

**Recibido:** mayo, 2017. **Aceptado:** noviembre, 2017.

## INTRODUCCIÓN

**El centro** del origen y la diversidad del género *Mangifera* se ubica en Asia Suboriental (Bompard, 1993). Actualmente, se identifican a más de mil cultivares vegetativos propagados (Alemu *et al.*, 2014). Los principales productores a escala mundial son los países asiáticos y México, siendo India el más importante, ya que participa con 50.7% del total de la producción mundial. México se ubica en los primeros lugares como productor de mango en el mundo, CON más de 1.4 millones de toneladas métricas (t) anuales (Swart, 2010). El mango, cultivar Ataulfo es una especie importante y seleccionada de México, cubre 30% de la superficie producida y tiene amplia comercialización en el mercado nacional y externo; sin embargo, existen limitantes sanitarias de tipo cuarentenario que pueden restringir su comercio debido a hongos e insectos perjudiciales en los frutos. Las pérdidas de la producción ocasionados por el ataque de patógenos oscilan entre 17% y 36%, ya que ocurre la infección en precosecha o poscosecha y su control necesita de un manejo integral (Haggag, 2010). Actualmente existen varios métodos de control que incluyen tratamientos químicos y físicos (temperaturas bajas y altas, irradiaciones, atmósferas modificadas y controladas, entre otros). Los cultivares Alphonso y Ataulfo están bien posicionados en los mercados del mundo (Lebrun *et al.*, 2008), y son fuente de ácido ascórbico, carotenoides, compuestos fenólicos, y otros compuestos nutraceuticos (Talcott *et al.*, 2005), resaltando el el cultivar Nam Dok Mai, con un contenido de fenoles totales de 3.42 mg (Gorintestein *et al.*, 2010). En poscosecha, la principal enfermedad de los frutos de mango es la antracnosis causada por *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz); y se manifiesta con manchas pardo oscuras o negras, las cuales crecen y van formando otras más grandes y hendidas (Sangeetha y Rawal, 2008). Los frutos infectados maduran prematuramente (Haggag, 2010), momifica a los fisiológicamente inmaduros, o bien, el patógeno queda latente en los frutos, y los síntomas aparecen durante el almacenamiento y mercadeo; sobre todo, en frutos en madurez de consumo (Alemu *et al.*, 2014). La entrada del microorganismo se da a través de las heridas, pero esto puede ocurrir por medio de la cutícula y aberturas naturales de la superficie del fruto. El hongo es diseminado por la lluvia y requiere de alta humedad para su desarrollo (Arauz, 2000). Algunos estudios de la antracnosis del mango en Filipinas determinaron el uso de una membrana de celulosa en el fruto y superficies de la hoja (Estrada, 1994). Los conidios germinan y forman tubos del germen polínico durante 3-8 horas a temperaturas de 20 °C a 30 °C, y este tiempo aumenta conforme reduce la temperatura (Dodd *et al.*, 1991; Arauz, 2000). Para disminuir el problema de la enfermedad en poscosecha es importante aplicar un sistema integral de control en precosecha, tal como la realización de la cosecha en el momento adecuado y la fruta con parte del pedúnculo, evitar los daños mecánicos, mantener la fruta en la temperatura más adecuada, y utilizar tratamientos de control adecuados (Gutiérrez, 2001). La aplicación de fungicidas en precosecha y poscosecha fue una forma común y efectiva (Eckert y Brown, 1985); sin embargo, aceleró el proceso de resistencia del hongo a la aplicación de los fungicidas, por lo que el tiempo de aplicación fue crítico para lograr un control efectivo. El benomilo™ se utilizó a concentraciones de 60 a 80 g por 100 litros (L) de agua, con una tolerancia de 3 mg kg<sup>-1</sup>, pero no fue aceptado por autoridades de EUA (Jonhson y Hofman, 2009). El captán™ se utiliza a

concentraciones de 250 a 350 g por 100 L de agua con una tolerancia de 50 mg kg<sup>-1</sup>; Akem (2006) recomienda la aplicación de los fungicidas benomilo o mancozeb™ a dosis de 5-10 g y 48 g en 20 L de agua, respectivamente. Los compuestos de cobre (sulfato tribásico de cobre y sulfato de cobre pentahidratado) se usan con una concentración de 400 g por 100 L de agua y son exentos de la tolerancia; el thiabendazol se utiliza en postcosecha a concentraciones de 250-500 mg kg<sup>-1</sup> (Gutter, 1981); y el prochloraz en aspersión (Arauz, 2000). Las estrategias para el control de las enfermedades del mango en postcosecha son aspersiones en campo para reducir infecciones latentes de *C. gloeosporioides* y el tratamiento de la fruta con fungicidas en agua caliente después de cosecha para erradicar las infecciones latentes (Spalding y Reeder, 1986); también se demostró que la antracnosis fue controlada y se extendió la vida de almacenamiento cuando se agregaron tiabendazol o benomil (1000 mg L<sup>-1</sup>) en agua caliente (Prusky *et al.*, 1983). Otros estudios mostraron que el benomil (500-1000 mg L<sup>-1</sup>) con la inmersión en agua caliente a 52 °C controló satisfactoriamente la antracnosis con menos daños por calor en el fruto (Spalding y Reeder, 1986) y suelen ser efectivos inmediatamente después de la cosecha con la combinación de agua caliente de entre 50 °C a 55 °C por 2 a 5 min de inmersión (Kefialew y Ayalaw, 2008). Las aplicaciones postcosecha de imazalil™ y etaconazol™ proporcionaron un buen control de la antracnosis durante el almacenamiento y maduración de los frutos (Akem, 2009).

Los tratamientos térmicos se utilizan desde hace muchos años (antes

del uso común de los pesticidas). Los frutos se sumergen en agua a temperaturas de 50 °C a 55 °C hasta por 15 min. Las temperaturas mayores de 52 °C pueden causar daños a la fruta, dependiendo del periodo de exposición; sin embargo, el tratamiento a 60 °C por 10 min produjo escaldaduras (Thompson, 1987). Los tratamientos térmicos para el control de enfermedades demostraron ser poco prácticos y más caros comparados con el uso de fungicidas; sin embargo, las restricciones en el uso de pesticidas y aunado al reciente desarrollo de los tratamientos térmicos para el control de insectos pueden influir en el uso racional de estos tratamientos a nivel comercial. La resistencia natural a la antracnosis no se desarrolla bien y ofrece una pequeña oportunidad de que ocurra esto, por lo que Peterson (1986) evaluó la resistencia en varios cultivares de mango 'Carrie', 'Carabao' como susceptibles, mientras que 'Tommy Atkins' y 'Saigon' se determinaron como resistentes a la antracnosis, siendo algunas de estas selecciones generadas del 'Kensington' por ser moderadamente resistente, aunque está claro que hay diferencias en susceptibilidad, sobre todo cuando se introducen cultivos exóticos en las nuevas áreas, parece poco probable encontrar la verdadera resistencia existente en el desarrollo del cultivo y producción comercial. El presente estudio evaluó tratamientos de inmersión en agua caliente y fungicidas sintéticos, solos y en combinación para el control de la antracno-

sis *Colletotrichum gloeosporoides* (Penz.) Penz & Sacc, y su efecto en las calidades física, bioquímica y sanidad de los frutos de mango cultivar Ataulfo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los frutos de mango 'Ataulfo' fueron obtenidos de un huerto comercial de San Luis San Pedro, en Tecpan de Galeana, Guerrero, México, de la producción y cosecha del mes de agosto. Estos fueron llevados al laboratorio fisiología y bioquímica de frutos del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, en Iguala, Gro. Los frutos fueron lavados y seleccionados por apariencia física y de tamaños uniformes, de los cuales se tomó una muestra de 10 frutos para realizar la prueba inicial de calidad. De los frutos de mango seleccionados (Figura 1) se formaron cuatro lotes de 40 frutos cada uno para que se les aplicaran los tratamientos si-

guientes: 1) Inmersión en un termo baño de agua caliente a 51 °C por 14 min+Inmersión en benomilo a 1 g i.a. L<sup>-1</sup> de agua (AC+Ben); 2) Inmersión en benomilo (Ben) a 1 g i.a. L<sup>-1</sup> de agua; 3) Inmersión en agua caliente a 51 °C por 14 min; y, 4. Testigo, sin aplicación. Los frutos fueron almacenados a 25 °C. De los lotes formados por tratamientos, se tomaron muestras de 10 frutos a los 2, 5, 9 y 13 días de almacenamiento para realizar los análisis de las pruebas de calidad de los frutos y el desarrollo de maduración. La maduración se determinó al tacto con la siguiente escala: 1=Duro; 2=Ligeramente maduro o intermedio; 3=Madurez de consumo; y, 4=Frutos en senescencia. La sanidad se midió con la escala propuesta por Miller y McDonald (1991): 1) Sin daño; 2) Son trazas con <2% de la cáscara afectada; 3) Daño ligero, entre 3 y 10% de la cáscara afectada; 4) Daño moderado, entre 11



**Figura 1.** Frutos comerciales de mango (*Mangifera indica* L.) cv. ATULFO usados en la evaluación al inicio del experimento.

y 20% de la cáscara afectada; y, 5) Daño severo, con >21 % de la cáscara afectada.

El peso de los frutos fue obtenido al inicio y en cada fecha de muestreo con una balanza granataria de 500 g marca Ohaus y fue determinado en gramos (g) para que se obtuviera la pérdida de peso expresado en porcentaje. En la determinación de la firmeza fueron separados alrededor de 3 cm<sup>2</sup> de la cutícula a una profundidad de 2 mm en la porción media del fruto, donde se hizo la determinación con un Penetrómetro Universal mod. TS-7315 BA-3 de la Petroleum Instrument Company y de puntal cónico; los datos fueron expresados en Newtons sobre cm<sup>2</sup> (N cm<sup>-2</sup>).

El color fue determinado en la porción media de los frutos en la cáscara y pulpa, con un espectrofotómetro Minolta mod. cm-2600d Ver. 1.21; los valores indicados fueron de luminosidad (L), cromaticidad (a, b) y ángulo de matiz (h\*). El pH se determinó a una muestra de 20 g de pulpa con el potenciómetro (pH meter, mod. 420A Orión). El total de sólidos solubles (°Brix) fue determinado con el refractómetro digital (marca Atago PR-201), de acuerdo con el método descrito por la A.O.A.C (2005). La acidez titulable fue determinada por medio del método de la A.O.A.C (2005) y fue expresado en porcentaje de ácido cítrico. El diseño experimental aplicado fue completamente al azar con 10 repeticiones, para realizar la prueba de análisis de la varianza y comparación de medias de diferencia mínima significativa, por lo que se aplicó el programa estadístico SAS 6.03 (2009).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Cuadro 1 presenta resultados de calidad física, bioquímica y sanidad de los frutos de mango 'Ataulfo' (Figura 2). Para el desarrollo de madurez de los frutos fueron altamente significativos ( $p \leq 0.01$ ) dos días de almacenamiento, ya que los que estuvieron en agua caliente y el testigo mostraron una maduración más rápida, lo cual coincide con lo reportado en mango Tommy Atkins (Sivakumar *et al.*, 2011; Almeida *et al.*, 2016); sin embargo, no hubo diferencias significativas para los 5, 9 y 13 días de almacenados los frutos (Cuadro 1), ya que el proceso de madura-

ción fue similar entre los tratamientos. En otros cultivares se ha demostrado que el agua caliente acelera el proceso de maduración; sin embargo, demostró el mismo comportamiento que los frutos con benomilo, en agua caliente con benomilo y el testigo, por lo que en mango de los cultivares 'Haden', 'Manila' y 'Oro' se demostró un proceso acelerado de la maduración (Sharp, 1986). En cuanto a la sanidad de los frutos (Cuadro 1), fueron altamente significativos ( $p \leq 0.01$ ) a los 5, 9 y 13 días de almacenamiento. Aquellos con agua caliente mostraron daños ligeros en la cáscara (1.8) a los 9 y 13 días; sin embargo, estos fueron de ligeros a moderados en frutos con agua caliente+benomilo, benomilo y el testigo a los nueve días y de moderados a altos a los 13 días, mientras que con la inmersión en agua caliente se detuvo el desarrollo del hongo causante de la antracnosis; por lo tanto, los resultados



**Figura 2.** Efecto de los tratamientos en frutos de mango (*Mangifera indica* L.) cv. ATAULFO con tratamiento térmico y químico para control de la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz & Sacc).

**Cuadro 1.** Resultados de calidad de los frutos de mango (*Mangifera indica* L.) cv. ATULFO con tratamiento térmico y químico para control de la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz & Sacc).

| DIA | TRAT.    | MAD.  | SAN.  | SST     | pH     | AT     | Firmeza               | PP      |
|-----|----------|-------|-------|---------|--------|--------|-----------------------|---------|
|     |          |       |       | (°Bx)   |        | (%)    | (N cm <sup>-2</sup> ) | (%)     |
| 0   | Inicio   | 1.0   | 1.0   | 7.0     | 2.3    | 0.6    | 87.3                  | 0.0     |
|     | AC + Ben | 2.0 b | 1.0 b | 20.6 a  | 2.6 a  | 0.6 a  | 158.3 ab              | 8.8 a   |
|     | Ben      | 2.0 b | 1.0 b | 20.1 a  | 2.7 a  | 0.6 a  | 151.8 b               | 9.8 a   |
|     | AC       | 2.4 a | 1.0 b | 22.2 a  | 2.7 a  | 0.6 a  | 173.7 a               | 9.9 a   |
|     | Testigo  | 2.6 a | 1.2 a | 20.6 a  | 2.6 a  | 0.5 a  | 168.3 a               | 8.8 a   |
|     | Cv       | 16.2  | 20.0  | 13.7    | 6.3    | 2.9    | 10.8                  | 20.4    |
|     | DS       | **    | NS    | NS      | NS     | NS     | *                     | NS      |
|     | Promedio | 2.2   | 1.0   | 20.9    | 2.6    | 0.6    | 163.2                 | 9.3     |
| 2   | DMS      | 0.3   | 0.1   | 2.5     | 0.1    | 0.1    | 16.0                  | 1.73    |
|     | Ac+Bc    | 3.0 a | 1.0 c | 23.6 a  | 3.8 b  | 0.6 b  | 174.0 a               | 11.2 b  |
|     | Ben      | 3.0 a | 2.2 b | 24.3 a  | 3.8 b  | 0.6 b  | 152.0 b               | 17.2 a  |
|     | Ag. Cal. | 3.0 a | 1.0   | 23.6 a  | 3.9 a  | 0.6 a  | 173.5 a               | 12.9 ab |
|     | Testigo  | 3.0 a | 2.6 a | 29.1 a  | 3.8 ab | 0.6 a  | 181.2 a               | 11.48 b |
|     | Cv       | 0.0   | 34.0  | 34.3    | 2.4    | 2.6    | 9.9                   | 38.1    |
|     | DS       | NS    | **    | NS      | **     | **     | **                    | *       |
|     | Promedio | 3.0   | 1.2   | 25.2    | 3.8    | 0.6    | 170.2                 | 13.2    |
| 5   | DMS      | 0.0   | 0.3   | 7.8     | 0.1    | 0.0    | 15.3                  | 4.5     |
|     | Ac+Be    | 3.3 a | 2.0 a | 26.8 ab | 4.4 c  | 0.6 ab | 213.3 a               | 23.5 a  |
|     | Ben      | 3.3 a | 3.6 a | 24.4 c  | 4.5 b  | 0.6 a  | 213.0 a               | 21.1 a  |
|     | Ag. Cal. | 3.1 a | 1.8 a | 25.3 bc | 4.5 a  | 0.6 ab | 224.0 a               | 20.7 a  |
|     | Testigo  | 3.2 a | 3.2 b | 27.4 a  | 4.4 c  | 0.6 a  | 203.8 a               | 21.1 a  |
|     | Cv       | 13.3  | 66.5  | 7.0     | 1.1    | 4.4    | 10.7                  | 30.4    |
|     | DS       | NS    | **    | **      | **     | *      | NS                    | NS      |
|     | Promedio | 3.2   | 2.1   | 26.0    | 4.4    | 0.6    | 213.5                 | 21.6    |
| 9   | DMS      | 0.3   | 1.2   | 1.6     | 0.0    | 0.0    | 20.7                  | 5.9     |
|     | Ac+Ben   | 3.5 a | 3.7 a | 27.1 a  | 4.4 c  | 0.6 b  | 224.5 a               | 20.8 a  |
|     | Ben      | 3.3 a | 4.0 a | 24.1 ab | 4.5 b  | 0.6 ab | 212.6 a               | 18.1 a  |
|     | Ag. Cal. | 3.5 a | 1.8 b | 23.7 b  | 4.6 a  | 0.6 a  | 213.4 a               | 18.1 a  |
|     | Testigo  | 3.5 a | 4.2 a | 24.7 ab | 4.3 d  | 0.6 b  | 196.9 a               | 14.9 a  |
|     | Cv       | 14.9  | 45.5  | 13.7    | 0.7    | 4.4    | 14.5                  | 61.3    |
|     | DS       | NS    | **    | NS      | **     | *      | NS                    | NS      |
|     | Promedio | 3.4   | 3.1   | 24.9    | 4.4    | 0.6    | 211.8                 | 18.0    |
| 13  | DMS      | 0.4   | 1.3   | 3.1     | 0.0    | 0.0    | 27.8                  | 10.0    |

DA=Días de almacenamiento a 25 °C. AC=Agua caliente a 51 °C por 14 min; Ben=Benomilo a 1 g i.a L<sup>-1</sup> agua, Cv=Coefficiente de variación; DS=Nivel de significancia; DMS=Prueba de medias de diferencia mínima significativa, Luminosidad\*, b\*=Cromaticidad; h\*=Ángulo de matiz, SST=Sólidos solubles totales, AT=Acidez titulable; Pp=Pérdida de peso, Mad.=Madurez de los frutos, San.=Sanidad de los frutos.

coinciden con Aveno y Orden (2004), quienes señalan que el agua caliente >50 °C influye en el control de enfermedades en poscosecha de los frutos.

El color del epicarpio (cáscara) de los frutos hubo diferencias estadísticas altamente significativas (p≤0.01) en L, a\* y h\* para los dos días de almacenados y no se de-

mostraron en b\*; también hubo cambios significativos (p≤0.05) en L, a\* y b\* a los 13 días (Cuadro 2). Para 5 y 9 días de almacenamiento no hubo diferencias. Sin embargo, entre fechas de muestreo y durante el almacenamiento se observan cambios de disminución en L, a\*, b\* y h\*. Los cambios de color en la cáscara son por el desarrollo de la maduración que cambia de verde olivo

**Cuadro 2.** Color de frutos de mango (*Mangifera indica* L.) cv. ATAULFO con tratamiento térmico y químico para control de la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz & Sacc).

| DA       | TRAT.    | COLOR CÁSCARA |         |        |         | COLOR PULPA |         |         |         |
|----------|----------|---------------|---------|--------|---------|-------------|---------|---------|---------|
|          |          | L             | a       | b      | h*      | L           | a       | b       | h*      |
| 0        | Inicio   | 62.8          | -5.6    | 42.9   | 82.4    | 81.2        | 6.5     | 52.2    | 82.8    |
| 2        | AC+Ben   | 68.5 b        | 9.4 c   | 52.1 a | 79.8 a  | 72.0 a      | 17.2 ab | 66.3 a  | 75.4 ab |
|          | Ben      | 72.1 a        | 11.9 bc | 53.6 a | 76.9 ab | 72.6 a      | 16.1 b  | 66.5 a  | 76.3 a  |
|          | AC       | 69.1 b        | 14.6 ab | 53.7 a | 74.6 b  | 72.5 a      | 17.4 ab | 66.4 a  | 75.2 ab |
|          | Testigo  | 68.8 b        | 16.2 a  | 56.0 a | 73.7 b  | 71.4 a      | 18.8 a  | 67.3 a  | 74.3 b  |
|          | Cv       | 3.9           | 23.5    | 9.4    | 4.6     | 5.1         | 16.2    | 3.7     | 2.9     |
|          | DS       | **            | **      | NS     | **      | NS          | NS      | NS      | NS      |
|          | Promedio | 69.7          | 13.0    | 59.9   | 76.3    | 72.1        | 17.4    | 66.7    | 75.3    |
|          | DMS      | 2.4           | 2.7     | 4.6    | 3.2     | 3.3         | 2.5     | 2.2     | 1.9     |
|          | 5        | Ac+Bc         | 69.2 a  | 19.7 a | 56.1 a  | 70.6 a      | 66.4 a  | 26.7 bc | 66.2 b  |
| Ben      |          | 69.5 a        | 19.5 a  | 57.0 a | 71.0 a  | 67.6 a      | 26.4 c  | 67.9 a  | 68.7 a  |
| Ag. Cal. |          | 69.1 a        | 19.2 a  | 56.9 a | 71.4 a  | 66.2 ab     | 28.8 ab | 66.5 b  | 66.3 bc |
| Testigo  |          | 68.5 a        | 20.3 a  | 56.3 a | 70.0 a  | 63.6 b      | 29.8 a  | 66.7 ab | 65.8 c  |
| Cv       |          | 2.7           | 10.4    | 4.6    | 2.5     | 4.4         | 8.9     | 2.2     | 2.9     |
| DS       |          | NS            | NS      | NS     | NS      | *           | **      | NS      | **      |
| Promedio |          | 69.1          | 19.7    | 56.6   | 70.8    | 65.9        | 27.9    | 66.8    | 67.2    |
| DMS      |          | 1.7           | 1.7     | 2.4    | 1.6     | 2.6         | 2.2     | 1.3     | 1.7     |
| 9        | Ac+Be    | 57.6 a        | 19.0 a  | 44.5 a | 64.7 a  | 61.9 b      | 32.1 a  | 65.2 a  | 63.7 a  |
|          | Ben      | 56.1 a        | 17.7 a  | 43.6 a | 66.2 a  | 62.6 b      | 31.7 a  | 62.8 a  | 63.6 a  |
|          | Ag. Cal. | 64.4 a        | 21.4 a  | 51.2 a | 67.3 a  | 65.7 ab     | 30.7 a  | 65.5 a  | 64.8 a  |
|          | Testigo  | 62.1 a        | 20.8 a  | 53.7 a | 65.3 a  | 67.8        | 30.7 a  | 66.7 a  | 65.1 a  |
|          | Cv       | 19.7          | 33.1    | 36.5   | 10.2    | 8.3         | 18.9    | 8.5     | 5.8     |
|          | DS       | NS            | NS      | NS     | NS      | *           | NS      | NS      | NS      |
|          | Promedio | 60.0          | 19.7    | 48.3   | 65.9    | 64.5        | 31.3    | 65.0    | 64.3    |
|          | DMS      | 10.7          | 5.9     | 15.9   | 6.1     | 4.8         | 5.3     | 5.0     | 3.4     |
| 13       | Ac+Ben   | 56.4 ab       | 17.1 ab | 41.7 b | 64.6 a  | 61.0 a      | 30.8 ab | 66.0 ab | 64.9 a  |
|          | Ben      | 58.2 ab       | 20.7 ab | 49.1 a | 65.4 a  | 61.3 a      | 31.2 ab | 63.1 ab | 63.8 a  |
|          | Ag. Cal. | 64.7 a        | 23.1 a  | 50.8 a | 64.4 a  | 61.1 a      | 32.4 a  | 68.1 a  | 64.1 a  |
|          | Testigo  | 51.6 b        | 15.3 b  | 34.9 a | 61.4 a  | 54.4 a      | 27.9 b  | 57.7 b  | 64.2 a  |
|          | Cv       | 23.9          | 36.6    | 43.7   | 11.76   | 16.5        | 15.7    | 15.3    | 3.3     |
|          | DS       | *             | *       | *      | NS      | NS          | NS      | NS      | NS      |
|          | Promedio | 57.7          | 19.1    | 44.1   | 64.0    | 59.4        | 30.6    | 63.7    | 64.3    |
|          | DMS      | 12.5          | 6.3     | 17.5   | 6.8     | 8.9         | 4.3     | 8.8     | 1.9     |

DA=Días de almacenamiento a 25 °C. AC=Agua caliente a 51 °C por 14 min; Ben=Benomilo a 1 g i.a L<sup>-1</sup> agua, Cv=Coefficiente de variación; DS=Nivel de significancia; DMS=Prueba de medias de diferencia mínima significativa, L=luminosidad; a\*, b\*=Cromaticidad; h\*=Ángulo de matiz.

a amarillo del mango 'Ataulfo' por la pérdida de clorofila, que se puede acelerar por la inmersión de los frutos en el agua (Jacobi y Wong, 1991) y el grado de infección del hongo (Spalding *et al.*, 1988). El color de la cáscara del mango 'Ataulfo' fue un amarillo intenso sin daños por el hongo.

En el color del mesocarpio (pulpa) de los frutos hubo diferencias estadísticas altamente significativas ( $p \leq 0.01$ ) en a\* y h\* para los 5 días y en L\* ( $p \leq 0.05$ ) para los 5 y 9 días de almacenados, pero no se demostraron en b\* (Cuadro 2). Para 2 y 13 días de almacenamiento no hubo diferencias. Sin embargo, entre fechas de muestreo y durante

el almacenamiento se observaron cambios de disminución en L, b\* y h\*, mientras que a\* aumentó el cambio de color, favorecido por el proceso de maduración normal. Las modificaciones de color en la pulpa ocurren conforme al desarrollo de la maduración, la cual es consistente en los frutos, por lo que tienen muy poco efecto por la inmersión de los frutos en el agua caliente (Jacobi y Wong, 1991), pero sí ocurren cambios en los carotenoides por avances en la madurez (Kader y Mitcham, 2008); sin embargo, el grado de infección del hongo no afecta a la pulpa (Nelson, 2008). El color de la pulpa del mango 'Ataulfo' fue amarillo intenso y se demostró por el ángulo de matiz, que varió de 76 a 64 durante el almacenamiento.

La firmeza de la pulpa de los frutos demostró cambios altamente significativos para dos y cinco días; sin embargo, a los 9 y 13 días no se registraron cambios (Cuadro 1). Entre fechas de muestreo, los frutos en agua caliente mostraron mayor firmeza en la pulpa a los 2, 5, 9 y 13 días; y los frutos en agua caliente+benomilo, benomilo y testigo mostraron menor firmeza. Por lo tanto, el agua caliente demostró mayor vida de anaquel, ya que detiene el desarrollo del hongo y no acelera el proceso de maduración y senescencia (Jacobi y Wong, 1991; Yahia y Campos, 2000); además, los frutos de mango 'Ataulfo' contienen más fibra, que favorece mayor vida de anaquel (Avendaño *et al.*, 2011).

Las pérdidas de peso de los frutos fueron significativas ( $p \leq 0.05$ ) a los cinco días de almacenados; no mostraron diferencias estadísticas a los 2, 9 y 13 días (Cuadro 1). Los frutos en agua caliente perdieron menos peso con respecto a

los expuestos en agua caliente+benomilo, benomilo y del testigo, aunque los primeros perdieron peso, estos registraron valores cercanos al testigo. El efecto del agua caliente en el control del hongo, favorece la aceptación de los frutos en los mercados, dependiendo del daño por el hongo (Arauz, 2000; Sanggeetha y Rawal, 2008).

Los sólidos solubles totales fueron altamente significativos ( $p \leq 0.01$ ) a los 9 y 13 días de almacenados; sin embargo, los cambios de °Brix no fueron significativos a los dos y cinco días. Al momento de la cosecha los frutos tuvieron 7.0 °Brix, por lo que hubo cambios muy altos a los 2, 5, 9 y 13 días (Cuadro 1), ya que fueron en promedios de 20.9, 25.2, 26.0 y 24.9 °Brix, respectivamente. Esto demuestra que los frutos de mango 'Ataulfo' tienen un alto contenido de azúcares reductores, y el agua caliente afectó menos que el resto de los tratamientos, los cuales se deben a cambios por síntesis acelerada de hidrólisis del almidón (Jacobi y Wong, 1991; Kader y Mitcham, 2008). El hongo tiene un efecto en la formación de los azúcares reductores, pero al final del tiempo de almacenamiento disminuyeron con respecto al testigo (Spalding *et al.*, 1988). El pH mostró diferencias altamente significativas ( $p \leq 0.01$ ) a los 5, 9 y 13 días, pero no hubo cambios a los dos días de almacenamiento. El pH fue aumentando desde 2.3 al momento de la cosecha a 2.6, 3.9, 4.5 y 4.5 a los 2, 5, 9 y 13 días; y los frutos con agua caliente registraron pH ligeramente mayor comparado con el resto de los tratamientos (Jacobi y Wong, 1991).

La acidez titulable mostró cambios significativos ( $p \leq 0.01$ ) a los cinco días y hubo ligeros cambios ( $p \leq 0.05$ ) y disminución para los 9 y 13 días de almacenamiento, aunque después de los dos días no hubo cambios mayores (Cuadro 1). El contenido de ácido cítrico fue mayor en los frutos con agua caliente; le siguieron frutos testigo, agua caliente+benomilo y benomilo. Por lo tanto, se demuestra que el agua caliente ayudó a prolongar la vida de anaquel (Jacobi y Wong, 1991).

## CONCLUSIONES

La inmersión de los frutos en agua caliente a 51 °C por 14 min mantiene la calidad y prolonga la vida de anaquel de frutos comerciales de mango 'Ataulfo'; además, controla el desarrollo de la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*); por lo tanto, se puede aplicar a frutos como un tratamiento fungistático sin que se presenten riesgos al consumidor.

## LITERATURA CITADA

- AOAC. 2005. Association of Official Analytical Chemist Methods of Analysis. 15th Ed. Washington, D.C.
- Akem C.N. 2006. Mango anthracnose disease: Present status and future research priorities. *Journal of Plant Pathology*, 5(3):266-273.
- Alemu K., Ayalew A., Woldesadic K. 2014. Evaluation of antifungal activity of botanicals for postharvest management of mango anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*). *International Journal of Life Science*, 8(1):1-6.
- Almeida A.C., Durigan J.F., Marques K.M., Ascari C.M, Ferraudo A.S. 2016. Prevention of chilling injury in 'Tommy Atkins' mangoes previously stored at 5 °C using heat treatment and radiation UV (UV-C). *Rev. Bras. Frutic.*, 18(1): doi.org/10.1590/0100-2945-123/14.
- Arauz I. 2000. Mango anthracnose: Economic impact and current options for integrated management. *Plant disease*, 84:600-611.



- Avendaño-Arrazate C.H., Sandoval-Esquiviez A., Gallardo-Méndez A., Mendoza-López A., López-Navarrete M.C., López-García G., Ariza-Flores R., Palacio-Martínez V., Aguirre-Medina J.F. 2011. Mango: Diversidad en México. Primera Edición. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Rosario Izapa, Tuxtla Chico, Chis. 106 p.
- Aveno J.L., Orden M.E. 2004. Hot water treatment of mango: A study of four export corporations in the Philippines, 4(1) ISSN:1685-2044.
- Bompard J.M. 1993. The genus *Mangifera* rediscovered: the potential contribution of wild species to mango cultivation. *Acta Horticulturae* 341:69-77.
- Dodd J.C., Agnate R.B., Matcham J., Koomen I., Jeffries P., Jeger M.J. 1991. Pre- and postharvest control of mango anthracnose in the Philippines. *Plant pathology* 40:576-583.
- Eckert J.W., Brown G.E. 1985. Decay control. In *Fresh Citrus Fruits and Vegetables*, ed. W.F. Wardowski, S. Nagy, W. Grierson. Westport. CT: Avi Publ. Co.
- Estrada A.B. 1994. Epidemiology and control of mango anthracnose. Unpublished PhD Thesis, University of Kent, Canterbury. Pág. 176.
- Gorinstein S., Poovarodom S., Leontowics H.M., Namiesnik J., Suchada V. 2010. Antioxidant properties and bioactive constituents of some rare exotic Thai fruits and comparison with conventional fruits, *in vitro* and *in vivo* studies. *Food Research International*, doi:10.1016/j.foodres.2010.10.009.
- Gutiérrez J.G. 2001. Manejo Integrado de la Antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz.) del Mango en Postcosecha. Tesis Doctor en Ciencias, Colegio de Postgraduados.
- Gutter Y. 1981. Investigations on new postharvest fungicides: Israel. *Proc. int. Soc. Citric*. 2:810-11.
- Haggag W.M. 2010. Mango disease in Egypt. *Agriculture and Biology Journal of North America*, 1(3):285-289.
- Jacobi K.R., Wong L.S. 1991. The injuries and changes in repining behaviour caused to Kesington mango by hot water treatment. *Acta Horticulturae*, 291:372-378.
- Johnson G.I., Hofman P.J. 2009. Postharvest technology and quarantine treatments. In: Litz, R.E. (ed) *The Mango: Botany, Production and Uses*. 2nd edition, CAB International, UK.
- Kader A., Mitcham B. 2008. Optimum procedures for ripening mangoes, *Fruit Ripening and Ethylene Management*: 47-48, Univ. Calif. Postharvest Technology Research and Information Center Publication Series #9. [http://postharvest.ucdavis.edu/Pubs/Pub\\_Desc\\_9.pdf](http://postharvest.ucdavis.edu/Pubs/Pub_Desc_9.pdf).
- Kefialew Y., Ayalew A. 2008. Postharvest biological control of anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) on mango (*Mangifera indica*). *Postharvest Biology and Technology*, 50:8-11.
- Lebrun M., Plotto A., Goodner N. Ducamp M.N., Baldwin F. 2008. Discrimination of mango fruit maturity by volatiles using electron nose and gas chromatography. *Postharvest Biology and Technology*, 48:122-131.
- Miller W.R., McDonald R.E. 1991. Quality and stored 'Marsh' and 'Ruby Red' grapefruit after high temperature, forced-air treatment. *HortScience*, 26:1188-1991.
- Nelson S.C. 2008. Mango anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*). *Plant Disease*, 48:1-9.
- Peterson R.A. 1986. Mango diseases. *Proceedings of the CSIRO 1<sup>st</sup> Australian Mango Research Workshop*. CSIRO, Cairns, Australian. Pp. 233-247.
- Prusky D., Y Fuchs., Yanko U. 1983. Assessment of latent infections as a basis for control of postharvest disease of mango. *Plant Disease*, 67:816-818.
- SAS. 2009. *SAS user's guide: Statistics*. Release 6.03. Ed. SAS Institute Incorporation, Cary, N.C. USA. 1028 p.
- Sangeetha C.G., Racial R.D. 2008. Nutritional studies of *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. *And Sacc. The Incitant of Mango Anthracnose*. *World Journal of Agricultural Sciences*, 4(6):717-720.
- Sivakumar D., Jiang Y., Yahia E.M. 2011. Maintaining mango (*Mangifera indica* L.) fruit during the export chain. *Food Research International*, 44:1254-1263.
- Spalding D.H., King J.R., Sharp J.L. 1988. Quality and decay of mangoes treated with hot water for quarantine control of fruit fly. *Tropical Science*. 28: 95-101.
- Spalding D.H., Reeder W.F. 1986. Decay and acceptability of mangoes treated with combinations of hot water, imazalil, and g-irradiation. *Plant Disease*, 70:1149-1151.
- Swart G. 2010. Epidemiology and control of important post-harvest diseases in mangoes in South Africa. *Southern African Society for Plant Pathology*, Midrand, South Africa.
- Talcott M., Singleton L., Percival M. 2005. Ripening associated phytochemical changes in mangoes (*Mangifera indica*) following thermal quarantine and low-temperature storage. *Journal of Food Science*, 70:337-341.
- Thompson A.K. 1987. The development and adaptation of methods for control of anthracnose. In: R T Prinsley, G Tucker (eds). *Mangoes: a Review*. Commonwealth Science Council. London, England. Pp. 29-38.
- Yahia E.M., Campos P. 2000. The effect of hot water treatment used for insect control on the ripening and quality of mango fruit. *Acta Horticulturae*, 509:495-501.

# MANEJO DEL AGROECOSISTEMA COCOTERO, CON ÉNFASIS EN EL AMARILLAMIENTO LETAL DEL COCOTERO (*Cocos nucifera* L.)

MANAGEMENT OF THE COCONUT AGROECOSYSTEM WITH AN EMPHASIS ON LETHAL YELLOWING OF COCONUT PALM (*Cocos nucifera* L.)

Ramos-Hernández, E.<sup>1</sup>, Torres de la Cruz, M.<sup>2</sup>, Oropeza-Salín, C.<sup>4</sup>, Ortiz-García, C.F.<sup>3\*</sup>, Leshner-Gordillo, J.<sup>2</sup>, Magaña-Alejandro, M.A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Estudiante del Programa de Ecología y Manejo de Sistemas Tropicales. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco Villahermosa, Tabasco. México. <sup>2</sup>División Académica de Ciencias Biológicas. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tabasco. México. <sup>3</sup>Colegio de Postgraduados. Campus Tabasco. Cárdenas, Tabasco, México. <sup>4</sup>Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C. Mérida, Yucatán, México.

\*Autor de correspondencia: cfortiz@colpos.mx

## RESUMEN

La palma de coco (*Cocos nucifera* L.) se distribuye ampliamente en todas las áreas tropicales. Se considera una de veinte plantas cultivadas más importantes en el mundo, y es elemento básico en la economía agrícola de muchos países. México se ha ubicado entre los diez principales países productores de nueces de coco a nivel mundial. Sin embargo, se estima que, a partir de 1979, la superficie de cultivo de coco se redujo en 85% a causa del amarillamiento letal del cocotero (ALC) provocando grandes pérdidas económicas. Esta enfermedad es causada por un fitoplasma del grupo 16SrIV, el cual, tiene como principal vector al insecto *Haplaxius crudus* Van Duzee (Homoptera: Cixiidae). El objetivo fue revisar el desarrollo de estrategias para el manejo del ALC, resaltando que esto se basa en la prevención, utilizando estrategias como: utilización de material resistente, monitoreo plantas con síntomas, erradicación de plantas enfermas, manejo del vector y control de hospederos alternos de fitoplasma.

**Palabras claves:** Coco, ALC, arvenses, fitoplasma, *Haplaxius crudus*.

## ABSTRACT

The coconut palm (*Cocos nucifera* L.) is broadly distributed in all tropical areas. It is considered one of the twenty most important cultivated plants in the world, and is a basic element for the agricultural economy of many countries. México has gained a position among the ten principal producing countries of coconut at the global level. However, it is estimated that since 1979, the surface of coconut cultivation has been reduced in 85 % because of the lethal yellowing in coconut (LYC) provoking great economic losses. This disease is caused by a phytoplasma of the 16SrIV group, which has as principal vector the insect *Haplaxius crudus* Van Duzee (Homoptera: Cixiidae). The objective was to review the development of strategies for management of LYC, highlighting that this is based on the prevention, using strategies such as: utilization of resistant material, monitoring of plants with symptoms, eradication of sick plants, management of the vector, and control of alternate hosts of phytoplasma.

**Keywords:** Coconut, LYC, weeds, phytoplasma, *Haplaxius crudus*.

**Agroproductividad:** Vol. 11, Núm. 1, enero. 2018. pp: 80-87.

**Recibido:** septiembre, 2017. **Aceptado:** diciembre, 2017.

## INTRODUCCIÓN

El cocotero, *Cocos nucifera* (Linneaus, 1753), es uno de los cultivos tropicales básicos en la economía agrícola de muchos países (Thieme, 1968; Broschat and Crane, 2000). Considerada una de las veinte plantas cultivadas más importantes en el mundo, se encuentra ampliamente distribuida en todas las áreas tropicales (Zizumbo-Villarreal *et al.*, 2005). Del árbol se pueden aprovechar todas sus partes para la obtención de co-productos. Aunque su principal producto es el fruto, por el uso de su agua y su pulpa en la alimentación humana, también pueden obtenerse diversos productos del tallo, las hojas y las inflorescencias; así mismo, los servicios ambientales y turísticos que presta en algunas zonas. Desde un enfoque económico como medio de subsistencia en comunidades rurales, en ciertas áreas pequeñas de Oceanía, el cocotero cubre todas las necesidades de los habitantes: el agua de coco, como la única fuente de bebida potable, el aceite es usado para cocinar, la pulpa es consumida fresca, la madera es usada para construcción de sus casas, y las hojas son la única fuente de sombra (Maramorosch, 1978). También juega un papel culinario importante en los países tropicales, donde se utiliza la pulpa rallada para hacer muchos platillos (Thieme, 1968). La producción mundial de nueces de coco, superó los 60 819 447 t en el año 2014, a la cual contribuyeron un total de 96 países; esta producción está concentrada en un 30.08%, 24.16% y 18.21% en Indonesia, Filipinas e India, respectivamente. En el mismo año, México se ubicó en el octavo lugar de producción de nueces a nivel mundial con el 1.92%, siendo el segundo productor de importancia en Amé-

rica Latina (FAOSTAT, 2017). La producción de cocotero en México se ha desarrollado en 12 estados, los cuales pueden dividirse en dos zonas: el Golfo y el pacífico de México. La primer zona comprende los estados de Tabasco, Veracruz, Campeche, Yucatán y Quintan Roo) y la segunda, Guerrero, Colima, Oaxaca, Michoacán, Sinaloa, Jalisco y Chiapas, Las plantaciones varían desde pequeñas a grandes extensiones.

El producto más importante obtenido del cocotero es la copra (palabra en malayalam, koppara que significa coco seco). La copra es el mayor beneficio económico para los productores, su extracción consiste en quitar la cáscara, sacar la pulpa blanca de las nueces y secarla con calor, este procesamiento primario es realizado por los productores de cocoteros. Actualmente, existen grandes plantaciones donde se integran todas las actividades, pero antiguamente la copra era recogida por compradores viajeros (CONACOCO, 2014). La copra tiene diversos usos: desde aceite para alimento, higiene personal y cosméticos, así como de utilidad industrial. Históricamente la mayor parte de la producción mundial de las nueces de cocotero se destinaba a la obtención de copra. A principios de 1900, la copra era el principal producto del cocotero y su aceite el principal derivado para exportación en muchos países (Killmann, 2001). La introducción de híbridos, particularmente variedades enanas durante los años sesentas y setentas, ayudo a incrementar considerablemente el rendimiento de copra por hectáreas. La producción mundial de copra en 1965, aumentó a 3.26 millones de toneladas, de las cuales el 44% fue producido por Filipinas. La mayor parte de producción mundial

de la copra era transformada en Europa y América del Norte. El rendimiento de aceite de la copra es de hasta 64%, por lo que el cocotero es una de las materias primas más ricas para la extracción de aceite vegetal, en comparación, el palmiste (46%), el cacahuete (44%) y la soya (*Glycine max*) con 16-18% (Thieme, 1968). La extracción de aceite de la copra es uno de los procesos de fabricación más antiguos a partir de semillas trituradas, y es una de las primeras semillas de oleaginosas que se importaron a Europa. México en el año 2015, ocupó el octavo lugar de producción de copra a nivel mundial, participando con 202,684 t de la producción, de las cuáles, el 99.2% se exportó a Estados Unidos; además, país es considerado uno de principales consumidores de américa latina (SIAP, 2016). Desde el año 2006 hasta el año 2016, México mantuvo un promedio de 209,000 t de copra. El 94.6 % de la producción de copra proviene de las plantaciones de cocotero que se localizan en la zona del océano pacífico en los estados de Guerrero, Colima, Oaxaca, Michoacán, Jalisco y Chiapas; el 5.4%, proviene de las costas de las costas del Golfo de México, donde Tabasco y Veracruz son los principales estados productores (Figura 1). De 2006 a 2015, Tabasco fue el tercer productor de copra a nivel nacional. En Tabasco, México, el cultivo del cocotero inició en 1940 con la siembra intensiva en las dunas y los bordos de playa, convirtiéndose la costa en una de las áreas más colonizadas y económicamente significativas. Este fenómeno se originó cuando el sureste de Asia y Oceanía, fuentes importantes en la producción de copra a nivel mundial, quedaron vedadas para el comercio. En esos días, los elevados precios de la copra y los



**Figura 1.** Principales estados productores de copra en México. SIAP, 2016.

aceites vegetales indujeron a los propietarios de tierras costeras en Tabasco a plantar cocotero, lo mismo que a los de la parte occidente del estado de Campeche, que también extendieron sus huertas (West *et al.*, 1987).

A pesar de su importancia, la producción de copra enfrenta grandes retos que han logrado desestabilizar su máximo aprovechamiento. La importancia del aceite de coco disminuyó debido a la competencia de otros aceites vegetales, particularmente el aceite extraído de *Elaeis guineensis* (Jacq, 1897). Los precios de copra bajaron y los cocoteros descuidados o asociados con otros cultivos (por ejemplo, pastizales), disminuyeron la importancia del cocotero como cultivo (Killmann, 2001). Además, otro de estos grandes retos, fue la disminución de área cultivada de cocotero. En Tabasco la producción de copra se mantuvo estable desde 1986 hasta el 2004 con un área promedio de 26,694 ha, con una disminución en el área cultivada del 60 % en años más recientes. Esto se debió al bajo rendimiento de las variedades sembradas, la edad avanzada de las plantaciones, la presencia de plagas

fitoplasmas que ha causado mayor impacto en la producción de coco, a nivel mundial, es el 16SrIV. Para este grupo se han reportado cinco subgrupos (A, B, C, D y E), los cuales causan enfermedades a diferentes variedades y con diferente virulencia.

El ALC es causado por el fitoplasma '*Candidatus Phytoplasma palmae*' perteneciente al grupo 16SrIV subgrupo A y es transmitido por la Chicharrita, *Haplaxius crudus* (Van Duzee, 1907) (Howard *et al.*, 1983). El cocotero y otras especies de palmas pueden ser afectados por enfermedades con síntomas parecidos a los que produce el ALC. Estas enfermedades son conocidas como "tipo amarillamiento letal" (LYD, por siglas en inglés), y son provocadas por fitoplasmas relacionados genéticamente (Dollet, 1999). Actualmente, estas enfermedades provocan pérdidas significativas y ponen en riesgo la producción mundial de coco, debido al número de plantas que puede matar, geográficamente los grupos de fitoplasmas que afectan a la palma de cocotero se distribuyen en los principales países productores. Actualmente, a nivel mundial se ha identificado cuatro grupos más de fitoplasma causando enfermedad en cocotero: '*Ca. Phytoplasma oryzae*' [XI], '*Ca. Phytoplasma cynodontis*' [XIV], '*Ca. Phytoplasma palmicola*' [XXII] y '*Ca. Phytoplasma malaysianum*' [XXXII] (Figura 2). Del total de grupo de fitoplasmas afectando al cocotero, al menos, uno de los subgrupos de fitoplasmas ha sido confirmado en seis de los diez países que contribuyen con la mayor producción de nueces a nivel mundial (Indonesia [1], India [3], Sri Lanka [5], Papua Nueva Guinea [7], México [8] y Malasia [10]).

### El amarillamiento letal del cocotero en México

El ALC es una de las enfermedades limitantes de mayor importancia en el agroecosistema de cocotero en México. La superficie de cultivo de coco se redujo en un 85% en el año 1979, a causa del ALC (Oropeza *et al.*, 2005). En 1982, el ALC fue diagnosticado en palmas muertas en el extremo noroeste de la Península de Yucatán. Desde entonces, la enfermedad se dispersó a localidades del estado de Yucatán, Campeche (Champotón) y Quintana Roo (Punta Allen). La presencia del ALC en Tabasco se confirmó en 1995 y 1997, en los municipios de Frontera y Cárdenas, respectivamente (Pérez Hernández *et*

y enfermedades, principalmente el Amarillamiento letal del cocotero (ALC). El ALC es uno de los factores sanitario que ha afectado seriamente la producción de copra en muchas partes del mundo, particularmente América Central, el Caribe y África (Arroyo-Serralta *et al.*, 2012).

### El Amarillamiento letal del cocotero y tipo amarillamiento letal en cocotero

La enfermedad del ALC, es ocasionada por una bacteria fitopatógena que pertenece al grupo de fitoplasmas. Estas bacterias habitan en los tubos cribosos del floema de las plantas y son diseminadas de una planta a otra a través de un insecto que actúa como vector (Bertaccini *et al.*, 2014) (Perilla-Henao and Casteel, 2016). Uno de los grupos de



Actualmente, la serie de síntomas característicos de la enfermedad están bien descritos y se puede dar seguimiento. McCoy *et al.* (1983), describieron los síntomas del ALC en palmas de coco en producción; además, generaron una escala de severidad de la enfermedad para determinar su grado de avance. El nombre de amarillamiento letal se refiere a la decoloración progresiva de las hojas, de un amarillo claro pasa a amarillo-naranja claro y finalmente pasa a un amarillo-naranja intenso (Maramorosch, 1978). Los síntomas son variables dependiendo de las especies de palmas, variedades y condiciones ambientales (Maramorosch, 1978). El patrón de aparición y la progresión cronológica de los síntomas identifican con precisión la enfermedad (Harrison *et al.*, 2008). La escala de severidad de McCoy *et al.* (1983) se describe en el Cuadro 1 y se visualiza en

| Cuadro 1. Escala para determinar el grado de avance del Amarillamiento Letal del Cocotero |                 |  |
|---|-----------------|--|
| Categoría   | Escala numérica | Síntomas   |
| Primaria  | 0               | Sana o incubando al patógeno                           |
|   | 1               | Caída de frutos <sup>1</sup>                           |
|   | 2               | Una inflorescencia necrótica <sup>1</sup>              |
|   | 3               | Dos o más inflorescencias necróticas <sup>1</sup>      |
| Amarillamiento  | 4               | Amarillamiento solamente en las hojas inferiores       |
|   | 5               | Amarillamiento en las hojas inferiores y hojas medias  |
|   | 6               | Todas las hojas amarillas, la hoja bandera sana        |
| Etapa final   | 7               | Hoja bandera muerta, algunas hojas pueden estar verdes |
|   | 8               | Hoja bandera muerta, todas las hojas amarillas         |
|   | 9               | Palma muerta (aspecto de poste telefónico)             |

<sup>1</sup>Puede o no tener una hoja amarilla flácida en el centro de la corona. McCoy *et al.*, 1983.

la Figura 4. Esta escala incluye la etapa asintomática o incubación (etapa 0), la cual puede tener una duración de 10 a 12 meses. La caída de frutos de diferentes edades, incluyendo maduros, verdes y brotes de todos los tamaños (etapa 1); la aparición de una inflorescencia necrosada, presencia de áreas necróticas en las puntas de



**Figura 4.** Escala de severidad de daños por ALC. (1) caída prematura de frutos, (2) una inflorescencia necrótica, (3) más de una inflorescencia necrótica, (4) amarillamiento sólo en hojas inferiores, (5) amarillamiento en hojas inferiores y porción media, (6) todas las hojas amarillas y hojas nuevas en buen estado, (7) hoja nueva muerta, aún con algunas hojas verdes, (8) todas las hojas amarilla.

las inflorescencias abiertas, inflorescencias que al abrirse presentan una necrosis casi total y las que no abren se encuentran necrosadas parcial o totalmente (etapa 2); dos o más inflorescencias necrosadas (etapa 3); amarillamiento en solamente las hojas más bajas (etapa 4); amarillamiento en hojas más bajas e intermedias avanzando hacia la corona (etapa 5), y amarillamiento en todas las hojas, pero aún permanece verde la hoja bandera (etapa 6); las hojas amarillas presentan turgencia, no se notan flácidas como en el caso de algunas enfermedades; las hojas amarillas posteriormente se tornan color café, se secan y quedan colgando, caen rápidamente o son fácilmente arrancadas (etapa 7). La etapa final es la muerte de la yema apical, haciendo que la hoja desplegada más joven (la hoja de la lanza o bandera) se caiga; esto ocurre cuando la mitad de las hojas se tornan amarilla, la hoja nueva que emerge se colapsa y puede quedar colgando en la corona (etapa 8). Finalmente todas las hojas caen quedando el tallo desnudo el cual se le conoce como "poste telefónico" (etapa 9). La secuencia completa de los síntomas desde la caída inicial de frutos a la muerte de la yema por lo general tarda de 3 y 6 meses (Howard, 2001; Dollet, Quaicoe *et al.*, 2009).



**Figura 5.** Eliminación de palmas enfermas cortada en secciones.

La detección e identificación del fitoplasma es necesaria para un diagnóstico exacto de la enfermedad. Este puede ser dividido en tres fases: a) extracción de ADN total de plantas sintomáticas, b) Amplificación por PCR de ADN específico de fitoplasma y secuenciación del fragmento amplificado, c) caracterización del fragmento amplificado se realiza por medio de enzimas de restricción (RFLP) o con primers específicos, con el cual se puede determinar el grupo y subgrupo al que pertenecen el fitoplasma (Eziashi and Omamor, 2010).

**Erradicación de plantas enfermas.** - Una vez confirmada la presencia del fitoplasma en palmas enfermas, estas deben ser eliminadas en su totalidad. Esto permitirá reducir la tasa de propagación de la enfermedad. Las plantas que muestran los síntomas de la enfermedad deben ser cortadas con una motosierra (Figura 5). El tallo y las

hojas deben ser cortado en secciones de aproximadamente un metro para facilitar su secado (Eziashi and Omamor, 2010). La erradicación rigurosa cuando se detectan las primeras plantas enfermas, retrasa la propagación de la enfermedad puede ser inmediatamente después de la eliminación, se debe replantar con material resistente. Bonnot *et al.* (2010), sugieren que un control más eficaz de la enfermedad podría lograrse mediante la eliminación de árboles asintomáticos en la proximidad de los sintomáticos. Sin embargo, reconoce que es necesario hacer trabajos de investigación para identificar la distancia óptima para la eliminación de plantas.

**Manejo del vector.**- El conocimiento acerca de los insectos vectores y hospederos alternos es crucial para limitar el progreso del ALC. El control de *H. crudus* (vector) se ha realizado mediante la aplicación de insecticidas para limitar los brotes de enfermedad (Bertaccini and Duduk, 2009). Sin embargo, el control del ALC a través del manejo del insecto adulto, con aplicación de insecticidas, ha sido errático (Weissling and Broschat, 1999). La efectividad varía de acuerdo a la molécula química utilizada, la capacidad de vuelo de este Cixíido, hábito de alimentación y protección (envés de los folíolos), entre otras causas.

Este método de control se basa en la presencia de adultos y no considera la etapa ninfal. En este sentido, una alternativa es el control del vector en su estado ninfal. *Haplaxius crudus* presenta etapas ninfales activas en la rizósfera de diferentes especies de plantas de la familia de poáceas (Figura 6) (Howard, 2001), algunas ciperáceas y verbenáceas. Cuarenta especies de arvenses han sido reportadas como hospederas de *H. crudus*; de esas, 36 pertenecen a la familia Poacea, tres Cyperaceae y una Verbenaceae (Tsai y Kirsch, 1978).

Por lo anterior, el manejo del ALC debe considerar como blanco a las etapas inmaduras del insecto, las plantas hospederas del fitoplasma y del vector (Mori *et al.*, 2015). A su vez, el manejo de arvenses para reducir estos microhábitats de ninfas se convierte en una estrategia efectiva para reducir la presión del inoculo del fitoplasma

y finalmente los niveles de infestación de la población de vectores (Nicholls, 2008; Landi *et al.*, 2015). Se puede pensar en la eliminación de las especies vegetales hospederas de las etapas ninfales o en el reemplazamiento de estas arvenses por cultivos de cobertera, principalmente, leguminosas como son: *Arachis pintoi*, *Cajanus indicus*, *Canavalia ensiformis*, *Desmodium ovalifolium*, entre otras especies estudiadas y recomendadas por su potencial para control de plagas, enfermedades y fijación de N.

### Control de hospederos alternos de fitoplasma.

- Las malezas o arvenses juegan un papel muy importante en la incidencia y dispersión de enfermedades, ya que actúan como reservorios alternativos para los agentes patógenos (bacterias, virus, fitoplasmas, entre otros) y sus vectores (Wisler and Norris, 2005), ya que el fitoplasma del ALC posee un rango considerable de arvenses. Algunos resultados en plantaciones de cocotero de Jamaica y Mozambique, sugieren que las arvenses pueden servir como fuente de inóculo del fitoplasma. Esto implica que la transmisión de la enfermedad en una plantación de coco no debe producirse sólo de una planta de coco a otro, sino que a partir de un huésped alternativo que puede servir como un reservorio del fitoplasma. Debido a que una especie de arvense puede funcionar de microhábitat para más de una especie de insecto vector, puede llegar a formarse una mezcla de interacciones multitróficas. Así al considerar que muchos insectos vectores tienen la capacidad de transmitir más de un



**Figura 6.** Presencia de ninfas de *Haplaxius crudus* en el sistema radical de *Panicum laxum*. Ejido Ojoshal, Cárdenas, Tabasco.

fitoplasma. Lo anterior resultaría en que muchos de estos vectores son capaces de llevar a dos o más cepas de fitoplasmas (Halbert *et al.*, 2014).

### CONCLUSIONES

**E**n el control de las enfermedades fitoplasmáticas, la principal preocupación es a menudo la prevención más que el tratamiento. Sin embargo, las diferentes estrategias existentes se han

considerado por separado. Entre las principales estrategias para el manejo del ALC, se pueden considerar: el uso de híbridos resistentes y eliminación de plantas enfermas. Sin embargo, es importante integrar las que incluyen el control de los insectos vectores y sus plantas hospederas, además, es identificar y eliminar las arvenses que pueden actuar como hospederas de fitoplasma, actuando como fuentes de inóculo.

### LITERATURA CITADA

- Abeysinghe S., Abeysinghe P. D., Kanatiwela-de Silva C., Udagama P., Warawichanee K., Aljafar N., Kawicha P., Dickinson M. 2016. Refinement of the taxonomic structure of 16srxi and 16srxiv phytoplasmas of gramineous plants using multilocus sequence typing. *Plant Disease* 100 (10): 2001-2010.
- Arocha-Rosete Y., Konan J. L. K., Diallo A. H., Allou K., Scott J. A. 2014. Identification and molecular characterization of the phytoplasma associated with a lethal yellowing-type disease of coconut in cote d'ivoire. *Canadian Journal of Plant Pathology* 36(2): 141-150.
- Arroyo-Serralta G. A., Zizumbo-Villareal D., Escalante-Erosa F., Peña-Rodríguez L. M. 2012. Cuticular wax composition of coconut palms and their susceptibility to lethal yellowing disease. *Journal of the Mexican Chemical Society* 56 (1): 67-71.
- Baudouin L., Lebrun P., Berger A., Myrie W., Been B., Dollet M. 2008. The panama tall and the maypan hybrid coconut in jamaica: Did genetic contamination cause a loss of resistance to lethal yellowing? *Euphytica* 161(3): 353-360.
- Been, B. 1981. Observations on field-resistance to lethal yellowing in coconut varieties and hybrids in jamaica. *Oléagineux* 36(1): 9-11.
- Bertaccini A., Duduk B. 2009. Phytoplasma and phytoplasma diseases: A review of recent research. *Phytopathologia Mediterranea* 48(3): 355-378.
- Bertaccini A., Duduk B., Paltrinieri S., Contaldo N. 2014. Phytoplasmas and phytoplasma diseases: A severe threat to agriculture. *American Journal of Plant Sciences* 5(12), 1763- 1788.
- Bila J., Mondjana A., Samils B., Hogberg N. 2015. High diversity, expanding populations and purifying selection in phytoplasmas causing coconut lethal yellowing in mozambique. *Plant Pathology* 64(3): 597-604.
- Bonnot F., De Franqueville H., Lourenço E. 2010. Spatial and spatiotemporal pattern analysis of coconut lethal yellowing in mozambique. *Phytopathology* 100(4): 300-312.
- Broschat T. K., Crane J. H. 2000. The coconut palm in florida. University of Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agriculture Sciences, EDIS.
- Dery S. K., Philippe R., Baudouin L., Quaicoe R. N., Nkansah-Poku J., Owusu-Nipah J., Arthur R., Dare D., Yankey N., Dollet M. 2008. Genetic diversity among coconut varieties for susceptibility to cape st paul wilt disease. *Euphytica* 164(1): 1-11.
- Dollet, M. 1999. Agents pathogènes. In: Mariau D.s (ed.). *Les maladies des cultures pérennes tropicales*. CIRAD. Montpellier, France. pp. 77-111.



- Dollet M., Quaiçoe R. N., Pilet F.. 2009. Review of coconut "lethal yellowing" type diseases: Diversity, variability and diagnosis. OCL. Oléagineux corps gras lipides 16(2): 97-101.
- Eziashi E., Omamor I.. 2010. Lethal yellowing disease of the coconut palms (*Cocos nucifera* L.): An overview of the crises. African Journal of Biotechnology 9(54): 9122-9127.
- FAOSTAT. 2017. Cultivos. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>. (Consultado 3/07/2017).
- Halbert, S. E., Wilson S. W., Bextine B., Youngblood S. B.. 2014. Potential planthopper vectors of palm phytoplasmas in florida with a description of a new species of the genus Omolicna (Hemiptera: Fulgoroidea). Florida Entomologist 97(1): 90-97.
- Harrison N. A., Helmick E. E., Elliott M. L.. 2008. Lethal yellowing-type diseases of palms associated with phytoplasmas newly identified in Florida, USA. Annals of Applied Biology 153(1): 85-94.
- Harrison N. A., Narvaez M., Almeyda H., Cordova I., Carpio M. L., Oropeza C.. 2002. First report of group 16SrIV phytoplasmas infecting coconut palms with leaf yellowing symptoms on the Pacific Coast of Mexico. Plant Pathology 51(6): 808-808.
- Howard F., Norris R., Thomas D.. 1983. Evidence of transmission of palm lethal yellowing agent by a planthopper, *Myndus crudus* (Homoptera, Cixiidae). Tropical Agriculture 60(3): 168-171.
- Howard F. W., Gibblin-Davis R., Moore D., Abad R. 2001. Sap-feeders on palms. Insects on palms. Ed. CABI Publishing, 414.
- Kelly P., Reeder R., Kokoa P., Arocha Y., Nixon T., Fox A.. 2011. First report of a phytoplasma identified in coconut palms (*Cocos nucifera*) with lethal yellowing-like symptoms in Papua New Guinea. New Disease Report 23 (9).
- Killmann, W. 2001. Non-forest tree plantations. FAO Forest Plantations Thematic Papers: Working Paper, FP/6 Fao, Roma.
- Landi L., Riolo P., Murolo S., Romanazzi G., Nardi S., Isidoro N.. 2015. Genetic variability of stolbur phytoplasma in *Hyalesthes obsoletus* (Hemiptera: Cixiidae) and its main host plants in vineyard agroecosystems. Journal of Economic Entomology 108(4): 1506-1515.
- Lebrun P., Baudouin L., Myrie W., Berger A., Dollet M.. 2008. Recent lethal yellowing outbreak: Why is the malayan yellow dwarf coconut no longer resistant in jamaica? Tree Genetics & Genomes 4(1): 125-131.
- Maramorosch K. 1978. Amarelecimento letal do coqueiro: Distribuicao impacto e implica coes mundiais. Fitopatologia Brasileira 3:135-148.
- McCoy R. E., Howard F. W., Tsai J. H., Donselman H. M., Thomas D.L., Basham H.G., Atilano R.A., Eskafi F.M., Britt L., Collins M.E. 1983. Lethal yellowing of palms. IFAS. Gainesville. Bulletin 834.
- Mori N., Pavan F., Maixner M.. 2015. Control of *Hyalesthes obsoletus* nymphs based on chemical weeding and insecticides applied on *Urtica dioica*. VITIS-Journal of Grapevine Research 53: 103.
- Nejat, N., K. Sijam, S. N. A. Abdullah, G. Vadamalai, M. Dickinson. 2009a. First report of a 16SrIV, '*Candidatus* phytoplasma cynodontis' group phytoplasma associated with coconut yellow decline in Malaysia. Plant Pathology 58: 389-389.
- Nejat N., Sijam K., Abdullah S. N. A., Vadamalai G., Dickinson M.. 2009b. Phytoplasmas associated with disease of coconut in Malaysia: Phylogenetic groups and host plant species. Plant Pathology 58(2): 1152-1160.
- Nejat N., Sijam K., Abdullah S. N. A., Vadamalai G., Sidek Z., Dickinson M.. 2010. Development of a taqman real-time pcr for sensitive detection of the novel phytoplasma associated with coconut yellow decline in malaysia. Journal of Plant Pathology 92(3): 769-773.
- Nejat N., Vadamalai G., Davis R. E., Harrison N. A., Sijam K., Dickinson M., Abdullah S. N. A., Zhao Y.. 2013. '*Candidatus* phytoplasma Malaysianum', a novel taxon associated with virescence and phyllody of madagascar periwinkle (*Catharanthus roseus*). International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology 63: 540-548.
- Nicholls C. 2008. Bases agroecológicas para diseñar e implementar una estrategia de manejo de hábitat para control biológico de plagas. Agroecología 1: 37-48.
- Ntushelo K., Harrison N. A., Elliott M. L.. 2013. Palm phytoplasmas in the Caribbean basin. Palms 57(2): 93-100.
- Oropeza C., Escamilla J., Mora G., Zizumbo D., Harrison N.. 2005. Coconut lethal yellowing. Status of Coconut Genetic Resources. IPGRI-APO, Serdang, Malaysia: 349-363.
- Pérez-Hernández O., Góngora-Canul C. C., Medina-Lara M. F., Oropeza-Salín C., Escamilla-Bencomo J. A., Mora-Aguilera G.. 2004. Patrón espacio-temporal del amarillamiento letal en cocotero (*Cocos nucifera* L.) en Yucatán, México. Revista Mexicana de Fitopatología 22(2): 231-238.
- Perilla-Henao L. M., Casteel C. L.. 2016. Vector-borne bacterial plant pathogens: Interactions with hemipteran insects and plants. Frontiers in Plant Science 7(1163): 1-15.
- Rosete, Y. A., J. L. Konan-Konan, A. H. Diallo, K. Allou, J. Scott. 2015. Analyses based on the 16s rRNA and seca genes identify a new phytoplasma subgroup associated with a lethal yellowing-type disease of coconut in côte d'ivoire. Phytopathogenic Mollicutes 5: S57-S58.
- SIAP. 2016. Atlas agroalimentario 2016. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. México. p. 236.
- Thieme J. 1968. La industria del aceite de coco.-l'industrie de l'huile de coco coconut oil processing. FAO, Roma (Italia). 82 p.
- Tsai, J. H., O. H. Kirsch. 1978. Bionomics of *Haplaxius crudus* (Homoptera: Cixiidae). Environmental Entomology 7(2): 305-308.
- Weissling T. J., Broschat T. K.. 1999. Integrated management of palm pests. Proceedings-Florida State Horticultural Society. pp. 247-250.
- West R. C., Psuty N. P., Thom B. G. 1987. Las tierras bajas de Tabasco en el sureste de México. Gobierno del Estado de Tabasco. Instituto de Cultura de Tabasco. México. 326 p.
- Wisler G. C., Norris R. F.. 2005. Interactions between weeds and cultivated plants as related to management of plant pathogens. Weed Science 53(6): 914-917.
- Zizumbo-Villarreal D., Fernández-Barrera M., Torres-Hernández N., Colunga-GarcíaMarín P. 2005. Morphological variation of fruit in mexican populations of *Cocos nucifera* L. (Arecaceae) under *in situ* and *ex situ* conditions. Genetic Resources and Crop Evolution 52(4): 421-434.

# ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LAS PRÁCTICAS LOCALES DE CRÍA Y MANEJO DEL GUAJOLOTE NATIVO (*Meleagris gallopavo* L.) EN CAMPECHE, MÉXICO

## DESCRIPTIVE ANALYSIS OF THE LOCAL PRACTICES FOR BREEDING AND MANAGEMENT OF NATIVE TURKEY (*Meleagris gallopavo* L.) IN CAMPECHE, MÉXICO

Portillo-Salgado, R.<sup>1</sup>; Herrera-Haro, J.G.<sup>1\*</sup>; Bautista-Ortega, J.<sup>2</sup>; Ortega-Cerrilla, M.E.<sup>1</sup>; Sánchez Villarreal, A.<sup>2</sup>; Bárcena Gama, J.R.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Carretera México-Texcoco, Km 36.5, Montecillo, Texcoco, México. C.P.56230. <sup>2</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Campeche. Carretera Haltun-chén-Edzná Km. 17.5, Sihochac, Champotón, Campeche. C.P. 24450.

\*Autor de correspondencia: haro@colpos.mx

### RESUMEN

Se realizó un estudio transversal en 48 unidades de producción avícola (UP) en pequeña escala ubicadas en comunidades indígenas mayas del centro-sur de Campeche, México, para conocer las prácticas de crianza y manejo del guajolote nativo (*Meleagris gallopavo* L.) y establecer una agrupación de las UP como base de un programa de desarrollo. Se estimaron los estadísticos descriptivos y realizó una agrupación tipológica basada en un análisis de componentes principales (CP) usando el programa estadístico SAS. Los resultados evidenciaron el papel preponderante de la mujer en el manejo de las aves (91.6%), con edad de 46 años o más (43.7%) y escolaridad básica (41.6%). La carne del guajolote se destina principalmente al autoconsumo (60.4%) y el huevo para incubación natural y consumo. Las parvadas están constituidas mayormente por aves en etapa juvenil con  $4.93 \pm 0.71$  machos y  $4.7 \pm 0.7$  hembras por unidad de producción. El 62.5% de los productores alimenta a las aves adultas con maíz producido en su UP y alimento comercial para pavipollos (95.6%). Las enfermedades más comunes son las respiratorias (34.2%) y digestivas (34.2%), consecuencia de una baja frecuencia de aplicación de vacunas (28.2%). La amplia variación de las UP se relacionó con el tamaño de la parvada, edad a la madurez sexual, venta anual de guajolotes adultos, producción de huevo, y años de experiencia en el manejo de las aves, lo que permitió agruparlas en cuatro CP que explicaron el 76.6% de la variación total. Esta agrupación tipológica de UP puede servir de base para programas de desarrollo regional.

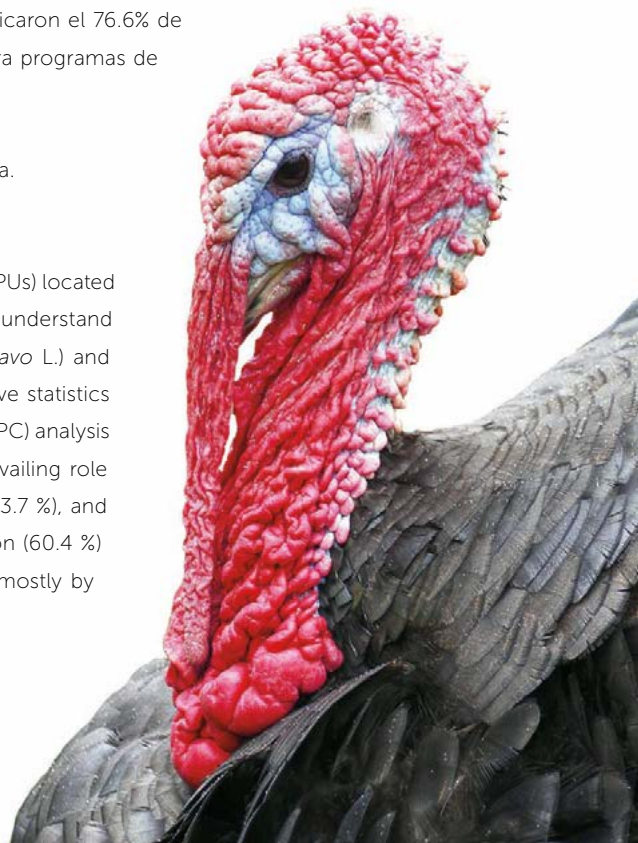
**Palabras clave:** Autoconsumo, cocono nativo, unidades de producción avícola.

### ABSTRACT

A transversal study was carried out in 48 small-scale poultry production units (PUs) located in Maya indigenous communities in center-south Campeche, México, to understand the breeding and management practices for native turkey (*Meleagris gallopavo* L.) and establishing a group of PUs as a basis of a development program. Descriptive statistics were estimated and a typological grouping based on a principal components (PC) analysis was made, using the SAS statistical program. The results evidenced the prevailing role of women in poultry management (91.6%), with age of 46 years or more (43.7%), and basic schooling (41.6%). Turkey meat is destined mostly to auto-consumption (60.4%) and egg for natural incubation and consumption. The flocks are made up mostly by

**Agroproductividad:** Vol. 11, Núm. 1, enero. 2018. pp: 88-94.

**Recibido:** julio, 2017. **Aceptado:** octubre, 2017.



juvenile stage birds with  $4.93 \pm 0.71$  males and  $4.7 \pm 0.7$  females per production unit. Of the producers, 62.5 % feeds adult birds with maize produced in their PU and commercial feed for poults (95.6 %). The most common diseases are respiratory (34.2 %) and digestive (34.2 %), consequence of a low frequency of vaccine application (28.2 %). The broad variation of the PUs was related to the size of the flock, age of sexual maturity, annual sale of adult turkeys, egg production, and years of experience with poultry management, which allowed grouping them into four PC that explained 76.6 % of the total variation. This typological grouping of PUs can serve as the basis for regional development programs.

**Keywords:** Auto-consumption, native turkey, poultry production units.

## INTRODUCCIÓN

La domesticación del guajolote (*Meleagris gallopavo* L.) data de la época prehispánica y forma parte del patrimonio cultural de las comunidades mayas del trópico mexicano, como las ubicadas en el medio rural de Campeche. Estas tienen una amplia tradición en su crianza y conservación, cuyo valor socio-cultural radica en ser un alimento ceremonial por excelencia, el cual es sacrificado en festividades familiares y ofrecido a invitados especiales (Lee Whiting, 2005), privilegiando la convivencia e intercambio social, además de ser objeto de distinción y jerarquía entre comunidades (Estrada-Mora *et al.*, 2013). En la actualidad, el guajolote nativo es el segundo recurso avícola de mayor importancia en las explotaciones de traspatio (Gutiérrez-Triay *et al.*, 2007), contribuyendo con sus productos a incrementar la calidad de la alimentación de las familias y complementar ingresos económicos por su comercio local; por ello, en la actualidad se considera una opción para la seguridad alimentaria y conservación de los recursos genéticos avícolas locales (Aquino *et al.*, 2003). El conocimiento tradicional de su crianza, desde su domesticación en México, ha permitido preservar poblaciones con características de adaptación y resistencia, indispensables para sobrevivir en condiciones difíciles de clima, restricciones alimenticias y manejo rudimentario (Estrada-Mora *et al.*, 2013). Por ello, las estrategias de selección, mejora genética y conservación del guajolote nativo deben estar en equilibrio con las condiciones rurales que prevalecen donde se crían, siendo urgente caracterizar su entorno

actual de producción (FAO, 2014). El objetivo del estudio fue evaluar las prácticas de crianza y manejo del guajolote local (*Meleagris gallopavo*) y realizar una agrupación de unidades de producción basada en variables socioeconómicas en el centro-sur de Campeche, México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en comunidades rurales del centro-sur del estado de Campeche, México ( $17^{\circ} 48'$  y  $20^{\circ} 52'$  N y  $89^{\circ} 06'$  y  $92^{\circ} 27'$  O), con una altitud de entre 3 a 10 m. El clima predominante es tropical subhúmedo con lluvias en verano (Aw), temperatura de  $27.1^{\circ}\text{C}$  y precipitación media anual de 1120.4 mm (INEGI, 2014). El estudio fue de tipo transversal, realizado en el periodo de agosto a diciembre de 2016 en 16 comunidades rurales, seleccionadas según un muestreo aleatorio irrestricto que incluyó los municipios de Campeche (Adolfo Ruíz Cortinez, Cayal, Nilchi, Pueblo Nuevo, San Luciano, Tixmucuy), Champotón (Arellano, Cañaveral, Km 67, Graciano Sánchez, San Juan Carpizo) y Escárcega (El Huero, Francisco I. Madero, José López Portillo, Km 74, Nuevo Campeche). Se aplicó una encuesta directa *in situ* a 48 jefes de familia, apoyándose en un cuestionario semiestructurado que incluyó variables relacionadas con el estatus socioeconómico del productor, sexo, edad, experiencia en la actividad, ocupación, nivel de educación y dependientes económicos. Asimismo, se evaluaron las prácticas de manejo: alimentación, sanidad y reproducción de las parvadas; características de los alojamientos y comercialización del guajolote y sus productos (carne y huevo). Para corroborar y complementar la información, se realizaron visitas periódicas a las UP.

La información fue analizada calculando los estadísticos descriptivos estimando medias y tablas de frecuencias de cada una de las variables que describen el sistema de producción. Después de estandarizar las variables se realizó un Análisis de Componentes Principales que permitió reducir el espacio multidimensional de la base de datos en un espacio menor de nuevas variables expresadas como función lineal de las variables originales, las cuales explican la relación existente entre las UP y su posible agrupación. Se usó el programa estadístico SAS (SAS, 2016 ver. 9.4).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Perfil socioeconómico de los productores

Los resultados evidenciaron que 91.6% de los encargados de la crianza y manejo del guajolote son

mujeres (Figura 1). La mayoría son amas de casa (87.5%) con 46 o más años de edad (43.7%) y escolaridad de seis años (41.6%) (Cuadro 1), cuya actividad en muchas ocasiones es apoyadas por niños, principalmente en las labores de alimentación de los animales. El motivo principal de la crianza es para aprovechar las hembras como incubadoras naturales del huevo que se produce en el traspatio (propio y gallinas criollas con que coexisten), autoconsumo (60.4%), venta de machos (35.4%) con un peso de 4 a 5 kg. El 92.8% de productores vende los guajolotes en la época navideña y en ceremonias religiosas (7.14%) a un precio medio de \$ 536.9±2.29 MXN.

**Cuadro 1.** Estatus socioeconómico de los productores que crían guajolote (*Meleagris gallopavo*) nativo en la región centro-sur de Campeche, México.

| Parámetro                                 | Frecuencia | %    |
|---|------------|------|
| <b>Sexo</b>                               |            |      |
| Masculino                                 | 4          | 8.3  |
| Femenino                                  | 44         | 91.6 |
| <b>Edad (años)</b>                        |            |      |
| 15-25                                     | 3          | 6.2  |
| 26-35                                     | 8          | 16.6 |
| 36-45                                     | 16         | 33.3 |
| >46                                       | 21         | 43.7 |
| <b>Experiencia en la actividad (años)</b> |            |      |
| 1-10                                      | 27         | 56.2 |
| 11-20                                     | 11         | 22.9 |
| 21-30                                     | 4          | 8.3  |
| >31                                       | 6          | 12.5 |
| <b>Escolaridad</b>                        |            |      |
| Primaria                                  | 20         | 41.6 |
| Secundaria                                | 19         | 39.5 |
| Sin estudios                              | 9          | 18.7 |
| <b>Ocupación</b>                          |            |      |
| Ama de casa                               | 42         | 87.5 |
| Comerciante                               | 6          | 12.5 |
| <b>Habla alguna lengua indígena</b>       |            |      |
| Si  | 34         | 70.8 |
| No  | 14         | 29.2 |
| <b>Dependientes económicos</b>            |            |      |
| 0-3                                       | 13         | 27.1 |
| 4-6                                       | 27         | 56.2 |
| >7  | 8          | 16.7 |
| <b>Motivo principal de la crianza</b>     |            |      |
| Tradición familiar                        | 2          | 4.1  |
| Autoconsumo                               | 29         | 60.4 |
| Comercialización                          | 17         | 35.4 |



**Figura 1.** Participación de la mujer en la crianza y manejo del guajolote nativo (*Meleagris gallopavo*) en el centro-sur de Campeche, México.

La comercialización del guajolote se realiza en la misma comunidad (40.8%) y el resto lo venden a restaurantes de la Ciudad de Campeche (40.4%) que lo ofrecen como un platillo preferente (relleno negro o mole de guajolote). El animal sacrificado sirve de complemento a la dieta de la familia, constituidas de 4 a 6 integrantes (56.2%), situación similar a lo informado por Canul *et al.* (2011) en Yucatán, México. Es común el intercambio de pie de cría en forma remunerada entre familias y vecinos, lo que sugiere aumento de la endocría, con efectos desfavorables en la reproducción.

**Estructura y características reproductivas de la parvada**

Las parvadas de guajolotes están constituidas mayormente por aves en etapa juvenil (Cuadro 2), con 4.93±0.71 machos y 4.7±0.74 hembras, datos que resultan inferiores a los encontrados por Candelaria-Martínez *et al.* (2016) en este mismo estado. En etapa adulta existe mayor abundancia de hembras (4.27±0.54), debido a la importancia que tienen en la producción e incubación de huevos. Las hembras rompen postura antes de cumplir el año de edad, situación diferente a la encontrada en guajolotes nativos en Nigeria, África, ya que los productores utilizan animales mayores a un año

de edad para la reproducción (Ngu *et al.*, 2014). Estas aves presentan dos posturas al año, poniendo en promedio  $13.81 \pm 0.41$  huevos por postura, semejante a lo reportado por López-Zavala *et al.* (2008) en guajolotes autóctonos de Michoacán, México. Anidan dos veces al año, incubando  $14.39 \pm 0.48$  huevos, de los cuales 71.2% eclosionan en aproximadamente  $30.02 \pm 0.24$  días. Esta baja productividad podría deberse al inadecuado manejo de la "cloequez" de las hembras (estado fisiológico normal en el que las hembras de aves dejan de poner huevos y se concentran en su incubación una vez que han completado la nidada). Al respecto, Juárez y Gutiérrez (2009) afirman que, para aumentar la producción es importante el colocar a las aves en jaulas como una medida anti-cloequez.

La alimentación del guajolote se basa en los insumos que disponen los traspattios, además de lo que el animal cosecha en pastoreo, variando su dieta con la edad. El maíz en grano (*Zea mays* L.) se proporciona a guajolotes adultos (62.5%), además de masa de maíz, salvadillo y desperdicios de cocina (tortilla, pan, frutas y verduras) (31.2%). Para pavipollos en sus primeras etapas de crecimiento se utiliza alimento comercial (95.6%) el cual disminuye su mortalidad. Durante el pastoreo, los guajolotes consumen hierbas, pastos, gusanos e insectos que recogen directamente del suelo (Figura 2); con esta práctica se favorece la aportación de proteína a la dieta de los animales (Tovar-Paredes *et al.*, 2015), además de que no genera problemas de enfermedades debido a la resistencia y adaptación de estas aves a condiciones lo-



**Figura 2.** El pastoreo como alternativa de alimentación de guajolotes nativos (*Meleagris gallopavo*) en la región centro-sur de Campeche, México.

**Cuadro 2.** Estructura y características reproductivas de las parvadas de guajolotes nativos (*Meleagris gallopavo*) en la región centro-sur de Campeche, México.

| Parámetro                                 | $\bar{X} \pm EEM$ |
|---|-------------------|
| Guajolotes adultos <sup>§</sup>           |                   |
| ♂   | 3.93±0.52         |
| ♀   | 4.27±0.54         |
| Guajolotes jóvenes <sup>§</sup>           |                   |
| ♂   | 4.93±0.71         |
| ♀   | 4.7±0.74          |
| Edad al inicio de la reproducción (meses) |                   |
| ♂   | 9.22±0.32         |
| ♀   | 7.48±0.31         |
| Duración de la postura (días)             | 22.17±0.99        |
| Producción de huevos por postura          | 13.81±0.41        |
| No. de huevos por incubación              | 14.39±0.48        |
| No. de huevos que eclosionan              | 10.26±0.42        |
| Periodo de incubación (días)              | 30.02±0.24        |

<sup>§</sup>>8 meses, <sup>§</sup><8 meses.  $\bar{X} \pm EEM$ : Media  $\pm$  error estándar de la media.

cales (Cruz-Sánchez *et al.*, 2016). El agua que consumen los guajolotes es potable (85.4%) y de pozos profundos (14.6%).

**Alojamiento e instalaciones**

El 72.1% de productores confina a sus guajolotes en corrales rústicos e instalaciones tecnificadas (27.9%), junto con gallinas criollas y patos (46.6%), con ganado ovino, bovino y equinos (22.2%) y, en ocasiones, son separados del resto de animales (31.1%). Los alojamientos (corrales y gallineros) son construidos por las familias, usando materiales disponibles en la UP: postes y pedazos de madera, cañas de carrizo, bolsas diversas y costales de plástico, con paredes de malla de alambre (Figura 3). El techo es de láminas de cartón y hojas de guano y, en menor proporción, de láminas de zinc. Como bebederos utilizan recipientes de plástico desechados de la cocina (45.8%), llantas de auto (33.3%) y bebederos especiales para aves (12.5%). Lo mismo ocurre en los comederos, que usan recipientes de plástico (52.1%) y especiales para aves (10.4%), aunque es común que algunos productores (37.5%) ofrezcan el alimento en el suelo. El piso del gallinero es principalmente de tierra.

Similares características han sido informadas para los gallineros de traspatio en Yucatán (Gutiérrez-Triay et al., 2007).

### Manejo sanitario

El 70.8% de los productores entrevistados no aplican vacunas (Cuadro 4), pero realizan prácticas de desparasitación (56.2%). El 28.2 % de productores vacunan principalmente contra viruela. Los problemas de mortalidad se presentan tanto en animales jóvenes como en adultos (78.4%). Las enfermedades reportadas en las explotaciones fueron las respiratorias (34.2%): gripe, moquillo y fiebre, principalmente, y las digestivas (34.2%), específicamente diarreas mecánicas y parasitarias; lo anterior difiere a lo descrito en las parvadas de Oaxaca y Puebla (Camacho-Escobar et al., 2006; Estrada-Mora et al., 2013), en las que predominó la viruela, la cual en algunos estudios previos ha sido reportada como específica de guajolotes (Ferreira et al., 2016). Las enfermedades se presentan con mayor frecuencia en la época más fría (41.5%) y cuando hay un exceso de calor (36.6%). El 75.6% de familias entrevistadas mencionó que para contrarrestar las enfermedades aplican tratamientos veterinarios en forma de pastillas, gotas orales y vacunas, muchas veces estas de uso humano. Asimismo, 19.5% utiliza tratamientos caseros (plantas medicinales, blanqueador de ropa, aceite vegetal, limón, etcétera) y algunos compuestos a base de terramicina.

**Cuadro 4.** Indicadores de sanidad en la crianza del guajolote nativo (*Meleagris gallopavo*) en la región centro-sur de Campeche, México.

| Parámetro                                       | Frecuencia | %    |
|---|------------|------|
| <b>Utiliza vacunas</b>                          |            |      |
| Si  | 14         | 29.2 |
| No  | 34         | 70.8 |
| <b>Utiliza desparasitantes</b>                  |            |      |
| Si  | 27         | 56.2 |
| No  | 21         | 43.7 |
| <b>Principales enfermedades</b>                 |            |      |
| Viruela   | 13         | 31.7 |
| Digestivas                                      | 14         | 34.2 |
| Respiratorias                                   | 14         | 34.2 |
| <b>Época de mayor presencia de enfermedades</b> |            |      |
| Calor   | 15         | 36.6 |
| Frio  | 17         | 41.5 |
| Lluvias   | 9          | 21.9 |
| <b>Tipo de tratamiento</b>                      |            |      |
| Veterinario                                     | 31         | 75.6 |
| Casero  | 8          | 19.5 |
| Ninguno   | 4          | 4.9  |



**Figura 3.** Características de las instalaciones utilizadas como corrales en la avicultura de traspatio en comunidades rurales de Campeche, México.

### Agrupación de UP mediante análisis de Componentes Principales

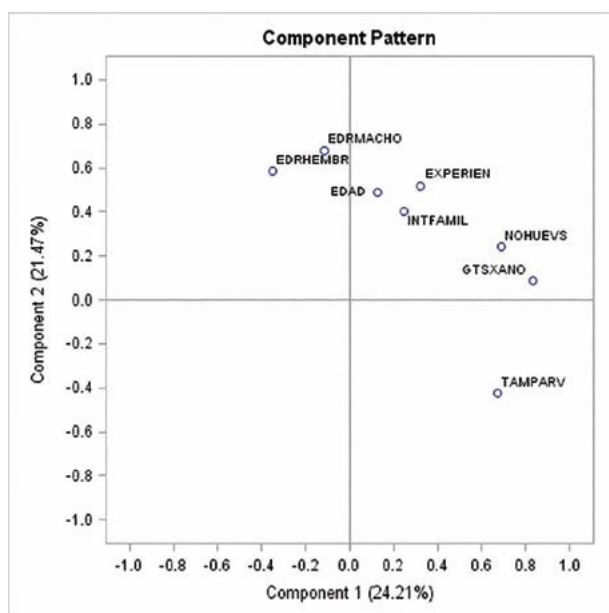
El ACP agrupó a las unidades de producción (UP) con base en sus características socioeconómicas y técnicas en cuatro componentes (CP) que explicaban 76.57% de la variación total (Cuadro 5). El CP1 reveló la mayor variación (24.21%) e incluyó al número de aves vendidas al año (0.597), la producción de huevos por postura (0.495) y el tamaño de la parvada (0.482). CP2 explicó 21.47% de la variación e incluyó la edad al inicio de la reproducción del macho y de la hembra (0.597 y 0.445, respectivamente) y la experiencia de los productores en la crianza del guajolote nativo (0.396). El tercer y cuarto CP presentaron correlaciones negativas entre edad del productor (-0.566), experiencia en la actividad (-0.500) y número de dependientes económicos (-0.630). Estas variables coinciden con las reportadas en el sistema de producción del guajolote criollo en la región centro-norte de Chiapas, México (Cigarroa-Vázquez *et al.*, 2013), donde las características más representativas fueron: edad, experiencia del productor, escolaridad, número de dependientes económicos y precio del animal.

**Cuadro 5.** Autovectores, autovalores ( $\lambda_i$ ) y varianza explicada (%VCP) de las características socioeconómicas y técnicas del sistema de crianza.

| Parámetro                           | CP1    | CP2    | CP3    | CP4    |
|-------------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| Edad del productor                  | 0.092  | 0.371  | -0.566 | 0.206  |
| Dependientes económicos             | 0.178  | 0.308  | 0.310  | -0.630 |
| Experiencia del productor*          | 0.233  | 0.396  | -0.500 | 0.026  |
| Tamaño de la parvada                | 0.482  | -0.325 | 0.160  | 0.426  |
| Edad al inicio de la reproducción ♀ | -0.088 | 0.518  | 0.395  | 0.188  |
| Edad al inicio de la reproducción ♂ | -0.251 | 0.445  | 0.315  | 0.422  |
| Producción de huevo/postura         | 0.495  | 0.182  | 0.026  | -0.308 |
| Aves vendidas/año (en pie)          | 0.597  | 0.064  | 0.224  | 0.259  |
| $\lambda_i$                         | 1.93   | 1.71   | 1.48   | 0.98   |
| %V                                  | 24.21  | 21.47  | 18.61  | 12.28  |

CP: componente principal,  $\lambda_i$ : autovalor, %V: varianza explicada por cada componente, \* en la crianza del guajolote nativo.

La agrupación de las UP puede ser visualizada en un biplot (Figura 4). En el primer cuadrante se encuentra el grupo más importante por la cantidad de variación explicada, que incluyó a las UP que comercializan un mayor número de aves al año y mayor producción de huevo por ciclo de postura. En la parte superior del primero y segundo cuadrante se agruparon productores con mayor experiencia en la crianza, y mayor conocimiento sobre los aspectos relacionados con la reproducción. El cuarto cuadrante agrupó explotaciones con parvadas más grandes. El análisis de correlación asoció de forma significativa ( $p < 0.01$ ) la edad del productor con su experiencia ( $r = 0.56$ ), además de correlaciones moderadas ( $p < 0.05$ ) entre tamaño de la parvada y número de aves vendidas al año ( $r = 0.53$ ), edad al inicio de la reproducción del macho con la de la hembra ( $r = 0.50$ ) y la producción de huevos por postura y número de aves vendidas al año ( $r = 0.41$ ).



**Figura 4.** Distribución espacial de características socioeconómicas y técnicas que agrupan a las unidades de producción dedicadas a la crianza del guajolote nativo (*Meleagris gallopavo*) en la región centro-sur de Campeche, México.

### CONCLUSIONES

**El guajolote** nativo juega un papel importante en la cultura ancestral de las comunidades indígenas mayas de Campeche; además, favorece la alimentación y economía de las familias mediante ingresos que se generan a partir de su crianza. El intercambio de conocimientos y saberes locales sobre su cría y manejo ha permitido conservar su germoplasma; sin embargo, la actividad presenta deficiencias en alimentación y sanidad, lo cual repercute seriamente en que las aves no expresen su verdadero potencial genético evidenciando una baja productividad. Por lo tanto, es indispensable tomar en cuenta estas condiciones en la planificación

de estrategias de selección, reproducción y conservación de este valioso recurso zoogenético.

## LITERATURA CITADA

- Aquino R.E., Arroyo L.A., Torres H.G., Riestra D.D., Gallardo L.F., López Y.B.A. 2003. El guajolote criollo (*Meleagris gallopavo* L.) y la ganadería familiar en la zona centro del estado de Veracruz. *Técnica Pecuaria en México*, 41 (2): 165-173.
- Camacho-Escobar M.A., Lira-Torres I., Ramírez-Cancino L., López-Pozos R., Arcos-García J.L. 2006. La avicultura de traspatio en la costa de Oaxaca, México. *Ciencia y Mar*, 10 (28): 3-11.
- Candelaria-Martínez B., Ramírez-Mella M., Flota-Bañuelos C., Dorantes-Jiménez J. 2016. Recursos genéticos "Criollos" de zonas rurales de Campeche, México. *Agroproductividad*, 9 (9):29-32.
- Canul S.M., Sierra V.A., Durán S.L., Zamora B.R., Ortiz O.J., Mena D.O. 2011a. Caracterización del sistema de explotación del *Meleagris gallopavo* en el centro y sur de Yucatán, México. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal*, 1: 288-291.
- Cigarroa-Vázquez F., Herrera-Haro J.G., Ruíz-Sesma B., Cuca-García J.M., Rojas-Martínez R.I., Lemus-Flores C. 2013. Caracterización fenotípica del guajolote autóctono (*Meleagris gallopavo*) y sistema de producción en la región centro norte de Chiapas, México. *Agrociencia*, 47 (6): 579-591.
- Cruz-Sánchez B., Muñoz-Rodríguez M., Santoyo-Cortés V.H., Martínez-González E.G., Aguilar-Gallegos N. 2016. Potencial y restricciones de la avicultura de traspatio sobre la seguridad alimentaria en Guerrero, México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 13: 257-275.
- Estrada-Mora A., Alcántara-Carbajal J.L., Cadena-Iñiguez J., Tarango-Arámbula L.A., Segura-León O., Escalante-Pliego P. 2013. La crianza del guajolote (*Meleagris gallopavo*) en comunidades indígenas de la región centro de México. *Agroproductividad*, 6 (6): 59-68.
- FAO. 2014. Decision tools for family poultry development. *FAO Animal Production and Health Guidelines No. 16*. Rome, Italy. 104 p.
- Ferreira B.C., Couto R.M., Ecco R., Coelho H.E., Rossi D.A. Beletti M.E., Silva P.L. 2016. Proposal of a Standard for the Condemnation for Turkey Carcasses Due to Fowlpox. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, 18 (2): 225-229.
- Gutiérrez-Triay M. A., Segura-Correa J.C., Lopez-Burgos L., Santos-Flores J., Santos-Ricalde R.H., Sarmiento-Franco L., Carvajal-Hernández M., Molina-Canul G. 2007. Características de la avicultura de traspatio en el Municipio de Tetiz, Yucatan, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 7 (3): 217-224.
- INEGI. 2014. Anuario Estadístico del Estado de Campeche. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Campeche, México.
- Juárez A., Gutiérrez E. 2009. Control de cloqueez y comportamiento productivo de guajolotas criollas. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 13 (1): 59-70.
- Lee Whiting T.A. 2005. Chalchihutotolin: gallina de piedra preciosa y la cueva de La Chumpa, municipio e Jiquipilas, Chiapas. *LiminaR: Estudios Sociales y Humanísticos*, 3 (2): 142-152.
- López-Zavala R., Monterrubio-Rico T.C., Cano-Camacho H., Chassin-Noria O., Aguilera-Reyes U., Zavala-Paramo M.G. 2008. Caracterización de sistemas de producción del guajolote (*Meleagris gallopavo gallopavo*) de traspatio en las regiones fisiográficas del estado de Michoacán, México. *Técnica Pecuaria en México*, 46 (3): 303-316.
- Ngu G.T., Butswat I.S.R., Mah G.D., Ngantu H.N. 2014. Characterization of small-scale backyard turkey (*Meleagris gallopavo*) production system in Bauchi State-Nigeria and its role in poverty alleviation. *Livestock Research for Rural Development*, 26 (1): 2014.
- SAS. Institute Inc. 2016. SAS/STAT® 14.2 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Tovar-Paredes J.L., Narváez-Solarte W., Agudelo-Giraldo L. 2015. Tipificación de la gallina criolla en los Agroecosistemas campesinos de producción en la zona de influencia de la selva de Florencia (Caldas). *Revista Luna Azul*, 41:57-72.





# COMPLEJO ENZIMÁTICO QUITINASA - DESHIDROGENASA 5: EVALUACIÓN DE SU EFICACIA Y PERSISTENCIA EN INFESTACIONES NATURALES DE *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* EN BOVINOS DEL TRÓPICO

CHITINASE-DEHYDROGENASE 5 ENZYMATIC COMPLEX: EVALUATION OF ITS  
EFFECTIVENESS AND PERSISTENCE IN NATURAL INFESTATIONS OF  
*Rhipicephalus (Boophilus) microplus* IN TROPICAL BOVINES

Arieta-R.R.J.<sup>1</sup>; Fernández, F.J.A.<sup>1</sup>; Serna, G.C.<sup>1</sup>; Acar, M.N.B.<sup>1</sup>; Tadeo, C.P.<sup>1</sup>; Rodríguez, O.N.<sup>1</sup>; Mayo, G.A.<sup>1</sup>; Patiño, M.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería en Sistemas de Producción Agropecuaria-Universidad Veracruzana. Carretera Costera del Golfo km 220, Tramo Las Hojitas. C.P. 96100 Acayucan, Veracruz. México. Tel. y fax: (924)2479122.

**Autor de correspondencia:** roarieta@uv.mx

## RESUMEN

Se evaluó la eficacia y persistencia del Complejo Enzimático Quitinasa - Deshidrogenasa 5 contra infestaciones naturales de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* en bovinos del trópico mexicano. Para ello se utilizaron 22 bovinos que fueron distribuidos en dos grupos de (n=11) recibiendo los siguientes tratamientos: grupo uno tratado con Complejo Enzimático Quitinasa - Deshidrogenasa 5, en baño por aspersión a dosis de 1 mL por cada litro de agua (5 litros por animal), grupo dos sin tratamiento (control). El número de garrapatas adultas fue determinado los días 0, 1, 2, 3, 4 y 5 pos tratamiento (PT). Los resultados indicaron diferencia estadística (p=0.0001). El Chec-5 tuvo eficacias superiores a 95% a partir del día tres. El promedio de garrapatas en el grupo tratado disminuyó significativamente. Se concluye que la alta eficacia del CHEC-5 vía tópica para el control de poblaciones de *R. microplus*, demuestra la factibilidad como alternativa de control de garrapatas en bovinos del trópico mexicano. Se demostró que el CHEC-5 presenta eficacia de 95% a partir del día tres hasta el día cinco postratamiento.

**Palabras clave:** Garrapatas, ganado vacuno, trópico mexicano, ganadería.

## ABSTRACT

The effectiveness and persistence of the Chitinase-Dehydrogenase 5 Enzymatic Complex against natural infestations of *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* was evaluated in bovines of the Mexican tropics. For this purpose, 22 bovines were used which were distributed in two groups of (n=11), receiving the following treatments: group one treated with Chitinase-Dehydrogenase 5 Enzymatic Complex, in spray bath at a dose of 1 mL for every liter of water (5 liters per animal), group two without treatment (control). The number of adult ticks was defined on days 0, 1, 2,

**Agroproductividad:** Vol. 11, Núm. 1, enero. 2018. pp: 95-98.

**Recibido:** mayo, 2016. **Aceptado:** septiembre, 2017.

3, 4 and 5 post-treatment (PT). The results indicated a statistical difference ( $p=0.0001$ ). The CHEC-5 had effectiveness over 95 % starting on day three. The average of ticks in the group treated decreased significantly. It is concluded that the high effectiveness of CHEC-5 topically for the control of *R. microplus* populations shows the feasibility as an alternative for tick control in bovines of the Mexican tropics. It was shown that CHEC-5 presents effectiveness of 95 % from day three until day five post-treatment.

**Keywords:** Ticks, cattle, Mexican tropics, livestock production.

## INTRODUCCIÓN

En los países tropicales y subtropicales, uno de los principales problemas económicos en la ganadería bovina son las garrapatas y enfermedades que transmiten (Rodríguez-Vivas *et al.*, 2005). La estrategia más utilizada para el control de la garrapata (*Rhipicephalus (Boophilus) microplus*) consiste en la aplicación de ixodicidas; sin embargo, su uso continuo e irracional ha favorecido la selección de individuos resistentes. En el sureste mexicano la resistencia de *R. microplus* a los ixodicidas se encuentra ampliamente difundida, reportándose poblaciones de garrapatas resistentes a organoclorados, organofosforados, piretroides y amidinas (Rodríguez-Vivas *et al.*, 2006a, b; 2007). Una alternativa para el control de garrapatas es el uso de lactonas macrocíclicas (LM), ya que son endectocidas que por sus características han sido eficientes en el control de endo y ectoparásitos (Lanusse *et al.*, 1997; Aguilar-Tipacamú y Rodríguez-Vivas, 2002). Las avermectinas<sup>TM</sup> y milbemicinas<sup>TM</sup> son activas para el control de nematodos y artrópodos en dosis bajas en la mayoría de los animales domésticos (Sumano y Ocampo, 2006). Se absorben por todas las vías debido a su alta liposolubilidad y se distribuyen ampliamente en los tejidos, tales como la luz intestinal, grasa y piel (Entrocasso *et al.*, 1996; Sumano y Ocampo, 2006). Debido a estas características que presentan las LM se han realizado estudios para evaluar su eficacia y persistencia para el control de garrapatas. Davey *et al.* (2005) reportan que la ivermectina (IVM) y moxidectina<sup>TM</sup> (MOX) a la misma dosis ( $0.2 \text{ mg kg}^{-1} \text{ pv}$ ) por vía subcutánea tienen una eficacia de 94.8 % y 91.1% respectivamente en la reducción de hembras que al-

canzan la repleción. Aguilar-Tipacamú y Rodríguez-Vivas (2003) determinaron que la MOX ( $0.2 \text{ mg kg}^{-1} \text{ pv}$ ) tiene una eficacia 95.1% a 28 días postratamiento (PT) contra larvas y adultas de *R. microplus*. Otra opción son las enzimas quitinasas, que degradan la quitina, que en la actualidad son utilizadas en la industria farmacéutica, alimentaria y de control biológico. Con este enfoque, recientemente se dispone del Complejo Enzimático Quitinasa-Deshidrogenasa 5, el cual, bajo condiciones de campo en el trópico mexicano no ha sido evaluado. Por tal motivo el objetivo fue evaluar la eficacia y persistencia del Complejo Enzimático Quitinasa-Deshidrogenasa 5 contra infestaciones naturales de *R. microplus* en bovinos del trópico mexicano.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se llevó a cabo en el rancho "Los Robles" localizado en el municipio de Jesús Carranza, Veracruz, México, situado en un área enzoótica de garrapatas *R. microplus* de dicho estado. Se encuentra ubicado en la zona sureste del estado, en las coordenadas  $17^\circ 26' \text{ N}$  y  $95^\circ 01' \text{ O}$ , a 24 m de altitud (Inafed, 2016). Se utilizaron para el estudio 22 bovinos cruzas de *Bos taurus* × *Bos indicus*. Se contó el número de garrapatas adultas (4.5-8.0 mm), siguiendo la técnica descrita por Wharton y Utech (1970). Para evaluar la eficacia de productos químicos contra garrapatas la Asociación Mundial para el Avance de la Parasitología Veterinaria sugiere utilizar como mínimo seis animales por grupo para demostrar diferencias estadísticas (Holdsworth *et al.*, 2006). Los animales de cada grupo se identificaron con aretes de distintos colores y recibieron los siguientes tratamientos: Grupo uno tratado con el Complejo Enzimático Quitinasa-Deshidrogenasa 5, con aplicación vía tópica de 1 mL por cada litro de agua (cinco litros por animal); y el segundo grupo fue el control, sin recibir ningún tratamiento. Los 22 animales pastoreaban en potreros con rotaciones de 2-3 días. El número de garrapatas adultas fueron cuantificadas los días 0, 1, 2, 3, 4 y 5 PT de acuerdo con la técnica descrita por Wharton y Utech (1970). El día del tratamiento y durante las mediciones, todos los animales fueron inspeccionados para detectar alguna reacción adversa relacionada con los tratamientos. En cada muestreo se obtuvieron al menos 10 garrapatas hembras adultas para su identificación taxonómica de acuerdo con Rodríguez-Vivas y Cob-Gallera (2005). La eficacia del Chec-5 se obtuvo usando la fórmula de Abbott modificada por Henderson y Tilton (1955) que a continuación se menciona:

$$1 - \left\{ \frac{(\text{Media del número de garrapatas en el grupo tratado en el día}_n) \times (\text{Media del número de garrapatas pre tratadas en el grupo control})}{(\text{Media del número de garrapatas pre tratadas en el grupo tratado}) \times (\text{Media del número de garrapatas en el grupo control en el día}_n)} \right\} \times 100$$

Los resultados se analizaron con Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales en el paquete Microsoft Excel 2010.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontró diferencia ( $p=0.0001$  y  $1-\beta=0.9979$ ) en el promedio de *R. (B.) microplus* en los grupos estudiados. El Chec-5 tuvo eficacias arriba de 95% a partir del día tres. El promedio de garrapatas en el grupo tratado disminuyó significativamente. El Cuadro 1 presenta la eficacia y persistencia del CHEC-5 sobre fases adultas de *R. microplus* (4.5-8.0 mm) en bovinos tratados y el grupo control; y la Figura 1 presenta el promedio del número de garrapatas (4.5-8.0 mm) del grupo tratado y el grupo control.

El presente estudio concuerda con lo reportado por (Arieta *et al.*, 2010), donde los primeros efectos ( $p<0.001$ ) en el control de fases adultas de *R. microplus* se observó al día 7 PT con eficacias de 92.5% y 99.3% para IVM-3.15 % y MOX-10 %, respectivamente. Esta eficacia inicial es debido

a que la IVM-3.15 % y MOX-10% presentan su pico máximo de concentración plasmática en bovinos en 2.14 y 3.40 días PT, respectivamente (Lifschitz *et al.*, 2007; Dupuy *et al.*, 2007). Autores como, Dupuy *et al.* (2007) determinaron que el tiempo de concentración máxima de la MOX-10 % se logra a los dos días PT.

### CONCLUSIONES

La eficacia del CHEC-5 vía tópica para el control de poblaciones de *R. microplus* demuestra su factibilidad como alternativa de control de garrapatas en bovinos del trópico mexicano. Se demostró que el CHEC-5 presenta eficacia de 95% a partir del día tres hasta el día cinco postratamiento.

### LITERATURA CITADA

Aguilar T.G., Rodríguez V.R. 2002. Uso de la moxidectina para el tratamiento de los parásitos internos y externos de los animales. *Rev. Biomed.* 13, 43-51.

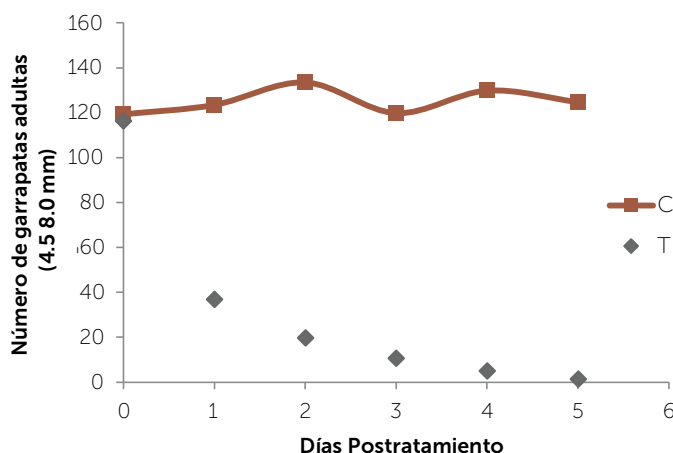
Aguilar-Tipacamu G., Rodríguez-Vivas R.I. 2003. Effect of moxidectin against natural infestation of the cattle tick *Boophilus microplus* (Acarina: Ixodidae) in the Mexican tropics. *Vet. Parasitol.* 111, 211-216.

Arieta R.R.J., Rodríguez V.R.I., Rosado A.J.A., Ramírez C.J.T., Basto E.G. 2010. Persistencia de la eficacia de dos lactonas macrocíclicas contra infestaciones naturales de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* en bovinos del trópico mexicano *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, vol. 1, núm. 1, enero-marzo, 2010, pp. 59-67 Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Morelos, México.

Caracostantogolo J., Eddi C.S., Bulman G.M., Morley M.E., Noaca A., Anbrústolo R.R., Marangunich L., Schapiro J. 1993. Moxidectin: efficacy and dose titration in cattle experimentally infected with *Boophilus microplus*, Argentina. *In: Proceedings of the 14<sup>th</sup> International Conference on World Assoc. Adv. Vet. Parasitol.* Cambridge, U.K., August 8-13, p 201.

**Cuadro 1.** Promedio del número de garrapatas y eficacias del CHEC-5 sobre fases adultas de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (4.5-8.0 mm) aplicadas por vía tópica en bovinos tratados y el grupo control en bovinos del trópico mexicano.

| Días de conteo | CHEC-5 | Control | Eficacia |
|----------------|--------|---------|----------|
| 0              | 116.3  | 119.2   | N.A.     |
| 1              | 36.9   | 123.4   | 69.4     |
| 2              | 19.8   | 133.4   | 84.79    |
| 3              | 10.7   | 119.8   | 90.9     |
| 4              | 5      | 129.8   | 96       |
| 5              | 1.4    | 124.7   | 98.8     |



**Figura 1.** Promedio del número de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (4.5-8.0 mm) del grupo tratado y grupo control.

- CNSCSA. 2007. Centro Nacional de Servicios de Constatación en Salud Animal. Evaluación de establo de la Moxidectina al 10 % para el control de *Boophilus microplus*. Prueba de constatación. SAGARPA-SENASICA, Jiutepec, Morelos, México.
- Davey R.B., Miller J.A., George J.E., Miller R.J. 2005. Therapeutic and persistent efficacy of a single injection treatment of ivermectin and moxidectin against *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae) on infested cattle. *Exp. Appl. Acarol.* 35(1-2), 117-129.
- Dupuy J., Sutra F.J., Alvinerie M. 2007. Pharmacokinetics assessment of moxidectin long-acting formulation in cattle. *Vet. Parasitol.* 147, 252-257.
- Entrocasso D., Parra D., Vottero D., Farias M., Uribe L.F., Ryan W.G. 1996. Comparison of the persistent activity of ivermectin, abamectin, doramectin and moxidectin in cattle. *Vet. Rec.* 138, 91-92.
- Geurden T., Claerebout E., Deroover E., Vercruysse J., 2004. Evaluation of the chemoprophylactic efficacy of 10 % long acting injectable moxidectin against gastrointestinal nematode infections in calves in Belgium. *Vet. Parasitol.* 120, 331-338.
- Henderson C.F., Tilton E. W. 1955. Test with acaricides against the brown wheat mite. *J. Econ. Entomol.* 48, 157-161.
- Holdsworth P.A., Kemp D., Green P., Peter R.J., De Bruin C., Jonsson N.N., Letonja T., Rehbein S., Vercruysse J. 2006. World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology (W.A.A.V.P.) guidelines for evaluating the efficacy of acaricides against ticks (Ixodidae) on ruminants. *Vet. Parasitol.* 136, 29-43.
- Inafed. 2016. <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM30veracruz/municipios/30091a.html>
- INEGI. 2002. Anuario estadístico del estado de Yucatán. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.
- Lanusse C., Lifschitz A., Virkel G., Alvarez L., Sanchez S., Sutra J.F., Galtier P., Alvinerie M. 1997. Comparative plasma disposition kinetics of ivermectin, moxidectin and doramectin in cattle. *J. Vet. Pharmacol. Ther.* 20, 91-99.
- Lifschitz A., Virkel G., Ballent M., Sallovitz J., Imperiale F., Pis A., Lanusse C. 2007. Ivermectin (3.15 %) long-acting formulations in cattle: absorption pattern and pharmacokinetic considerations. *Vet. Parasitol.* 147, 303-310.
- McKellar Q.A., Benchaoui H. 1996. Avermectins and milbemycins. *J. Vet. Pharmacol. Therap.* 19, 331-351.
- Rodríguez-Vivas V.R., Cob-Galera L.A., 2005. Técnicas Diagnósticas en Parasitología Veterinaria. Segunda edición. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, México.
- Rodríguez-Vivas R.I., Quiñones A.F., Fragoso S.H. 2005. Epidemiología y control de la garrapata *Boophilus* en México. En: Enfermedades de importancia económica en producción animal. Rodríguez-Vivas, R.I. Editor. México D.F. McGraw-Hill-UADY. pp. 571-592.
- Rodríguez-Vivas R.I., Alonso-Díaz M.A., Rodríguez-Arévalo F., Fragoso-Sanchez H., Santamaria V.M., Rosario-Cruz R. 2006a. Prevalence and potential risk factors for organophosphate and pyrethroid resistance in *Boophilus microplus* ticks on cattle ranches from the state of Yucatan, México. *Vet. Parasitol.* 136, 335-442.
- Rodríguez-Vivas R.I., Rodríguez-Arevalo F., Alonso-Díaz M.A., Fragoso-Sanchez H., Santamaria V.M., Rosario-Cruz R. 2006b. Amitraz resistance in *Boophilus microplus* ticks in cattle farms from the state of Yucatan, Mexico: prevalence and potential risk factors. *Prev. Vet. Med.* 75, 280-286.
- Rodríguez-Vivas R.I., Rivas A.L., Chowell G., Fragoso S.H., Rosario C.R., Garcia Z., Smith S.D., Williams J.J., Schwager S.J. 2007. Spatial distribution of acaricide profiles (*Boophilus microplus* strains susceptible or resistant to acaricides) in southeastern Mexico. *Vet. Parasitol.* 146, 158-169.
- Sumano L.H., Ocampo C.L. 2006. Farmacología Veterinaria. 3ed. Ed. MacGraw-Hill Interamericana. México, D.F. pp. 481-482.
- Wharton R.H., Utech W. 1970. The relative between engorgement and dropping of *Boophilus microplus* (Canestrini) (Ixodidae) to the assessment of tick numbers on cattle. *J. Aust. Entomol. Soc.* 9, 171-182.



# MÁRGENES DE COMERCIALIZACIÓN DE CARNE BOVINA PROVENIENTE DE TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO, Y COMERCIALIZADA EN EL VALLE MÉXICO

## MARGINS OF BEEF COMMERCIALIZATION FROM TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO, AND SOLD IN VALLE DE MÉXICO

Mora-Flores, J.S.<sup>1</sup>; Gardea-Cervantes, G.I.<sup>1</sup>; García-Mata, R.<sup>1</sup>; García-Salazar, J.A.<sup>1</sup>; Tellez-Delgado, R.<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Colegio Postgraduados. Carretera México-Texcoco, km. 36.5 Montecillo, Estado de México. C.P. 56230. Colegio Postgraduados. Carretera México-Texcoco, km. 36.5 Montecillo, Estado de México. C.P. 56230.

**Autor de correspondencia:** saturmf@colpos.mx

### RESUMEN

En México el abasto de carne bovina se realiza principalmente por dos canales de comercialización: a) el moderno que sacrifica las reses en obradores (rastros) Tipo Inspección Federal (TIF), y b) el tradicional que sacrifica los animales en obradores municipales o regionales. Este trabajo analiza el canal comercial tradicional y los márgenes del ganado que se engorda en la zona Oriente del Estado de México y se vende como producto final en el área metropolitana del Valle de México. La información se obtuvo con un muestreo por conveniencia, realizando 48 entrevistas a productores, comercializadores y rastros. Los resultados mostraron que los mayores márgenes absolutos y relativos correspondieron a los productores, seguidos de los detallistas y comercializadores; sin embargo, tomando en cuenta las ganancias de los márgenes al considerar los costos, éstas fueron mayores para los comercializadores y detallistas; y menores para los productores.

**Palabras clave:** Carne, canal de comercialización, márgenes de utilidad.

### ABSTRACT

In México, the supply of beef is carried out primarily by two commercialization channels: a) the modern, which sacrifices cattle in meat processors of Federal Inspection Type (Tipo Inspección Federal, TIF), and b) the traditional, which sacrifices animals in municipal or regional butcheries. This study analyzes the traditional commercial channel and the margins of livestock that is fattened in the east zone of Estado de México and sold as final product in the metropolitan area of Valle de México. The information was obtained with a sample by convenience, performing 48 interviews with producers, traders and butchers. The results showed that the highest absolute and relative margins corresponded to producers, followed by retailers and marketers; however, taking into account the profit margins when considering costs, they were higher for marketers and retailers and lower for producers.

**Keywords:** Meat, commercialization channel, utility margins.

**Agroproductividad:** Vol. 11, Núm. 1, enero. 2018, pp. 99-104.

**Recibido:** noviembre, 2015. **Aceptado:** septiembre, 2017.

## INTRODUCCIÓN

La explotación de la ganadería bovina, sobre todo en las regiones cálidas y húmedas de México, se basa en el sistema vaca-becerro, donde las hembras alimentan a la cría con la leche (adicionalmente el ganadero puede aprovechar parte del producto mediante la ordeña) hasta que el becerro alcanza la edad del destete (de siete a nueve meses de edad). Las crías de destete se pueden mantener en los pastizales hasta su finalización o pueden ser trasladados a la edad de año y medio, y unos 250 a 350 kg de peso para su finalización en corrales de engorda: a estos animales se les denomina de media ceba. Los becerros recién destetados de entre 9 y 12 meses, también pueden ser confinados en estados del Norte (como Tamaulipas) para su exportación. En el ciclo 2010-2011, México alcanzó la cifra récord de 1 378 525 becerros exportados para la engorda a EE.UU., que superó 1.1 millones comercializados en la temporada anterior; estas exportaciones generaron divisas en 2011 por 461.805 millones de dólares (SAGARPA, 2011). La ganadería bovina para carne en México se desarrolla en diferentes condiciones agroecológicas, resultado también de la variabilidad climática; en décadas pasadas estuvo soportada en la producción de animales finalizados en pastoreo, y hasta el año 2000, casi 80% de los bovinos sacrificados provenían de este sistema. En la actualidad se estima que 35% del ganado bovino para carne termina su desarrollo y engorda en corrales, con una dieta balanceada sustentada principalmente en granos (AMEG-CNG-2004). En México existen dos canales de comercialización de la carne de res: el moderno, integrado por los rastros Tipo Inspección Federal (TIF), y el tradicional, con sacrificio en rastros municipales o particulares, en el cual hay varios intermediarios con funciones innecesarias (Bravo *et al.*, 2002). Algunas ventajas del canal moderno es que existen menores mermas en el transporte del ganado en pie a los centros de consumo, también se reducen las mermas en el transporte de la carne; hay reducción en el consumo de agua, contaminación ambiental, saturación de drenaje y alcantarillado (SARH-SECOFI, 1992). También aumenta la participación del productor en el precio pagado por el consumidor final y se eleva su utilidad, además hay mayor cantidad de carne disponible para el consumidor final por la eficiencia en el proceso de transportación, con una disminución del margen absoluto total de comercialización en 32% (AMEG-CNG, 2006). De acuerdo con Bravo *et al.* (2002), el canal comercial moderno consta de las siguientes fases y agentes participantes: productor, acopiador de ganado, rastro TIF, distribuidor

de carne al mayoreo, empaedora, detallista y consumidor final. En tanto que el canal tradicional y al que se ajusta la producción y comercialización de carne del Oriente del Estado de México sigue las siguientes etapas: productor, acopiador de ganado, introductor, rastro municipal, mayorista de carne en canal, detallista, consumidor final. Es necesario resaltar que en el canal tradicional se engordan generalmente pequeños lotes de animales, los cuales se venden a acopiadores de ganado, quienes pueden ser los mismos que introducen los animales a los rastros municipales para su sacrificio (el rastro municipal solo cobra el sacrificio de los animales como maquila), obteniendo los canales y subproductos, los cuales se comercializan con los mayoristas de estos productos en los mercados tradicionales, y estos le venden a los detallistas o tablajeros, quienes finalmente le venden los cortes al consumidor final (Bravo *et al.*, 2002). En el canal tradicional se observan algunas fallas en distintas etapas del mismo, tales como incorporación de productos prohibidos para la engorda, como la pollinaza y clenbuterol (Hernández *et al.*, 2013) y menor calidad e inocuidad en la matanza (rastros municipales y sacrificio clandestino). El principal mercado de la carne bovina en México es la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), donde con 20 millones de habitantes el consumo es de 40% y la comercialización de 70% del total nacional (FIRA, 2003). Esta región se abastece de carne del ganado engordado en algunos municipios aledaños del Estado de México (Chicoloapan, La Paz, Ecatepec de Morelos, Tepetlaoxtoc y Texcoco), los cuales abastecen casi 19%. Otra parte importante de la carne proviene de los rastros TIF de los estados de Veracruz, Jalisco, Chiapas, Tabasco, Sonora, Chihuahua y Sinaloa (SIAP, 2010). El proceso de engorda de ganado en el Oriente del Estado de México sigue los siguientes pasos: a) los productores adquieren animales de media ceba, con una edad promedio de año y medio y un peso que fluctúa entre 300 kg y 350 kg; b) el objetivo del proceso de engorda es incrementar el peso de los animales de media ceba hasta alcanzar más de 500 kg; c) la engorda la efectúan los productores con alimento balanceado que ellos elaboran, el cual está constituido de gallinaza, maíz molido o sorgo, desperdicio de panificación, soya y salvado. Asimismo, se aplican desparasitantes y vitaminas. La duración media del proceso de engorda es de 120 días y tiene un costo promedio por cabeza de \$9105.15 (que incluye el costo de adquirir al animal de media ceba). La comercialización del ganado finalizado sigue el canal tradicional; los productores venden los animales ya cebados a

un comercializador de ganado (acopiador-introductor), quien envía el ganado al rastro. En el obrador municipal se sacrifican los animales y se obtienen las canales, vísceras y pieles. El introductor comercializa las canales en mercados mayoristas de carne, como el "Mercado de San Juan" en Pantitlán, Distrito Federal, o bien, las distribuye directamente a los detallistas (carnicerías del área metropolitana). Las vísceras y pieles las venden a comisionistas de estos productos. Uno de los mayores engordadores de la región, quien maneja en promedio cerca de 1000 cabezas de ganado y compra ganado finalizado, sacrifica sus reses en su propio rastro (clandestino) y vende directamente las canales a carnicerías de la región, Ciudad de México y zona metropolitana. El objetivo del trabajo fue analizar el canal de comercialización tradicional, márgenes del ganado que se engorda en la zona oriente del Estado de México y se distribuye como producto final (carne) en la Ciudad de México y Zona Metropolitana, bajo la hipótesis de que los mayores márgenes de comercialización los obtienen los productores y detallistas, pero en términos de las ganancias del margen, las mayores proporciones las detentan los comercializadores del ganado y la carne.

## MATERIALES Y METODOS

De acuerdo con Caldentey (2004), por margen de comercialización se entiende de forma genérica el aumento de precio que experimenta un producto en el proceso de comercialización o en una parte del mismo. Tomek y Robinson (2003) definen el margen absoluto de comercialización como la diferencia entre el precio pagado por el consumidor y el obtenido por el productor, o entre niveles intermedios, y el precio de un conjunto de servicios de mercadeo, el cual es el resultado de la interacción de la oferta y la demanda de tales servicios. Así, el margen absoluto de comercialización total se define matemáticamente como:

$$M = P_c - P_p$$

Donde  $M$ : margen absoluto total de comercialización;  $P_c$ : precio al consumidor y;  $P_p$ : precio al productor.

Debido a que muchos productos agropecuarios para su aprovechamiento deben pasar por un proceso de transformación, Caldentey (2004) define el margen absoluto de comercialización como la diferencia entre el precio de venta de una unidad de producto por un agente de comercialización y el pago realizado en la compra de la cantidad de producto equivalente a la unidad vendida.

Matemáticamente, el margen absoluto total de comercialización se define como:

$$M = P_c - VE$$

Donde  $M$  es el margen absoluto total de comercialización,  $P_c$  es el precio al consumidor y  $VE$  es el valor equivalente pagado al productor.

Si el margen absoluto se divide entre el precio al consumidor ( $P_c$ ) y se multiplica por 100 se obtiene el margen relativo; esto es:

$$M = \frac{P_c - P_p}{P_c} * 100 = \frac{M}{P_c} * 100$$

El margen referido a todo el proceso de comercialización se le llama margen total; se puede expresar en términos absolutos o relativos; sin embargo, también se pueden definir márgenes absolutos o relativos correspondientes a cada una de las fases de comercialización o a cada uno de los agentes participantes en ellas. Para realizar el cálculo de los márgenes, tanto absolutos como relativos, en cada una de las etapas de la comercialización se hace necesario estimar el "valor equivalente al productor" (VEP) y para cada agente participante en cada una de las etapas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Cantidad de materia prima (ganado en pie) requerida para producir cien unidades de producto final

La cantidad de materia prima necesaria ( $Q$ ) para producir cien unidades de producto elaborado ( $K$ ) se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$Q = \frac{K}{R_2} = \frac{100}{0.4215} = 237.248 \text{ kg de ganado en pie en la granja.}$$

### Kilogramos en canal que generan 237.248 kg de ganado en pie de entrada a rastro

Al productor se le paga de acuerdo con el rendimiento en canal del animal que se sacrifica en el obrador (\$32.00 kg). Así pues, se calculan los kilogramos de canal que rinde el ganado ( $Q_c$ ), de acuerdo con el coeficiente de transformación  $R_1$  (0.53), y considerando también las mermas del ganado de entrada a rastro  $R_{m1}$  (3.5 %).

$$Q_c = (Q)(R_{m1})(R_1)$$

Sustituyendo datos

$$Q_c = (237.2479) (1 - 0.035) (0.53)$$

$$Q_c = (228.9442) (0.53)$$

$$Q_c = 121.5065 \text{ (Kg de canal)}$$

### Cantidad generada de subproductos a salida de rastro

La cantidad generada de los subproductos a la salida del obrador se obtiene de la cantidad de ganado en pie necesario (Q), considerando la merma del animal que se transporta de la granja al obrador y el coeficiente de transformación de ganado en pie a subproductos R3 (0.47).

$$Q_s = Q(Rm1)(R3)$$

Sustituyendo datos

$$Q_s = (237.2479) (1 - 0.035) (0.47)$$

$$Q_s = 107.60 \text{ (Kg de subproductos)}$$

### Valor equivalente al productor (VEP) de la canal a salida de rastro

Este valor equivalente de la carne a salida del rastro es con el que se queda el productor y se obtiene de los kilogramos de la canal multiplicados por su precio.

$$VEP = (Q_c)(P_p) = (121.5065)(\$32.00) = 3888.21$$

Es importante mencionar que al productor el comercializador no le paga el animal en pie, sino que le liquida el ganado de acuerdo con el rendimiento generado por la res en canal.

### Valor de los subproductos a salida de rastro

El valor de los subproductos a salida del obrador es un ingreso con el que se queda el comercializador de ganado que envía el ganado al sacrificio; se genera de la multiplicación de los kilogramos de subproductos multiplicado por el precio ponderado de estos:

$$VS = (Q_c)(P_s) = (107.60 \text{ kg})(\$3.52) = \$378.75$$

### Valor equivalente del introductor (VEI) en el valor de la venta de la carne a entrada a expendio detallista

El comercializador de ganado o introductor adquiere el ganado del productor y lo transporta al obrador para su sacrificio; una vez obtenidas las canales, obtiene el ingreso por la venta de estas multiplicada por su precio de venta a los detallistas Pm (\$38.00):

$$VEI = (Q_c)(P_m) = (121.5065)(\$38.00) = 4617.247$$

El ingreso total del introductor (ITI) se genera por la venta de la canal al detallista y de los subproductos del acopiador de pieles y subproductos.

$$ITI = VEI + VS = 4617.247 + 378.75$$

$$ITI = \$4995.99$$

### Participación del tablero o minorista en el valor de la venta de la carne al consumidor

El minorista obtiene su ingreso por la venta de 100 kg de carne (K) al consumidor, multiplicada por el precio ponderado de dicha carne, Pc (\$62.20)

$$VTm = (K)(P_c)$$

$$VTm = (100.00 \text{ kg})(62.20) = \$6220.00$$

### Cálculo de los márgenes absolutos y relativos de cada uno de los agentes económicos que participan en la comercialización de ganado y carne

Margen absoluto (M1) y relativo (m1) del productor. Se genera del valor que percibe por la venta de ganado ya transformado en carne.

$$M1 = VEP = (Q_c)(P_p) = 121.5065 \times 32.00$$

$$M1 = \$3888.21$$

$$m1 = \frac{M1}{VTm} * 100 = \frac{3888.21}{6220.00} * 100 = 62.51\%$$

Margen absoluto (M2) y relativo (m2) del comercializador o introductor de ganado. Se obtiene de la resta de su valor equivalente, VEI (venta de canales al detallista), menos lo que le paga al productor de ganado.

$$M2 = VEI - VEP$$

$$M2 = 4617.25 - 3888.21 = 729.037$$

$$m2 = \frac{M2}{VTm} * 100 = \frac{729.037}{6220} * 100 = 11.72\%$$

Margen absoluto (M3) y relativo (m3) del minorista de carne. Se obtiene del valor total que obtiene el minorista por la venta de carne al consumidor, menos el valor pagado al introductor por la adquisición del producto.

$$M3 = VTm - VEI$$

$$M3 = 6220.00 - 4617.25 = 1607.75$$

$$m3 = \frac{M3}{VTm} * 100 = \frac{1607.75}{6220} * 100 = 25.85\%$$

Como lo expresan Iturrioz e Iglesias (2006), los diferentes agentes económicos que participan en la cadena



que une la producción primaria con el consumo cumplen funciones de intermediación, y en la provincia de la Pampa Argentina las realizan empresas alimentarias o de depósitos controlados por otros agentes. En el caso de la región oriente del estado de México los agentes que participan en la cadena de suministro de carne de bovino que abastece la Zona Metropolitana del Valle de México son el productor, el comercializador de ganado o introductor, el rastro y el comercializador de la carne al detalle; como lo muestran los resultados, el mayor margen absoluto lo obtiene el productor (62.51%), seguido del comercializador de carne al detalle (25.76%), y en el último lugar de participación se encuentra el comercializador de ganado o introductor (11.72%) (el rastro solo cobra la maquila en el sacrificio y beneficiado del ganado). Los resultados mostrados por Bravo *et al.* (2002) en el análisis de los márgenes de comercialización de ganado que se sacrifica en el rastro TIF de la Cuenca del Papaloapan, Veracruz, México, son congruentes con los obtenidos en este trabajo, debido a que el productor obtiene el margen absoluto del canal (58.77%). De la misma forma, Iturrioz e Iglesias (2006) registraron en la provincia de la Pampa Argentina que los minoristas que venden la carne al detalle acaparan el mayor margen absoluto (alrededor de 50.0%), en tanto que el productor presenta una participación menor del margen (43.00%), y los intermediarios tienen una participación muy pequeña de ese margen. De igual manera, en la Cuenca del Papaloapan Veracruz, Vilaboa *et al.* (2010) encontraron que en el margen bruto de comercialización (MBC) el productor presenta menor participación (23.60 %), en relación con el introductor (34.00%) y el ta-

blajero (42.40%). Los resultados registrados en el estudio y comparados con trabajos similares mencionados, expresan que los productores participan en buena medida del margen bruto de comercialización, y ello se debe a que éste incurre en los mayores gastos de producción para finalizar un animal (adquisición del ganado y su alimentación como costos principales), en tanto que participaciones mayores en el margen bruto de los comercializadores de ganado y los vendedores al detalle de la carne, hará que los productores reciban precios menores y los consumidores precios más altos, respectivamente.

#### **Ganancia relativa de los márgenes de comercialización de ganado y carne de la Zona Oriente del Estado de México**

Iturrioz e Iglesias (2006) expresan que el estudio de los márgenes brutos de comercialización (MBC) es una herramienta útil para tener una primera visión de la realidad acerca de la participación de los agentes de comercialización en una cadena de suministro; sin embargo, sería más adecuado realizar un análisis de los márgenes netos de comercialización (MNC), es decir, definir el porcentaje sobre el precio final que percibe cada agente como beneficio neto, después de deducir los costos de mercadeo. En el sentido

anterior, y para la región Oriente del Estado de México, se consideraron los márgenes de comercialización en relación con los costos en que incurre cada agente; así, se tiene que la ganancia relativa del productor es pequeña (7.98%) en relación con el comercializador-introductor, quien obtiene la ganancia relativa mayor (144.36%), seguido del detallista o tablajero (84.88%) (Cuadro 1). Bravo *et al.* (2002) encontró resultados similares a los anteriores, debido a que observó que las mayores ganancias del margen se las apropian el detallista, seguido del acopiador rural y el introductor o comercializador. Los resultados muestran la desventaja manifiesta en que se encuentran los productores de ganado, quienes son los agentes principales que incurren en los mayores costos de adquisición del animal y costos de alimentación para la engorda y desarrollo, y asumen el principal riesgo en el proceso de producción, y reciben en el proceso de mercado las menores ganancias; situación contraria a la de los comercializadores de ganado, quienes solo trasladan el ganado al rastro para el sacrificio, y venden las canales y los subproductos a mayoristas y detallistas. Estos agentes incurren en costos y riesgos menores a los del productor; por ello, sus ganancias en los márgenes netos son mayores. Por otra parte,

**Cuadro 1.** Márgenes absolutos brutos, costos y ganancias de la producción y comercialización de la carne de res en la región III, Texcoco, 2006.

| Agente comercializador | Margen absoluto bruto total (\$) | Margen relativo (%) | Costos \$/100 kg | Ganancia absoluta (\$)¹ | Ganancia relativa (\$)² |
|------------------------|----------------------------------|---------------------|------------------|-------------------------|-------------------------|
| Productor              | 3888.21                          | 62.5                | 3577.62          | 310.59                  | 7.98                    |
| Introductor            | 729.04                           | 11.72               | 55.33            | 1,052.46                | 144.36                  |
| Detallista             | 1,602.75                         | 25.76               | 242.4            | 1,360.35                | 84.88                   |

Fuente: Elaboración propia con base en las entrevistas a los agentes de comercialización.

¹ Es la resta entre el margen absoluto y los costos.

² Se calculada dividiendo la ganancia absoluta entre el costo de producción.

si bien los detallistas de carne realizan cierta transformación del producto (de canales a cortes para el consumidor) e incurrir en gastos de comercialización mayores (como renta de locales y gastos de operación), corren un riesgo menor en el circuito comercial en relación con el de los productos; sin embargo, también sus ganancias netas son elevadas.

## CONCLUSIONES

**En el análisis** del canal comercial tradicional, y el cálculo de los márgenes de comercialización del ganado que se engorda en la Zona Oriente del Estado de México, para distribuir como producto final (carne) en la Ciudad de México y su zona metropolitana, los mayores márgenes absolutos los obtienen los productores, y en menor medida, los comercializadores de ganado, carne y detallistas del producto. Sin embargo, al considerar los costos en que incurre cada uno de los agentes de la cadena se registró que la ganancia relativa del productor es ínfima en relación con la que obtienen los comercializadores de ganado y detallistas. Lo anterior genera que se amplíe el margen de comercialización, donde los productores de ganado reciben precios menores y, por el contrario, el consumidor final paga mayores precios por el producto; esta situación desincentiva la actividad productora de carne. El producto que se obtiene del ganado finalizado en la zona Oriente y que se sacrifica en los rastros municipales, debido a que se enmarca en el canal tradicional, no observa los mejores estándares de engorda, sacrificio y comercialización; de ahí que potencialmente sea un producto dañino para la población.

## LITERATURA CITADA

- AMEG-CNG. 2006. Asociación Mexicana de Engordadores de Ganado Bovino-Confederación Nacional Ganadera. Página oficial AMEG. <http://www.ameg.org.mx/>
- Bravo F.J., García R., García G., López E. 2002. Márgenes de comercialización de la carne de res proveniente de la Cuenca del Papaloapan, en el mercado de la Ciudad de México. *Revista Agrociencia*, No 36, pp. 255-266.
- Caldentey P., de Haro T. 2004. "Comercialización de productos agrarios". Editorial Agrícola Española. pp. 354.
- FIRA. 2003. Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. "Perspectivas de la Red Carne de Bovino". <http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r20973.PDF>
- Hernández D., Francisco J.P., Cobos M.A., Crosby M.M., Hernández O. 2013. Niveles de clenbuterol detectados en carne de bovino distribuida en Texcoco, Estado de México. *Revista Agroproductividad*, No. 1, pp. 17-22.
- Iturrioz G., Iglesias D. 2006. Los márgenes brutos de comercialización en la cadena de la carne bovina de la provincia de la Pampa. *Cuadernos del CEAgró*. No. 8, pp. 51-56.
- SAGARPA. 2011. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación: Comunicado de prensa No. 547/11, página oficial SAGARPA. [www.sagarpa.gob.mx/](http://www.sagarpa.gob.mx/)
- SARH-SECOFI. 1992. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos-Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. "Medidas para promover el desarrollo de la producción y el comercio de la carne de bovino. México D.F. pp. 54.
- Tomek W., Kenneth R. 2003. *Agricultural Product Prices*. Cuarta Edición. Cornell University Press. Ithaca and London. pp. 360.
- Vilaboa J., Díaz P., Platas D.E., Ruiz O., González S.S., Juárez F. 2010. Fallas del mercado y márgenes comercialización en bovinos destinados al abasto de carne en la región del Papaloapan, Veracruz. *Revista Economía, Sociedad y Territorio*, Vol. X, No. 34, pp. 813-833.



# VENTAJA COMPARATIVA REVELADA DE LA FRESA (*Fragaria* spp.) MEXICANA EN LOS MERCADOS IMPORTADORES

## REVEALED COMPARATIVE ADVANTAGE OF MEXICAN STRAWBERRY (*Fragaria* spp.) IN IMPORTING MARKETS

Ramírez-Padrón, L.C.<sup>1</sup>, Caamal-Cauich, I.<sup>1</sup>, Pat-Fernández, V.G.<sup>1</sup>, Martínez-Luis, D.<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco, Texcoco, Km. 38.5. Edo. de México. C.P. 56230. <sup>2</sup>Universidad Autónoma del Carmen (UNACAR). Calle 56 No. 4, Esq. Avenida Concordia. Col. Benito Juárez. Cd. Del Carmen, Campeche. C.P 24180.

**Autor de correspondencia:** icaamal82@yahoo.com.mx

### RESUMEN

Los principales países exportadores de fresa (*Fragaria* spp.) son España, Estados Unidos de América y México, los cuales en conjunto aportan alrededor del 74% del volumen de las exportaciones a nivel mundial. México es un importante productor y exportador de fresa a nivel mundial, destinando un alto porcentaje de la producción a los mercados externos. El objetivo del trabajo fue analizar la ventaja comparativa y competitividad de la fresa producida en México en los mercados importadores. Se obtuvieron datos de exportación de la fresa y exportaciones totales agrícolas y se calcularon los índices de ventaja comparativa revelada. Los resultados obtenidos fueron positivos y mayores que uno reflejando que la fresa producida en México tiene ventajas comparativas y es competitivo en los mercados importadores, lo que explica la posición de México como uno de los principales países productores y exportadores de este producto.

**Palabras clave:** ventajas comparativas, índices de ventaja comparativa y exportaciones.

### ABSTRACT

The main exporting countries of strawberry (*Fragaria* spp.) are Spain, United States of America and México, which as a whole contribute around 74 % of the volume of exports at the global level. México is an important producer and exporter of strawberry globally, destining a high percentage of the production to foreign markets. The objective of the study was to analyze the comparative advantage and competitiveness of strawberry produced in México in the importing markets. Data of strawberry exports and total agricultural exports were obtained, and the indexes of revealed comparative advantage were calculated. The results obtained were positive and higher than the one reflecting that the strawberry produced in México has comparative advantages and is competitive in importing markets, which explains the position of México as one of the main producing and exporting countries of this product.

**Keywords:** comparative advantages, indexes of comparative advantages and exports.

**Agroproductividad:** Vol. 11, Núm. 1, enero. 2018, pp: 105-110.

**Recibido:** junio, 2016. **Aceptado:** septiembre, 2017.



## INTRODUCCIÓN

**La fresa** (*Fragaria spp.*) es la berry más producida y comercializada en el mundo; los principales mercados importadores son Canadá, Estados Unidos de América, Alemania y Francia. La fresa es reconocida y demandada por su sabor, contenido de vitamina C y minerales (hierro, ácido fólico y ácido salicílico). Además, tiene una diversidad de usos en el sector industrial en la elaboración de mermeladas, purés, concentrados o helados (Santoyo, 2009). Los principales productores de fresa a nivel mundial en 2012 fueron Estados Unidos de América con 1366,850 t, representando 33% de la producción mundial. México con 360,426 t aparece como el segundo productor de fresa, aportando 9% del total de la producción mundial, seguidos de Turquía con 353,173 t, lo que representa 7% y España con 289,900 t equivalente a 7% (FAOSTAT, 2016). Los principales países importadores de fresa en 2012 fueron Estados Unidos de América con 159,331 t, representando 28% de las importaciones mundiales, Canadá con 127,017 t, importando 23% del total mundial, Alemania con 116,534 t, representando 21% de las importaciones, y Francia con 104,413 t, importando 19% mundial (FAOSTAT, 2016). Los principales países exportadores de fresa en 2012 fueron: España, con 287,903 t, aportando 39% del total mundial; Estados Unidos de América, con 150,722 t, equivalente a 20% del volumen de fresa exportado en el mundo, y México, con 113,634 t, con 15% del total mundial. En 2012 México exportó 113,634 t, con un valor de 224,400 miles de dólares (FAOSTAT, 2016), siendo Estados Unidos el principal destino de las exportaciones, las cuales complementan la producción de Estados Unidos de América y satisface la demanda doméstica.

Un dato importante en estas relaciones económicas, son las variables: ventajas comparativas y la competitividad. La ventaja comparativa se relaciona con la comparación de la eficiencia en la producción de dos países: aquel con el costo de oportunidad más bajo es relativamente más eficiente y, por lo tanto, tiene ventaja comparativa (Arias y Segura, 2004). Al tener una ventaja comparativa, los países se benefician con una producción mundial mayor, de mejor calidad, menor costo de oportunidad y mejores precios relativos. La ventaja comparativa se manifiesta en la ventaja comparativa revelada. De acuerdo con la teoría económica neoclásica, la competitividad se origina en la dotación e intensidad de los factores capital y trabajo; el modelo asume exclusivamente las ventajas de un país que le son propias por naturaleza y excluye fenómenos que para otras teorías son importantes

(Krugman y Obstfeld, 2008). La competitividad se refiere al "grado en el cual un país, bajo condiciones de mercado libres y justas, puede producir bienes y servicios que superen el test de los mercados internacionales, incrementando en forma sostenida los ingresos reales de su población" (OCDE, 1992). La teoría de David Ricardo refiere el concepto de ventaja comparativa a la mayor eficiencia en la producción de algunos bienes nacionales, con menor costo comparativo de producción, llevando a un intercambio más ventajoso, siendo la base de la exportación de los países que participan en el comercio internacional. Uno de los beneficios derivados del comercio internacional es la especialización productiva y con ello una ventaja comparativa (Salazar, 2015). **La ventaja comparativa se manifiesta en la ventaja comparativa revelada.** Balassa (1965) acuñó el término de Índice de Ventaja Comparativa Revelada (IVCR) para señalar que las ventajas comparativas entre naciones pueden ser reveladas por el flujo del comercio de mercancías, por cuanto el intercambio real de bienes refleja los costos relativos, y también las diferencias que existen entre los países, no necesariamente por factores de mercado (Heredia y Huarachi, 2009). El IVCR refleja las ventajas comparativas reveladas sobre la base de la especialización en el comercio que muestra un país, relativo a un punto de referencia, permitiendo medir el patrón que se observa en la práctica en los flujos del comercio internacional. El IVCR considera la ventaja intrínseca que tiene un producto de exportación, consistente con la dotación relativa de recursos y con la productividad del país (Arias y Esquivel, 2010). La ventaja comparativa revelada también constituye una herramienta básica en las prácticas comerciales de cualquier país o producto, puesto que abre una oportunidad para mejorar y acrecentar las ganancias por medio del estudio y medición en el desempeño y la competitividad productiva y comercial. El indicador de la ventaja comparativa revelada se ha utilizado como medida de ventajas o desventajas competitivas, mostrando la aptitud de un país para competir en el ámbito internacional con un producto en particular (Torres et al., 2015). En el estudio de IVCR de las exportaciones se observa que el nivel de comercio mundial de un país es un factor que afecta en forma positiva el valor del IVCR (Cafiero, 2006). En este contexto el objetivo de la investigación fue medir la competitividad de la fresa producida en México, en los principales mercados importadores, con el cálculo del Índice de Ventaja Comparativa Revelada (IVCR) y el Índice de Ventaja Comparativa Revelada Normalizada (IVCRN), que reflejan la competitividad del producto en relación con los países importadores.

El análisis de la ventaja comparativa revelada y de la comparativa revelada normalizada, requiere de las variables: exportaciones al país importador y las exportaciones totales del país exportador hacia el mundo del producto y del sector de la producción del producto.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los principales procedimientos de cálculo que se utilizaron son los relacionados con los IVCR e IVCRN:

**Índice de Ventaja Comparativa Revelada (IVCR).** El IVCR de un producto de un país en un mercado específico se calcula con el procedimiento siguiente:

$$IVCR_{ij}^k = (X_{ij}^k / XT_{ij}) / (X_{iw}^k / XT_{iw})$$

dónde:  $IVCR_{ij}^k$  = Índice de ventaja comparativa revelada del producto  $k$  del país  $i$  hacia el país  $j$ ;  $X_{ij}^k$  = Exportaciones del producto  $k$  realizadas por el país  $i$  hacia el país  $j$ ;  $XT_{ij}$  = Exportaciones totales del país  $i$  al país  $j$ ;  $X_{iw}^k$  = Exportaciones del producto  $k$  realizadas por el país  $i$  hacia el mundo ( $w$ );  $XT_{iw}$  = Exportaciones totales del país  $i$  al mundo ( $w$ ). Si el IVCR obtenido es mayor que cero ( $IVCR > 0$ ), existe ventaja comparativa para el país y el producto de análisis, y el país es competitivo en los mercados internacionales. Si el índice de ventaja comparativa revelada calculado es menor que cero ( $IVCR < 0$ ), existe desventaja comparativa para el país y el producto de análisis, y no es competitivo en el mercado internacional (Balassa, 1965).

**Índice de Ventaja Comparativa Revelada Normalizada (IVCRN).** Considerando que el IVCR permite mejorar el análisis; éste se normaliza a un máximo de 1 y a un mínimo de  $-1$ , de la siguiente manera:

$$IVCRN = IVCR - 1 / IVCR + 1$$

Los índices calculados tomarán valores entre 1 y  $-1$ , donde valores entre  $+0.33$  y  $+1$  reflejan que existe ventaja comparativa para el país; por tanto, el comercio con el país analizado es favorable; mientras que valores de entre  $-0.33$  y  $-1$  reflejan desventaja comparativa para el país, y con  $-0.33$  y  $+0.33$  muestran tendencia hacia un comercio intra producto, es decir, a intercambiar productos del mismo grupo tecnológico (Durán y Álvarez, 2008).

### Variables

El Índice de ventaja comparativa revelada se analizó para el período de 1994 a 2012 con los datos de exportaciones de fresa y totales agrícolas realizadas por México hacia el mundo, Estados Unidos, Canadá y Países Bajos; la información de las variables se obtuvo de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) de la sección estadística (FAOSTAT) y United States Department of Agriculture-Foreign Agricultural Service (FAS-USDA). Para calcular el IVCRN se usa la información obtenida como índice de ventaja comparativa revelada (Cuadro 1).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los principales destinos de las exportaciones de fresa realizadas por México

fueron a Estados Unidos de América (EUA) con 113,587 t, Canadá con 32 t, Países Bajos con 22 t y otros con 36.82 t, esta distribución refleja la concentración de las exportaciones de fresa a EUA con 99.92%, con una tasa de crecimiento (TC) de 620.76% en las exportaciones de 1994 a 2012, seguido de Canadá con 0.028% y una TC de 63.83%, Países Bajos con 0.019%, con una TC de 2297.16%, y otros con 0.032%. La orientación de las exportaciones de fresa a EUA, se explica por la insuficiencia de la producción norteamericana para satisfacer la demanda, dada su desventaja geográfica y el tamaño de su mercado.

### Índices de ventaja comparativa revelada y normalizada

Los IVCR de Balassa e IVCRN obtenidos en los principales países importadores para el período 1994-2012 con valores positivos en algunos casos reflejaron la existencia de ventaja comparativa y la competitividad de las exportaciones de fresa en EUA, Canadá y Países Bajos, explicado por ventajas comparativas y competitivas (Cuadro 2).

### IVCR de fresa exportada a Estados Unidos de América

El mercado de EUA, es el principal destino de las exportaciones de fresa mexicana. En el período estudiado mostró algunos periodos decrecientes; los más relevantes fueron 1996 y 2004, debido a la disminución en las importaciones de EUA. La tendencia en general del IVCR durante el período 1994 a 2012 fue positiva y creciente, con IVCR promedio de 1.167, lo que indica que México contó con una ventaja comparativa en las exportaciones al mercado estadounidense, siendo el valor de las exportaciones de 224,285 miles de dólares en 2012

**Cuadro 1.** Exportaciones de fresa (*Fragaria* spp.) y exportaciones totales agrícolas de México a distintos mercados de importación de 1994-2012 (miles de dólares).

| Año  | Fresa México a E. U.A. | Totales (agrícolas) de México a E.U.A. | Fresa México a Canadá | Totales (agrícolas) de México a Canadá | Fresa México a Países Bajos | Totales (agrícolas) México a Países Bajos | Fresa México hacia Mundo | Totales (agrícolas) de México hacia Mundo |
|------|------------------------|--|-----------------------|--|-----------------------------|---|--------------------------|---|
|      | $X_{ij}^k$             | $XT_{ij}$                              | $X_{ij}^k$            | $XT_{ij}$                              | $X_{ij}^k$                  | $XT_{ij}$                                 | $X_{iw}^k$               | $XT_{iw}^k$                               |
| 1994 | 31118                  | 3,200,919                              | 47                    | 27,607                                 | 3                           | 16,943                                    | 31522                    | 3,826,216                                 |
| 1995 | 43701                  | 4,639,567                              | 0                     | 42,540                                 | 0                           | 23,804                                    | 43855                    | 5,573,655                                 |
| 1996 | 0                      | 4,112,271                              | 0                     | 51,593                                 | 0                           | 27,971                                    | 53253                    | 5,443,709                                 |
| 1997 | 26587                  | 4,510,173                              | 26                    | 65,639                                 | 24                          | 47,972                                    | 27035                    | 6,006,701                                 |
| 1998 | 64126                  | 5,100,491                              | 118                   | 73,270                                 | 335                         | 55,901                                    | 66708                    | 6,532,036                                 |
| 1999 | 62222                  | 5,451,009                              | 129                   | 74,064                                 | 6                           | 33,585                                    | 63714                    | 6,590,977                                 |
| 2000 | 49579                  | 5,734,545                              | 3                     | 80,860                                 | 0                           | 49,137                                    | 50188                    | 7,089,302                                 |
| 2001 | 42192                  | 5,553,213                              | 0                     | 90,940                                 | 0                           | 39,013                                    | 43360                    | 7,012,883                                 |
| 2002 | 52267                  | 5,610,907                              | 53                    | 90,952                                 | 0                           | 42,714                                    | 52416                    | 7,104,071                                 |
| 2003 | 54913                  | 6,766,894                              | 187                   | 101,336                                | 8                           | 41,521                                    | 55170                    | 8,061,272                                 |
| 2004 | 59615                  | 8,002,679                              | 15                    | 127,811                                | 89                          | 45,242                                    | 59832                    | 9,229,303                                 |
| 2005 | 86252                  | 8,753,624                              | 8                     | 162,615                                | 236                         | 75,790                                    | 87106                    | 10,523,838                                |
| 2006 | 134676                 | 10,227,282                             | 0                     | 195,734                                | 464                         | 78,007                                    | 135817                   | 12,279,825                                |
| 2007 | 123923                 | 10,489,842                             | 0                     | 245,749                                | 14                          | 82,553                                    | 124411                   | 13,013,036                                |
| 2008 | 128397                 | 11,145,291                             | 6                     | 218,626                                | 2                           | 119,605                                   | 128647                   | 14,599,296                                |
| 2009 | 93145                  | 11,394,570                             | 3                     | 240,138                                | 19                          | 93,738                                    | 93164                    | 14,436,363                                |
| 2010 | 141912                 | 12,959,470                             | 370                   | 357,215                                | 0                           | 119,611                                   | 142331                   | 16,338,871                                |
| 2011 | 141904                 | 15,597,068                             | 105                   | 464,128                                | 97                          | 177,069                                   | 142053                   | 19,958,589                                |
| 2012 | 224285                 | 15,253,028                             | 77                    | 345,144                                | 72                          | 184,613                                   | 224400                   | 19,891,271                                |

FUENTE: Elaborado con datos de la FAOSTAT y FAS-USDA, 2016.

(FAOSTAT, 2016) y un IVCR de 1.3034, mientras que el IVCRN de las exportaciones de fresa al mercado estadounidense en promedio fue de 0.098, localizándose dentro del rango  $-0.33$  a  $0.330$  para el periodo 1994 a 2012 con una tendencia creciente, lo que refleja una propensión al comercio intra producto, con IVCRN promedio de 0.098 (Figura 1 y 2).

### IVCR de fresa exportada a Canadá

El mercado canadiense es el segundo destino de las exportaciones de fresa mexicana, y durante el período estudiado mostró periodos decrecientes en 1995-1996, 2000-2001 y de 2004 a 2009 por la disminución en las importaciones de Canadá. La tendencia del IVCR durante el periodo 1994 a 2012 fue decreciente, con un promedio de 0.062, indicando bajos niveles de ventaja comparativa con respecto a las importaciones que realizó Canadá, alcanzando un valor de las exportaciones de 77 miles de dólares en 2012 (FAOSTAT, 2016) y un IVCR de 0.01978, lo que refleja un mercado poco estable para

la fresa mexicana. El IVCRN para el periodo 1994 a 2012 mostró una tendencia decreciente, con un promedio de  $-0.84$ , ubicándose en el rango de  $-0.33$  a  $-1$ , indicando que México no tiene ventaja comparativa en la exportación de fresa hacia Canadá (Figura 3 y 4).

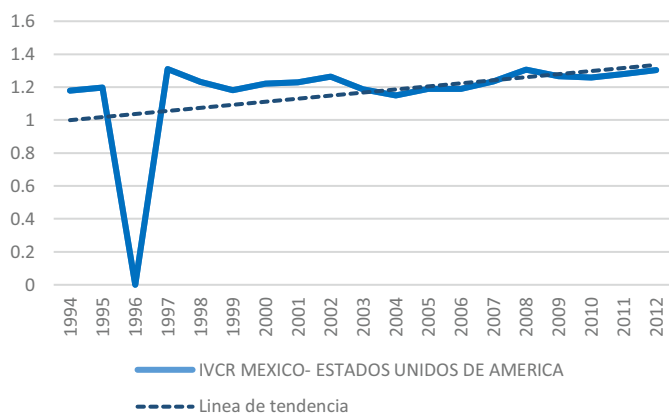
### IVCR de fresa (*Fragaria* spp.) exportada a Países Bajos.

El mercado de Países Bajos como destino de las exportaciones de fresa (*Fragaria* spp.) de México en el periodo estudiado mostró momentos decrecientes de 1995-1996, 1999-2003 y de 2007-2012 por la disminución en el volumen importado de fresa (*Fragaria* spp.) proveniente de México. La tendencia general del IVCR es decreciente durante el periodo 1994 a 2012 con IVCR promedio de 0.113; el volumen de las exportaciones hechas por México hacia Países Bajos es de 72 miles de dólares, con un IVCR de 0.0345 en 2012, lo que manifiesta que ahí la fresa mexicana es un producto de baja competitividad y ventaja comparativa. Por el monto de las importaciones se observa que es un país en donde la

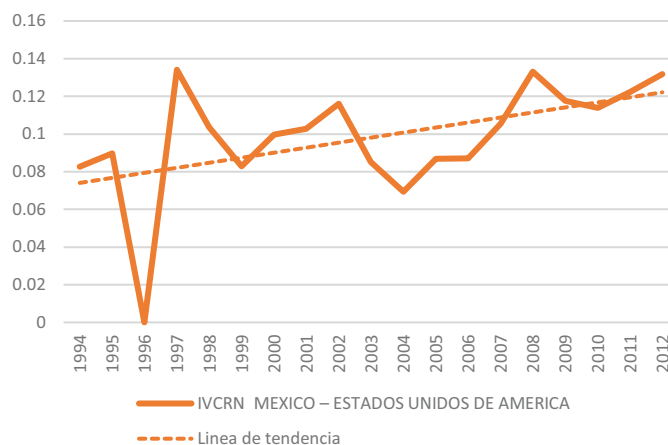
**Cuadro 2.** IVCR e IVCRN de fresa (*Fragaria* spp.) de México en los principales destinos de exportación (1994-2012).

| AÑO  | IVCR Mexico- Estados Unidos de América | IVCR México- Canadá | IVCR México-Países Bajos | IVCRN México- Estados Unidos de América | IVCRN México- Canadá | IVCRN México- Países Bajos |
|------|--|---------------------|--------------------------|---|----------------------|----------------------------|
| 1994 | 1.1800                                 | 0.2066              | 0.0215                   | 0.0826                                  | -0.6575              | -0.9579                    |
| 1995 | 1.1971                                 | 0.0000              | 0.0000                   | 0.0897                                  | -1.0000              | -1.0000                    |
| 1996 | 0.0000                                 | 0.0000              | 0.0000                   | 0.0000                                  | 0.0000               | 0.0000                     |
| 1997 | 1.3097                                 | 0.0880              | 0.1112                   | 0.1341                                  | -0.8382              | -0.7999                    |
| 1998 | 1.2311                                 | 0.1577              | 0.5868                   | 0.1036                                  | -0.7276              | -0.2604                    |
| 1999 | 1.1808                                 | 0.1802              | 0.0185                   | 0.0829                                  | -0.6947              | -0.9637                    |
| 2000 | 1.2212                                 | 0.0052              | 0.0000                   | 0.0996                                  | -0.9896              | -1.0000                    |
| 2001 | 1.2288                                 | 0.0000              | 0.0000                   | 0.1027                                  | -1.0000              | -1.0000                    |
| 2002 | 1.2625                                 | 0.0790              | 0.0000                   | 0.1160                                  | -0.8536              | -1.0000                    |
| 2003 | 1.1857                                 | 0.2696              | 0.0282                   | 0.0850                                  | -0.5753              | -0.9452                    |
| 2004 | 1.1491                                 | 0.0181              | 0.3036                   | 0.0694                                  | -0.9644              | -0.5342                    |
| 2005 | 1.1904                                 | 0.0059              | 0.3762                   | 0.0869                                  | -0.9882              | -0.4533                    |
| 2006 | 1.1906                                 | 0.0000              | 0.5378                   | 0.0870                                  | -1.0000              | -0.3006                    |
| 2007 | 1.2357                                 | 0.0000              | 0.0177                   | 0.1054                                  | -1.0000              | -0.9651                    |
| 2008 | 1.3074                                 | 0.0031              | 0.0016                   | 0.1332                                  | -0.9938              | -0.9968                    |
| 2009 | 1.2667                                 | 0.0019              | 0.0313                   | 0.1177                                  | -0.9961              | -0.9394                    |
| 2010 | 1.2571                                 | 0.1189              | 0.0001                   | 0.1139                                  | -0.7875              | -0.9999                    |
| 2011 | 1.2783                                 | 0.0318              | 0.0772                   | 0.1222                                  | -0.9384              | -0.8567                    |
| 2012 | 1.3034                                 | 0.0198              | 0.0345                   | 0.1317                                  | -0.9612              | -0.9332                    |

FUENTE: Elaborado con datos de la FAOSTAT y FAS-USDA, 2016.



**Figura 1.** IVCR de las exportaciones de fresa (*Fragaria* spp.) a E.U.A. Fuente: Elaborado con datos de FAOSTAT y FAS-USDA, 2016.



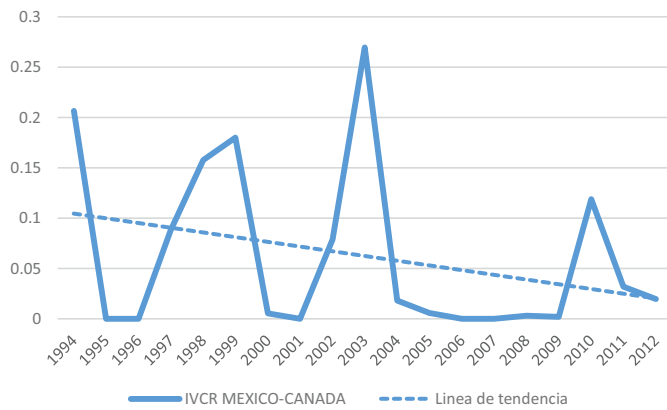
**Figura 2.** IVCRN de las exportaciones de fresa (*Fragaria* spp.) a E.U.A. Fuente: Elaborado con datos de FAOSTAT y FAS-USDA, 2016.

fresa producida en México no tiene ventajas comparativas, ya que los valores obtenidos de IVCRN se encuentran en el rango de -0.33 a -1 para el periodo de 1994 a 2012, siendo el IVCRN promedio de -0.78 (Figura 5 y 6).

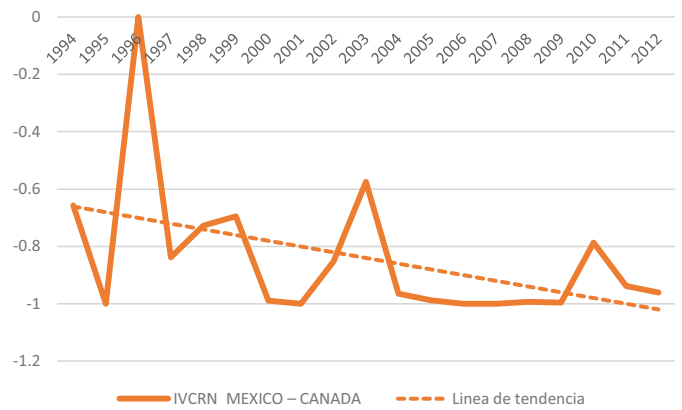
### CONCLUSIONES

**México** es un importante productor y exportador de fresa en el mun-

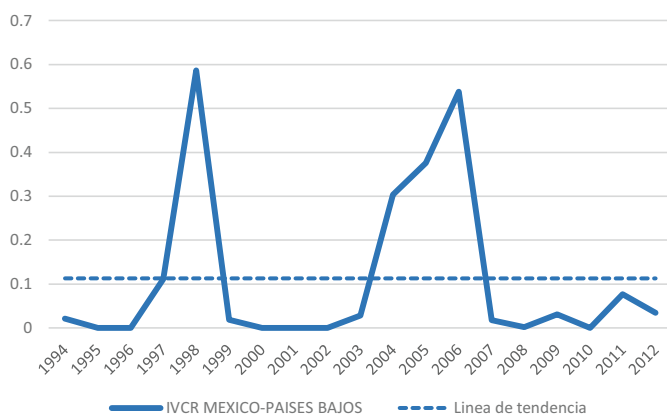
do; ocupa el segundo lugar como productor y el tercero como exportador. Entre los principales socios comerciales de México se encuentra Estados Unidos de América, Países Bajos y Canadá. Estados Unidos de América es el país al que se destina la mayor cantidad de fresa producida en México. Los IVCR e IVCRN calculados reflejaron que la fresa de México es competitiva en Estados Unidos de América, mientras que en



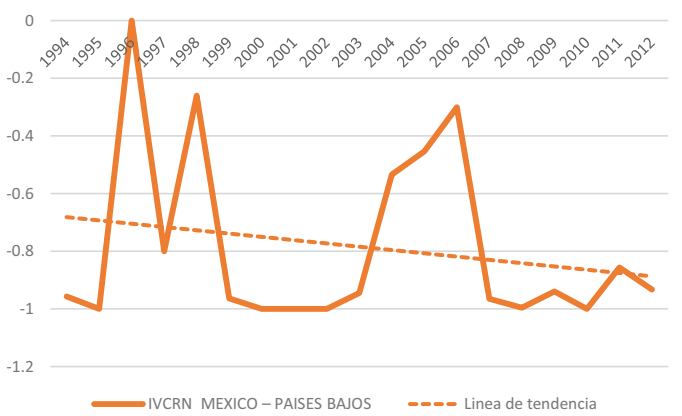
**Figura 3** IVCR de las exportaciones de fresa a Canadá.  
Fuente: Elaborado con datos de FAOSTAT y FAS-USDA, 2016.



**Figura 4** IVCRN de las exportaciones de fresa a Canadá.  
Fuente: Elaborado con datos de FAOSTAT y FAS-USDA, 2016.



**Figura 5** IVCR de las exportaciones de fresa a Países Bajos  
Fuente: Elaborado con datos de FAOSTAT y FAS-USDA, 2016.



**Figura 6** IVCRN de las exportaciones de fresa a Países Bajos  
Fuente: Elaborado con datos de FAOSTAT y FAS-USDA, 2016.

Canadá y Países Bajos tiene baja competitividad y ventaja comparativa.

### LITERATURA CITADA

Arias S.J., Segura R.O. 2004. Índice de ventaja comparativa revelada: un indicador del desempeño y de la competitividad productivo-comercial de un país. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).

Arias S.J., Esquivel V.J. 2010. Oportunidades y posibles impactos de las negociaciones agrícolas internacionales de la Comunidad Andina. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).

Balassa B. 1965. Trade liberalization and "revealed" comparative advantage. England, Manchester School.

Cafiero J. 2006. Análisis de las Exportaciones Argentinas utilizando el Índice de Ventajas Comparativas Reveladas. Revista del CEI Comercio Exterior e Integración.

Durán L.J.E., Álvarez M. 2008. Indicadores de comercio exterior y política comercial: mediciones de posición y dinamismo comercial. CEPAL.

FAOSTAT. 2016. The statistics division of the Food and Agriculture Organization of the United Nations. [En línea]. Disponible en: <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/TP/S>

FAS-USDA. 2016. Foreign Agricultural Service-United States Department of Agriculture. [En línea]. Disponible en: <http://www.fas.usda.gov/>

Heredia P.J., Huarachi Ch.J. 2009. "El índice de la ventaja comparativa revelada (VCR) entre el Perú y los principales exportadores del mundo. El caso de la Región Lambayeque". Perú: ESAN Ediciones, Cuadernos de Difusión: Número 26, Vol. 14, junio. [En línea]. Disponible en: <http://www.esan.edu.pe/publicaciones/cuadernos-de-difusion/26/HerediaHuarachi.pdf>

Krugman P.R., Obstfeld M. 2008. Economía internacional: Teoría y política. 7ª Edición. Editorial Pearson Addison Wesley. España.

OCDE. 1992. Technology and the Economy. The Key Relationships., The Technology/Economy Programmed. Paris.

Salazar C.J. de J. 2015. Estructura y evolución reciente de las ventajas comparativas de México y de sus estados. TRAYECTORIAS (Revista de Ciencias Sociales de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Año 17. Núm.40 Enero-Junio

Santoyo J. 2009. Paquete tecnológico para la producción de fresa. Fundación PRODUCE Sinaloa A.C.

Torres G.A.F., Romero M.S. L., Cruz Ch.G.R. 2015. Las ventajas comparativas reveladas en el comercio exterior de México y Turquía. Revista Internacional Administración & Finanzas Vol. 8, No. 7, ISSN: 2157-3182.



# EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN LECHERA FAMILIAR

## ECONOMIC EVALUATION OF THE FAMILY DAIRY PRODUCTION SYSTEM

Sánchez-Medina, A.P.<sup>1</sup>, Herrera-Haro, J.G.<sup>1\*</sup>, Ramírez-Bribiesca, J.E.<sup>1</sup>, Ortega-Cerrilla, M.E.<sup>1</sup>,  
Mendoza-Nazar, P.<sup>2</sup>, Dorantes Jiménez, J.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados, Ganadería, Campus Montecillos. Carretera México-Texcoco Km. 36.5, Montecillo, Texcoco 56230, Estado de México. <sup>2</sup>Universidad Autónoma de Chiapas, FMVZ. Carretera Ejido Emiliano Zapata Km. 8, Terán, 29050. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. <sup>3</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Campeche. Carretera Haltunchén-Edzná km 17.5, Sihochac, 24450. Champotón, Campeche.

\*Autor de correspondencia: haro@colpos.mx

### RESUMEN

En el Estado de México se carecen de indicadores productivos, económicos y sociales de la ganadería lechera familiar. El objetivo del estudio fue identificar estos parámetros, en los Municipios de Texcoco y San Andrés Chiantla en la región oriente del Estado de México. La información se obtuvo por encuestas directas con los productores y visitas a las granjas lecheras. Se utilizó un diseño de muestreo aleatorio irrestricto y monitoreo periódico de los indicadores mencionados; el tamaño de muestra se integró con 24 granjas familiares, que conforman 22% de la población. Los resultados indicaron un sistema de producción en pequeña escala, integrado en su mayoría por productores con más de 50 años de edad, con una experiencia en la actividad ganadera de 28 años, con hatos promedio de 21 animales Holstein, alojados en pequeños establos con 904 m<sup>2</sup> y con producciones promedio de 14.65 kg vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>. El costo total de la producción anual de leche y becerros de engorda fue de \$236,871.14 pesos mexicanos, correspondiendo un 90.7% a los costos variables y 9.3% a los costos fijos; cuyo ingreso por venta de productos generados (leche y becerros de engorda) fue de \$299,121.45. La utilidad por producto vendido fue de \$1.32 kg<sup>-1</sup> para leche y \$8.45 kg<sup>-1</sup> para carne, obteniendo una rentabilidad del 20.81%. El costo de producción por cada litro de leche fue de \$5.05, cubriendo este costo de producción con 10,252.77 litros, generada por tres vacas.

**Palabras clave:** granjas lecheras, punto de equilibrio, rentabilidad, utilidad.



**Agroproductividad:** Vol. 11, Núm. 1, enero. 2018, pp. 111-117.

**Recibido:** diciembre, 2015. **Aceptado:** septiembre, 2017.

## ABSTRACT

In Estado de México there is a lack of productive, economic and social indicators of family dairy livestock production. The objective of the study was to identify these parameters, in the municipality of Texcoco and San Andrés Chiautla in the eastern region of Estado de México. The information was obtained through direct surveys with producers and visits to dairy farms. A random unconditional sampling design and periodical monitoring of the indicators mentioned was used; the size of the sample was made up of 24 family farms, which make up 22 % of the population. The results indicated a small-scale production system, integrated mostly by producers older than 50 years, with experience in livestock production of 28 years, with average herds of 21 Holstein animals, housed in small barns of 904 m<sup>2</sup> and average production of 14.65 kg cow<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>. The total cost of annual milk production and fattening calves was \$236,871.14 Mexican pesos, corresponding 90.7 % to variable costs and 9.3 % to fixed costs, whose income over the sale of products generated (milk and fattening calves) was \$299,121.45. The use per sold product was \$1.32 kg<sup>-1</sup> for milk and \$8.45 kg<sup>-1</sup> for meat, obtaining a profitability of 20.81 %. The production cost per liter of milk was \$5.05, covering this production cost with 10,252.77 liters, generated by three cows.

**Keywords:** dairy farms, point of equilibrium, profitability, utility.

esta ganadería en pequeña escala es mejorar sus índices de productividad, haciendo uso óptimo de los insumos utilizados en los procesos de producción y adecuándose a condiciones que propicien su permanencia y sustentabilidad económica. Por ello, se deben proponer mejores estrategias para que los productores combinen los factores de la producción y generen un flujo financiero que les permita disponibilidad de efectivo durante todo el año. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue obtener indicadores productivos y de rentabilidad económica de la ganadería lechera familiar en los Municipios de Texcoco y San Andrés Chiautla del Estado de México.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó en los municipios de Texcoco y San Andrés Chiautla, ubicados en el oriente del Estado de México (Figura 1) (19.30° N, 98.53° O, y altitud de 2250 m); su clima se considera templado semi-seco, con una temperatura media anual de 15,9 °C y una precipitación media anual de 686 mm. (INEGI 2009). La información se obtuvo mediante encuesta directa con los productores y monitoreo periódico de ingresos y egresos de las granjas lecheras, la que incluyó aspectos socioeconómicos, productivos y de manejo del hato. Se utilizó un diseño de muestreo aleatorio irrestricto (Sukhatme y Sukhatme 1979) y se seleccionaron aleatoriamente 24 granjas con 4 a 20 vacas en producción.

### Determinación de indicadores económicos

Los indicadores económicos de las granjas lecheras se estimaron por las ero-

## INTRODUCCIÓN

**El sistema** de producción de leche familiar en el oriente del Estado de México está constituido por un gran número de granjas familiares con vacas Holstein en áreas periurbanas de las ciudades y pequeños poblados poco tecnificados, bajos niveles de capitalización, que venden la leche sin procesar a consumidores y queserías locales (Espinoza *et al.*, 2010). La alimentación del ganado se basa en concentrados comerciales complementados con subproductos agroindustriales, tales como residuos de panadería y cervecera (Álvarez *et al.*, 2012). Estas granjas en pequeña escala son autosuficientes y proporcionan seguridad alimentaria a sus familias (Bernal *et al.*, 2007; Espinoza *et al.*, 2007), además de que pueden constituir un incentivo para el crecimiento económico familiar y producir en condiciones amigables con el ambiente (Álvarez *et al.*, 2004). En los últimos años el avance de la urbanización ha desplazado estas unidades de producción, principalmente por la competencia por la tierra y agua; aunado a ello, la falta de interés de las nuevas generaciones por esta actividad las hace propensas a desaparecer en el mediano plazo, aun cuando exista gran demanda de leche y sus productos por la Ciudad de México y otros grandes núcleos de población periférica. Uno de los principales retos de



**Figura 1.** Ubicación geográfica de los municipios de Texcoco y San Andrés Chiautla, Estado de México.

gaciones del proceso productivo: inventario de ganado, mantenimiento de instalaciones, mano de obra familiar, alimentación del ganado, y servicios e impuestos. A la mano de obra se le asignó un costo de acuerdo con el número de horas trabajadas. Los ingresos fueron básicamente por leche producida y complementariamente por engorda de los becerros nacidos en la granja. La información se obtuvo a dos niveles: a) En la unidad de producción (UP), estimando las utilidades, relación beneficio/costo y rentabilidad y, b) por producto generado, estimando el costo unitario de leche y carne (Espinoza *et al.*, 2010). Para el cálculo de la utilidad del periodo de producción se consideraron los costos totales de producción (CTP) y los ingresos totales (IT) por venta de los productos. La evaluación de costos unitarios de producción de leche y carne se calculó con la participación porcentual del IT generado por cada producto. Para obtener la utilidad y punto de equilibrio económico y productivo por producto se utilizaron las siguientes formulas:

- i. Utilidad por producto = Precio de venta del producto – Costo unitario de producción.
- ii. Punto de equilibrio económico (PEE) = Costos fijos Unitarios (CFU) / 1 – Costos Variables Unitarios (CVU) / precio de venta del producto.
- iii. Punto de equilibrio productivo (PEP) = PEE / precio de venta del producto.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Características generales del sistema de producción

En el sistema de producción de leche familiar en la región de Texcoco y San Andrés Chiautla el manejo del ganado lo realiza el núcleo familiar (mujeres, niños y personas de la tercera edad); los jefes de familia tienen una edad promedio de 51 años, con escolaridad básica y experiencia en la actividad por 28 años (Figura 2). En los últimos años se ha observado que la falta de interés de generaciones jóvenes por esta actividad condenan a estas granjas a desaparecer en el mediano plazo (Álvarez *et al.*, 2004). Sin embargo, en el área de estudio se observó también el interés de algunos jóvenes por formar parte de la generación de reemplazo dentro de dicho núcleo, debido a problemas de empleo y a la incorporación de sistemas de engorda de becerros dentro de la actividad lechera que aumentan su rentabilidad, haciendo menos frágil la permanencia de este tipo de unidades lecheras.



**Figura 2.** Características del sistema de producción familiar.

Estos sistemas de producción de ganadería familiar presentan similitudes en las provincias mexicanas, con ligeras diferencias debido al tipo de insumos disponibles (Bernal *et al.*, 2007; Cervantes *et al.*, 2007; Moreno *et al.*, 2012). Para la mayoría de los productores del área de estudio la lechería familiar representa 58% de la totalidad de sus ingresos económicos, el resto lo obtiene con actividades económicas independientes en agricultura y servicios. Martínez *et al.* (2012) mencionan que su principal fuente de ingresos es la ganadería, aunque existe un 16.5% que complementa sus ingresos por medio de la agricultura, y un 6.7% a través de actividades comerciales.

El ganado se cría en extensiones de la casa familiar con una superficie promedio aproximada de 0.1 ha. Se distribuyen espacios para asoleaderos de los animales y bodega para almacenar piensos y forrajes, la cual es también utilizada para alojar becerros durante el pre destete, además de un corral para manejo de la ordeña y encierro. Estos corrales están contruidos de forma rústica, con techo de lámina y madera, piso de concreto, comederos y bebederos. El tamaño del hato está constituido, en promedio, por 21 animales de raza Holstein, y un promedio de nueve vacas en producción (Cuadro 1), resultados similares fueron reportados por Castillo *et al.* (2012) en

un estudio realizado en la misma región.

La alimentación del ganado en el área de estudio se basa en dietas balanceadas elaboradas por los mismos productores (Figura 3), con 16% de proteína y 2.8 Mcal kg<sup>-1</sup>, utilizando alimentos comerciales complementados con alfalfa verde (*Medicago sativa*), maíz molido (*Zea mays* L.), avena (*Avena fatua* L.) y residuos de panadería, siendo el consumo de las vacas en producción de 12.5 kg de alimento por día (Figura 4). Bernal *et al.* (2007) realizaron un estudio similar en el municipio de Jilotepec, reportando raciones alimenticias a base de rastrojo de maíz, avena, alfalfa verde, maíz molido, alimento comercial y subproductos agroindustriales. Reportan pastoreo de praderas nativas y en menor escala en praderas cultivadas.

La producción de leche es de 14.65 kg<sup>-1</sup> vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> (Cuadro 2); la ordeña se realiza en 68% de las granjas manualmente y el restante 32% de forma mecánica, con ordeñadoras portátiles de un solo pistón.

El alto porcentaje de ordeño manual es consecuencia del reducido número de vacas en producción, de la dis-

**Cuadro 1.** Estructura del hato en el sistema de producción lechera familiar en la región de Texcoco, Estado de México.

| Variable            | Unidades productivas | media | ± error estándar |
|---------------------|----------------------|-------|------------------|
| Vacas en producción | 24                   | 9.72  | 1.21             |
| Vacas secas         | 16                   | 3.53  | 1.06             |
| Vaquillas           | 16                   | 2.13  | 0.89             |
| Becerras            | 18                   | 3.66  | 0.70             |
| Becerros            | 17                   | 2.65  | 0.46             |
| Novillos            | 11                   | 2.25  | 0.40             |
| Toro                | 4                    | 0.50  | 0.29             |
| Total               | 24                   | 21.65 | 0.15             |

datos obtenidos coinciden con Álvarez *et al.* (2004), quienes reportan 14.3 kg<sup>-1</sup> vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> al sur del valle de México.

Las prácticas de higiene de ordeña son casi inexistentes y consisten en el lavado y secado de ubres (16.6%), detección de mastitis con cedazo negro (4.8%) y sellado de pezones al terminar la ordeña (4.6%), prácticas que se realizan durante mañana y tarde. Previa a la ordeña y después de ella, la limpieza del área de trabajo y corrales es común. El deficiente manejo del proceso de la ordeña mantiene la contami-

nación microbiana de la leche, incrementar el tiempo de ordeña y la transmisión de organismos patógenos que pueden causar mastitis (Ruiz *et al.*, 2011). La desparasitación y la aplicación de vitaminas se realizan dos veces al año, y 79% de los productores se apoya en



**Figura 3.** Elaboración de alimento.



**Figura 4.** Alimentación. A) Alfalfa verde. B) Concentrado.

servicios veterinarios para tratar enfermedades del ganado. El manejo genético de los hatos consiste en la identificación única de animales (83%), formando parte de un programa de seguimiento y trazabilidad gubernamental (SINIIGA). El 66.6% de los productores llevan registros reproductivos, usando libretas donde anotan fechas de parto, inseminación y confirmación de preñez. En la monta directa se usa 20.5% de los hatos y en el restante 79.5%, inseminación artificial. La crianza de becerras para reemplazo es común en el área de estudio (100%); se destetan a los 3.2 meses con aproximadamente 94.8 kg de peso (Cuadro 3).

### Evaluación económica a nivel de granja

El ingreso total por periodo de producción en las granjas familiares estudiadas fue de \$299,121.45 pesos mexicanos, de los cuales 88% se obtuvo por la venta de leche y 12% por venta de becerros finalizados (Figura 5), siendo una actividad recientemente incorporada a estas unidades de producción familiares y permite incorporar a jóvenes a la actividad pecuaria. En sus estudios, Hernández *et al.* (2013) tipificaron los sistemas de producción de leche en el sur del Estado de México, reportando que 79% del ingreso total correspondió a la producción de leche. Al respecto, algunos investigadores de Latinoamérica estimaron porcentajes de 69.5% (Giorgis *et al.*, 2011) y de 78.5% (Nava *et al.*, 2009) del total de los ingresos de la venta de leche, y los restantes 30.5% y 21.5% de la venta de becerros de las mismas granjas.

El costo de producción total promedio por venta de leche y becerros finalizados en el área de estudio fue de \$236,871.14, con una utilidad de \$62,250.30, mientras que la rentabilidad sobre el costo total de producción fue de 20.8% con respecto al total de productos generados en la granja (Cuadro 4). Gamboa-Mena *et al.* (2005) y Martínez *et al.* (1999) mencionan que la rentabilidad representa la principal medida de eficiencia económica en los sistemas de producción, ya que evidencia cuando los ingresos superan a los gastos. En una evaluación económica realizada en Veracruz, México, en granjas lecheras familiares del trópico, Zárate *et al.* (2010) reportaron rentabilidad promedio de 11%.

**Cuadro 4.** Indicadores de desempeño económico de granjas lecheras de la región Oriente del Estado de México.

| Concepto                  | Monto<br>(\$ Pesos mexicanos) |
|---------------------------|-------------------------------|
| Venta de leche (litros)   | \$263,237.66                  |
| Venta de animales (kg)    | \$35,883.79                   |
| Ingresos totales          | \$299,121.45                  |
| Total de costos variables | \$216,287.50                  |
| Total de costos fijos     | \$20,583.64                   |
| Costo total de producción | \$236,871.14                  |
| Utilidad en el periodo    | \$62,250.30                   |
| Rentabilidad              | 20.81%                        |
| Relación beneficio costo  | 1.26                          |

**Cuadro 2.** Producción de leche en el sistema de producción familiar en la región de Texcoco, Edo. de México.

| Variable  | N  | Media  | ±E.E. |
|---|----|--------|-------|
| Producción del hato, kg <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> | 24 | 144.16 | 26.27 |
| Producción por vaca, kg <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> | 24 | 14.65  | 1.09  |
| Precio por litro de leche                               | 24 | 6.38   | 0.31  |

N: número de explotaciones; E.E. error estándar.

**Cuadro 3.** Actividades de manejo del ganado en el sistema de producción familiar en la región de Texcoco, Edo. de México.

| Variable                            | N  | Media | ±E.E. |
|-------------------------------------|----|-------|-------|
| Permanencia hembra (años)           | 24 | 9.16  | 0.52  |
| Duración lactancia (meses)          | 24 | 9.52  | 0.34  |
| Edad del becerro al destete (meses) | 24 | 3.20  | 0.18  |
| Peso del becerro al destete (kg)    | 24 | 94.79 | 4.84  |

N: número de explotaciones, E.E. error estándar.

La relación beneficio-costo fue de 1.266; esto significa que las granjas ganan 26.6 centavos por cada peso que invierten, superior a la reportada en el trópico por Martínez *et al.* (1999) y Zárate *et al.* (2010), de 1.14 y 1.11, respectivamente.

### Evaluación económica a nivel de producción

La producción de leche fue de 41,259.82 litros y 883.40 kg de carne en pie anuales (Cuadro 5). Al respecto, Rejón *et al.* (2005) mencionan una producción de 7,373 kg por venta de carne y 10,028 litros por venta de leche en sistemas de producción de doble propósito, reportando buen balance entre los factores de la producción. A diferencia de los sistemas de lechería en el trópico, la producción de carne en pie en el oriente del Estado de México es baja, ya que esta proviene de la engorda de becerros destetados de la misma unidad de producción.

Los costos totales de producción para carne (\$28,415.99) y leche (\$208,455.14) se calcularon distribuyéndolos en forma proporcional a los ingresos obtenidos por la venta de los productos, correspondiendo 91.3% a los costos variables y el resto a los fijos (8.7%). Dentro de los costos variables, el rubro más importante fue la alimentación (58.9%), seguido de la mano de obra con 23.9% del total de costos variables

y el porcentaje restante (17.2%) se distribuye en gastos por inseminación de vacas, medicamentos servicios veterinarios, material de mantenimiento, combustibles, luz y agua. Zárate *et al.* (2010) mencionan que el mayor gasto es la compra de alimentos balanceados (24.3%), seguido por mano de obra (15.7%), y 34.2% restante se distribuye en medicamentos, mantenimiento de pradera (Cuadro 5). Posada *et al.* (2012) mencionan que el rubro mano de obra representa una gran fortaleza para la lechería de pequeña escala, en el centro del país, ya que permite aprovechar el capital humano del núcleo familiar. Los rubros considerados dentro de los costos fijos fueron: la depreciación de equipo y material de ordeña y la administración, considerando un costo de 3% de los ingresos brutos por venta de pro-



**Figura 5.** Productos obtenidos de la UP: A) Leche, B) Becerro de engorda.

ductos. Nava *et al.* (2009) mencionan que los costos por conceptos de insumos ocupan la mayor erogación, seguida de los salarios, mientras que la menor proporción del costo total correspondió a los conceptos de depreciación. El costo de producción por producto generado en las unidades de producción estudiada fue de \$32.16 por kg de carne en pie, y el costo promedio de producción de un litro de leche fue de \$5.05. El punto de equilibrio económico y de producción para leche fue de \$65,412.67 y 10,252.77 litros, respectivamente, lo cual implica que los sistemas de producción familiar cubren todos sus gastos de producción de leche con 30% de su capacidad, es decir, con tres vacas.

## CONCLUSIONES

**El sistema** de producción lechera familiar en el oriente del Estado de México es una actividad de importancia primaria, siendo una fuente de autoempleo. Sus principales ingresos son obtenidos por la venta de leche y carne. Esta actividad se caracteriza por contar con mano de obra familiar y corrales construidos de forma rustica. Tiene una rentabilidad superior a las de otras regiones del país, consecuencia de que sus productos son ofertados directamente al consumidor. La incorporación de la actividad de engorda de animales producidas en las explotaciones familiares les proporciona mayor rentabilidad y ocasiona la incorporación de jóvenes a la actividad lechera como

**Cuadro 5.** Costos unitarios de producción de granjas familiares en el oriente del Estado de México.

| Concepto                                | Total Granja | Leche (88%) | Carne (12%) |
|---|--------------|-------------|-------------|
| Ingresos total (\$)                     |              | 263,237.66  | 35,883.79   |
| Costos directos                         |              |             |             |
| Alimentación                            | 127,512.58   | 112,215.66  | 15,296.91   |
| Mano de obra                            | 51,773.00    | 45,562.10   | 6,210.89    |
| Medicamentos                            | 3,235.40     | 2,847.26    | 388.13      |
| Servicio Veterinario                    | 1,800.00     | 1,584.06    | 215.93      |
| Inseminación                            | 2,916.00     | 2,566.18    | 349.81      |
| Agua                                    | 2,079.90     | 1,830.38    | 249.51      |
| Mantenimiento construcciones            | 9,560.00     | 8,413.14    | 1,146.85    |
| Otros                                   | 840.00       | 739.23      | 100.76      |
| Costos indirectos                       |              |             |             |
| Combustible                             | 15,284.00    | 13,450.47   | 1,833.52    |
| Luz                                     | 1,286.62     | 1,132.27    | 154.34      |
| Total Costos variables (\$)             | 222,287.50   | 190,340.79  | 25,946.70   |
| Costos fijos                            |              |             |             |
| Depreciación equipo                     | 11,610.00    | 10,217.21   | 1,392.78    |
| Administración (3.5% ingresos brutos)   | 8,973.64     | 7,897.12    | 1,076.51    |
| Total costos fijos (\$)                 | 20,583.64    | 19,874.42   | 2,709.22    |
| Costos totales de producción (\$)       | 236,871.14   | 208,455.14  | 28,415.99   |
| Producción (l y kg)                     |              | 41,259.82   | 883.40      |
| Costo unitario de producción (\$)       |              | 5.05        | 32.16       |
| Precio de venta (\$)                    |              | 6.38        | 40.62       |
| Utilidad por producto generado (\$)     |              | 1.32        | 8.45        |
| Punto de equilibrio económico (\$)      |              | 65,412.67   | 8,916.91    |
| Punto de equilibrio productivo (l y kg) |              | 10,252.77   | 219.52      |

una alternativa de empleo regional, haciendo económicamente menos frágil la permanencia de este tipo de explotaciones lecheras.

## LITERATURA CITADA

- Álvarez F.G., Herrera H.J.G., Hernández G.A., Barreras S.A. 2012. Calidad de la leche cruda en unidades de producción familiar del sur de Ciudad de México. *Archivo Medicina Veterinaria*. 44:237-242.
- Álvarez F.G., Herrera H.J.G., Barreras G.R., Martínez C.F.E., Hernández G.A., Pérez-P.J. 2004. Calidad de la alimentación y rentabilidad de granjas lecheras familiares del sur del valle de México. *Archivos de zootecnia*. 53:103-106.
- Bernal M.L., Rojas G.M., Vázquez F.C., Espinoza O.A., Estrada F.J., Castelán O.O. 2007. Determinación de la calidad fisicoquímica de la leche cruda producida en sistemas campesinos en dos regiones del Estado de México. *Recista redalyc*. 38:395-407.
- Castillo R.D., Tapia R.M., Brunett P.L., Márquez M.O., Terán V.O., Espinosa A.E. 2012. Evaluación de la sustentabilidad social, económica y productiva de sus agroecosistemas de producción de leche en pequeña escala en el municipio de Amecameca, México. *Revista Científica UDO Agrícola*. 12:690-704.
- Cervantes E.F., Cesin V.A. 2007. La pequeña lechería rural o urbana en México, y su papel en el amortiguamiento de la pobreza. *Revista UNELLEZ de Ciencia y Tecnología* 25:72-85.
- Espinosa O.V.E., Rivera H.G., García H.L.A. 2007. Utilidades económicas generadas por la lechería familiar. *Sociedades rurales, producción y medio ambiente*. 7:19-41.
- Espinosa G.J.A., González O.T.A., Luna E.A.A., Cuevas R.V., Moctezuma L.G., Góngora G.S.F., Jolalpa B.J.L., Vélez I.A. 2010. Administración de ranchos pecuarios con base en el uso de registros técnicos y económicos. *In: Evaluación técnica y económica de la empresa pecuaria*. SAGARPA. INIFAP. Cuajimalpa, D.F. pp: 179-181.
- Gamboa-Mena J.V., Magaña-Magaña M.A., Rejón-Ávila M., Pech Martínez V.C. 2005. Eficiencia económica de los sistemas de producción de carne bovina en el municipio de Tizimin, Yucatán, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 5:79-84.
- Giorgis A., Perea M.J.M., García M.A., Gómez C.A.G., Sánchez P.E.A., Larrea A. 2011. Caracterización técnico-económica y tipología de las explotaciones lecheras de la Pampa (Argentina). *Revista Científica, FCV-LUZ*. 21:340-352.
- Hernández M.P., Estrada F.J.G., Avilés N.F., Yong A.G., López G.F., Solís M.A.D., Castelán O.O.A. 2013. Tipificación de los sistemas campesinos de producción de leche del sur del Estado de México. *Universidad y Ciencia*. 29:19-31.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2009. *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos*. Texcoco, México. 20 de enero del 2015. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datosgeograficos/15/15099.pdf>.
- Martínez C.C.J., Cotera R.J., Abad Z.J. 2012. Características de la producción y comercialización de leche bovina en sistemas de doble propósito en Dobladero, Veracruz. *Revista Mexicana de Agronegocios*. 16:816-824.
- Martínez L.C.J., Paredes G.L.B. 1999. Estudio técnico-económico y de sensibilidad de un sistema de producción doble propósito leche-carne en la zona de Barinas, estado Barinas. *Zootecnia tropical*. 17:155-174.
- Moreno G.A., Herrera A.G., Carrión G.M., Álvarez B.D., Pérez S.R.E., Ortiz R.R. 2012. Caracterización y modelación esquemática de un sistema familiar de bovinos productores de leche en la Ciénega de Chapala, México. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. 20:85-94.
- Nava R., Urdarata M.F., Casanova A. 2009. Comportamiento económico y financiero de sistemas de ganadería de doble propósito (*Taurus-Indicus*). *Revista Científica, FCV-LUZ*. 19:356-365.
- Posada D.R.R., Salinas M.J.A., Callejas J.N., Álvarez F.G., Herrera H.J., Arriaga J.C.M., Martínez C.F.E. 2012. Análisis de costos y estrategias productivas en la lechería de pequeña escala en el periodo 2000-2012. *Contaduría y Administración*. 59:253-275.
- Rejón M., Magaña M., Pech V., Santos J. 2005. Evaluación económica de los sistemas de producción bovina de cría y de doble propósito en Tzucucab, Yucatán, México. *Livestock Research for Rural Development*. 17(1).
- Ruiz A.K., Ponce P., Gomes G., Mota R. A., Sampaio E., Lucena E.R., Benone S. 2011. Prevalencia de mastitis bovina subclínica y Microorganismo asociado: comparación entre ordeño manual y mecánico, en Pernambuco, Brasil. *Revista Salud Animal*. 33:57-64.
- Salinas M.J.A. 2011. Rentabilidad de los sistemas de producción en pequeña escala de leche de vaca en Texcoco Estado de México. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Sukhatme P.V., Sukhatme B.V. 1970. *Sampling Theory of Surveys With Applications*. ISU Press. Ames, Iowa.
- Zárate M.J., Esqueda E.P.V.A., Vinay V.J.C., Jácome M.S.M. 2010. Evaluación económico-productiva de un sistema de producción de leche en el trópico. *Agronomía Mesoamericana*. 21:255-265.



# AZÚCAR CONTRA OTROS EDULCORANTES: ¿CUÁNTO PAGAS POR CALORÍA?

## SUGAR VERSUS OTHER SWEETENERS: HOW MUCH DO YOU PAY PER CALORIE?

Santillán-Fernández, A.<sup>1\*</sup>, Vásquez-Bautista, N.<sup>2</sup>, García-Chávez, L.R.<sup>3</sup>, Santoyo-Cortés, V.H.<sup>3</sup>, Merino-García, A.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>División de Ingeniería Forestal. Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza. Venustiano Carranza, 73049-Puebla (México). <sup>2</sup>Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. Av. Tulum 238 y 240 Lote 81 y 82. Súper Manzana 4 y Manzana 12, 77500-Cancún, Quintana Roo (México). <sup>3</sup>Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, 56230-Estado de México (México). <sup>4</sup>Departamento de Edafología y Química Agrícola. Escuela Politécnica Superior-USC. Campus Universitario s/n, 27002-Lugo (España).

\*Autor de correspondencia: [asantillanq@itsvc.edu.mx](mailto:asantillanq@itsvc.edu.mx)

### RESUMEN

La elección de un producto de consumo depende de su sabor, costo, conveniencia y contenido nutrimental. El sabor depende en gran medida de la densidad calórica de un alimento. Los alimentos más apetecibles suelen ser aquellos que contienen mayor cantidad de calorías y frecuentemente se encuentran asociados a precios más económicos. El objetivo del presente estudio fue analizar la relación del precio con el contenido calórico de productos ofertados en comercios en México mediante gráficos de dispersión para describir el impacto de las nuevas tendencias de oferta de productos a los consumidores finales. Se encontró que las bebidas son las fuentes calóricas más abundantes y más baratas, por lo que son más accesibles para los consumidores. La mezcla de azúcares con edulcorantes diferentes al azúcar, no presenta amplias diferencias con los precios de productos endulzados únicamente con sacarosa; la diferencia de precios más importante ocurrió en productos con edulcorantes distintos de la sacarosa. Es importante analizar las políticas de consumo, puesto que existe evidencia que un producto *light* no siempre se reflejará en una alimentación sana.

**Palabras clave:** Etiqueta, azúcares, endulzante, México.

### ABSTRACT

The choice of a product for consumption depends on its flavor, cost, convenience and nutrient content. The flavor depends to a large extent on the caloric density of a food. The most appetizing foods tend to be those that contain higher amount of calories and are frequently associated to lower prices. The objective of this study was to analyze the price-caloric content relation of consumption products offered in stores in México through dispersion graphs to

**Agroproductividad:** Vol. 11, Núm. 1, enero, 2018. pp: 118-123.

**Recibido:** julio, 2016. **Aceptado:** septiembre, 2017.



describe the impact of the new consumption trends in the offer of products to final consumers. It was found that beverages are the most abundant and cheapest sources of calories, so they are more accessible to consumers. The mixture of sugars with sweeteners different than sugar does not present broad differences with the prices of products sweetened solely with sucrose; the most important different in prices took place in products with sweeteners different from sucrose. It is important to analyze the consumption policies, since there is evidence that a light product will not always result in a healthy diet.

**Keywords:** Label, sugars, sweetener, México.

## INTRODUCCIÓN

La mayor parte de la población desea tener acceso a una gran variedad de alimentos sabrosos, convenientes, baratos y seguros que puedan consumirse en grandes cantidades (Chandon y Wansink, 2012). La ingesta de alimentos/energía no es sinónimo de aumento de peso, ni de obesidad (Bellisle, 2005); el consumidor elige alimentos de acuerdo con el sabor, el costo y la conveniencia. A su vez, el sabor depende directamente de la densidad energética del alimento; por lo tanto, los alimentos más apetecibles suelen ser los que tienen mayor valor calórico por volumen de la unidad (Darmon *et al.*, 2005), lo que conlleva al riesgo latente de desarrollar problemas de salud. El precio de un producto es uno de los factores de mercadeo más fuerte, ya que predice el aumento en la ingesta energética y en la obesidad; por tanto, los consumidores con ingresos más bajos son los principales afectados en estas condiciones (Chandon y Wansink, 2012). Sin embargo, no es el único determinante de las elecciones de alimentos, y no puede explicar por sí solo el aumento de las tasas de obesidad (Chou *et al.*, 2004), pues el mercadeo y la difusión que

existe respecto a los alimentos influye en las percepciones y preferencias de estos, con frecuencia más allá del control voluntario y subconsciente. En algunas encuestas el argumento nutritivo se encuentra relegado, comparado con otros motivos de elección de alimentos, en algunos casos por detrás de otros elementos como sabor, costo, conveniencia y control de peso (Glanz *et al.*, 1998; Stewart *et al.*, 2006).

Para una correcta alimentación, los consumidores deben interesarse en la calidad nutricional de los productos alimenticios y la necesidad de información nutricional transparente en los envases que compran. Es importante que esta sea apropiada y comprensible para el consumidor y que tenga un impacto positivo en su comportamiento respecto a la elección de alimentos. Por ello, el etiquetado nutricional es un instrumento importante que los productores de alimentos pueden utilizar para comunicar información esencial sobre la composición y el valor nutricional de sus productos (Babio *et al.*, 2013). El etiquetado nutricional es toda la información en relación con el valor energético y los nutrientes que componen al alimento, y representa una valiosa herramienta para ayudar a los consumidores a tomar decisiones informadas acerca de su dieta y estilo de vida (Loria *et al.*, 2011). Ante ello, el objetivo planteado en este trabajo fue analizar la relación del precio-contenido energético de productos de consumo ofertados en tiendas y comercios en México, mediante gráficos de dispersión de las variables para describir el impacto de las nuevas tendencias de consumo en la oferta de productos a los consumidores finales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se recolectó una muestra de 1,417 productos al azar y se clasificaron en bebidas, alimentos, medicamentos,

confitería y otros (Figura 1). El 14% de los productos no señaló el tipo de edulcorante empleado para su elaboración. El 54% está endulzado con sacarosa (solo o en combinación con otros edulcorantes). El 32% restante corresponde a productos endulzados con edulcorantes distintos al azúcar.



**Figura 1.** Diversos productos recolectados en la muestra para el análisis precio/costo.

Para efectuar el análisis se depuró la lista a partir de dos variables: el precio del producto y su contenido calórico. El contenido calórico apareció expresado en dos unidades: calorías y joules. Los valores se homologaron a kilocalorías, definido como la unidad de calor en el metabolismo y es equivalente a 1 Caloría (Martínez y Villezca, 2005). El 31% de los productos no señalaron la unidad energética, dichos productos fueron omitidos en el análisis.

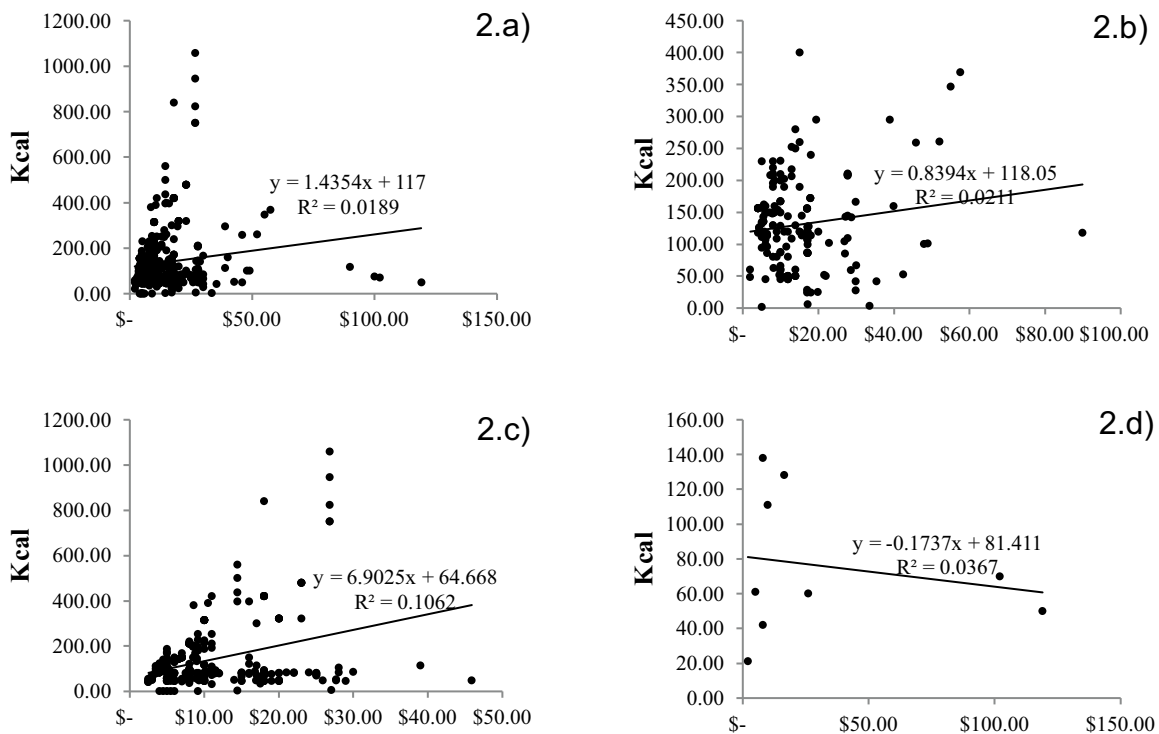
Para describir el comportamiento del precio-contenido energético de cada producto se eliminaron los que no reportaron el contenido energético; asimismo, a los valores que presentaron valores extremos. En esta fase, la muestra se redujo considerablemente a  $n=769$  productos, distribuidos de acuerdo con lo siguiente: sacarosa (SAC)=490, edulcorantes (ED)=152 y sacarosa más edulcorantes (SAC+ED)=127. Se generaron gráficos de dispersión para cada grupo de endulzante y para cada clasificación: el total de los productos, alimentos, bebidas y confitería, y otros.

La sacarosa es el principal edulcorante proveniente de la caña de azúcar; y la remolacha es el azúcar más abundante que se encuentra en los alimentos; debido a su aporte calórico ( $4 \text{ Kcal g}^{-1}$ ) otorga propiedades funcio-

nales a los alimentos en las características sensoriales (sabor), físicas (cristalización, viscosidad), microbianas (preservación, fermentación) y químicas (caramelización, antioxidación) (Valencia *et al.*, 2008; Verma, Upadhyay *et al.*, 2011). En este trabajo los edulcorantes se refieren a aquellos productos utilizados como sustitutos de la sacarosa, proporcionando las mismas cualidades y sensaciones (Durán *et al.*, 2013); pueden ser sintéticos (maltinol, aspartame, acesulfame, entre otros) o naturales (lactosa, fructosa, etcétera), por lo que en este análisis se describe el comportamiento del precio y el contenido calórico de los productos que señalaron tener otros edulcorantes (en algunos casos más de un edulcorante a la vez), sin considerar la sacarosa. Finalmente se describe el comportamiento entre el precio y el contenido calórico de los productos endulzados con sacarosa y otros edulcorantes, independientemente del número de edulcorantes empleados.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados sugieren que las bebidas son los productos con mayor contenido calórico endulzado con azúcares, lo que no difiere de la percepción actual de la población. Una gran cantidad de ellos presentan precios más altos cuando el contenido de calorías no sobrepasa las 100 kcal (Figura 2). A pesar de ello, cuando



**Figura 2.** Gráficos que resumen la dispersión del comportamiento del precio y el contenido calórico para productos que en su etiqueta mencionan estar endulzados con sacarosa. a) conjunto total de productos, b) alimentos, c) bebidas y d) confitería y otros.

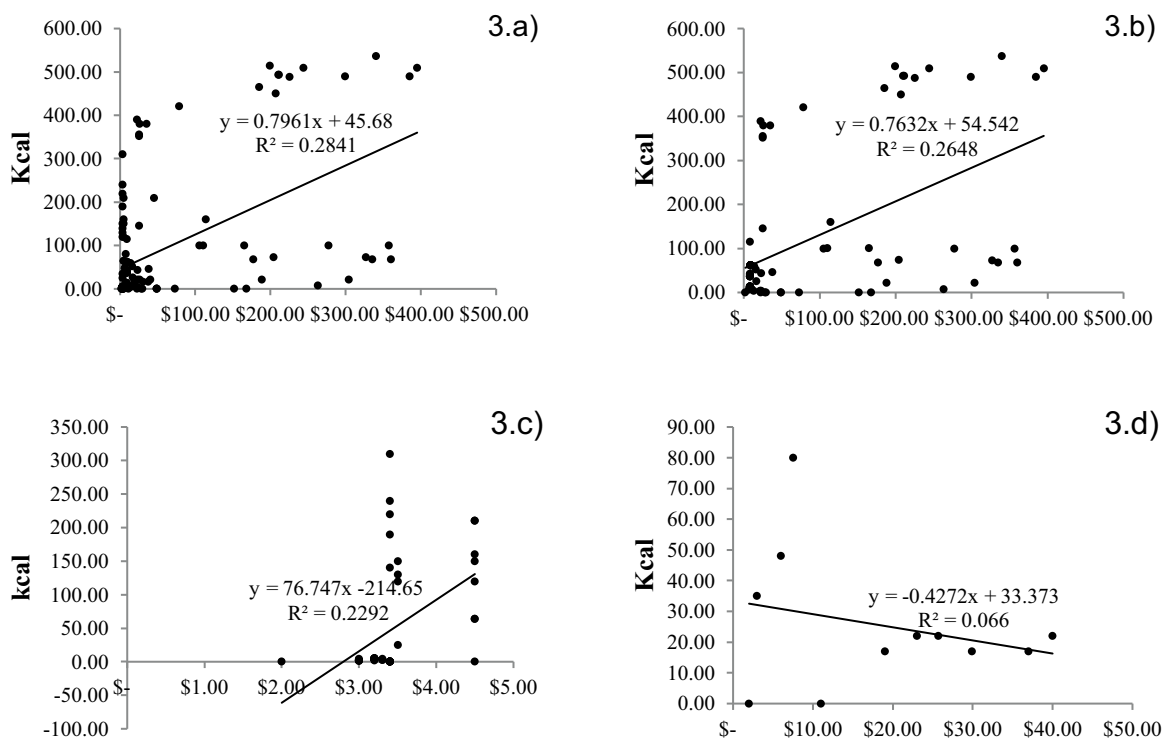
se grafica la totalidad de productos de consumo endulzados con sacarosa no se observa que exista una relación clara de un alto precio comparado con el contenido energético. Considerando que la demanda energética de una persona adulta promedio es de 2500 Kcal (Martínez y Villezca, 2005), tan solo una bebida puede proporcionar hasta una cuarta parte de las demandas calóricas. Las bebidas que describen en sus etiquetas 'azúcares' como el producto edulcorante empleado para su elaboración se encuentran en esta categoría. Esta misma situación se observa con la confitería; su precio no se encuentra influenciado por su contenido calórico.

En cuanto a los productos que solo emplean edulcorantes distintos al azúcar se observó que algunos, tales como fórmulas lácteas y suplementos alimenticios, dirigidos

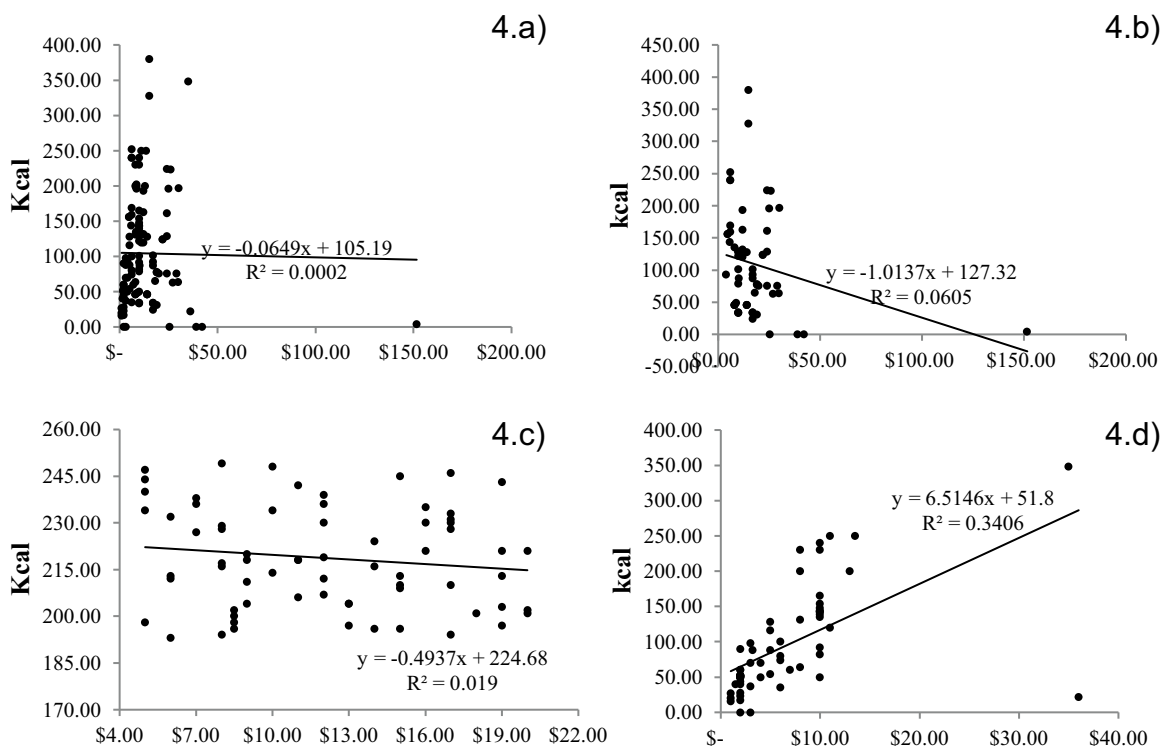
a mercados especiales, presentan precios similares, pero con diferente contenido calórico (Figura 3). Esto haría suponer que la demanda de este tipo de alimentos no se encuentra condicionada por el contenido energético, puesto que la oferta al público ocurre prácticamente con el mismo precio. Los edulcorantes como la stevia (*Stevia rebaudiana* Bert.) son ofertados como productos naturales u orgánicos, lo que les da un plus en el mercado que se encuentra dominado por edulcorantes sintéticos. Los polvos para elaborar bebidas son los principales productos que emplean edulcorantes distintos al azúcar; esto permite que no sea necesario añadir más azúcar al disolver el producto en agua. La confitería está dominada por las gomas de mascar 'sin azúcar' y las que 'no contienen fenilalanina'; esto permite al consumidor reducir efectos negativos en su salud.

Los productos que emplean la mezcla de sacarosa con edulcorantes distintos al azúcar se encuentran a precios menores que los productos que solo emplean sacarosa o edulcorantes distintos al azúcar (Figura 4). El precio más alto para el mismo tipo de productos está definido por los edulcorantes; los hábitos de consumo actuales son los principales factores que determinan el comportamiento de un consumidor al momento de adquirir un producto.

Darmon *et al.* (2005) señalan que la elección de los alimentos se basa principalmente en el sabor, el costo y la conveniencia; por lo tanto, no es casualidad que los más apetecibles suelen ser los que tienen mayor valor calórico por volumen de la unidad. Andreyeva *et al.* (2010) encontraron que el temor en el aumento de precios de los alimentos, o bien la caída de los ingresos familiares, son también factores que condicionan



**Figura 3.** Gráficos que resumen la dispersión del comportamiento del precio y el contenido calórico para productos que en su etiqueta mencionan estar endulzados con otros edulcorantes distintos a la sacarosa. a) conjunto total de productos, b) alimentos, c) bebidas y d) confitería y otros.



**Figura 4.** Gráficos que resumen la dispersión del comportamiento del precio y el contenido calórico para productos que en su etiqueta mencionan estar endulzados con sacarosa y algún otro edulcorante. a) conjunto total de productos, b) alimentos, c) bebidas y d) confitería y otros.

la compra de alimentos procesados con alto contenido calórico al resultar ser más atractivo. Otros factores que también determinan la compra y el consumo calórico es la facilidad con que el alimento puede ser ingerido (Graaf y Kok, 2010). Respecto a los alimentos líquidos, como los yogurts y las bebidas, se propicia la ingesta de una cantidad de calorías similar en bebidas o en una barra de harina; al no percibirlo, el consumidor puede asumir que no se siente satisfecho, con lo que ingiere una cantidad mayor de alimento. Dado que los productos saludables son percibidos con menor probabilidad de promover el aumento de peso, la gente asume erróneamente que la adición de un elemento saludable para una comida disminuye su potencial para promover el aumento de peso (Chernev, 2010). Wansink y Chandon (2006) encontraron que las etiquetas ‘bajo en grasa’ aumen-

tan la ingesta de alimentos, ya que aumenta la percepción del tamaño de la porción adecuada e impacta en la disminución del consumo culpable; muestran también que las etiquetas conducen a los consumidores (en particular aquellos que tienen sobrepeso) a comer en exceso, más productos de aperitivo. También encontraron que en productos donde se destaca el contenido en porciones reduce comer en exceso, principalmente entre los consumidores de peso normal, pero no entre los consumidores con sobrepeso.

Drewnowski y Specter (2004) encontraron que existe una relación inversa entre la densidad de energía ( $\text{MJ kg}^{-1}$ ) y el costo de energía ( $\text{\$/MJ}$ ), lo que significa que los alimentos ricos en energía compuestos de granos refinados, azúcares añadidos o grasas pueden repre-

sentar la opción de menor costo para el consumidor; lo que corrobora la alta concentración de productos con alto contenido energético y a precios bajos cuando son endulzados con azúcar (Cuadro 1), donde predominan las bebidas, tales como las fuentes energéticas de costo más bajo. Los mismos autores encontraron también que la alta densidad energética y la palatabilidad de los dulces y las grasas están asociadas a la ingesta de energía más altos. Finalmente sugieren que la pobreza y la inseguridad alimentaria están asociadas a menores gastos de alimentos, bajo consumo de frutas y vegetales, y las dietas de baja calidad.

Conforme a lo esperado, los productos endulzados con edulcorantes distintos a la sacarosa presentan los costos más altos por kilocaloría, lo que los convierte en un producto

dirigido a consumidores con capacidad económica suficiente para adquirirlos.

## CONCLUSIONES

Los productos que mayor aporte energético ofrecen al consumidor son las bebidas endulzadas con sacarosa, edulcorantes o la mezcla de ambas. En las etiquetas el uso no regulado del término 'azúcares' sugiere que están endulzadas con sacarosa, lo que genera confusión al consumidor. Es notorio que el uso de edulcorantes distintos a la sacarosa ofrece un contenido calórico menor, pero su precio no está relacionado con dicho contenido; los hábitos de consumo, así como factores sociales, socioeconómicos y de tipo psicométrico, son los de mayor influencia. Las estrategias de mercado no están dirigidas a un contexto de costos de producción, sino a elementos de carácter social como la percepción de la imagen y el cuidado de la salud de los consumidores. Los productos que emplean edulcorantes naturales se ofertan a precios más altos por el plus amigable con la salud y la naturaleza. Es importante revisar los factores de éxito en el consumo de los productos ofertados para redirigir políticas públicas que conduzcan a una alimentación saludable con bajos costos por unidad energética y con un balance adecuado para la población en nuestro país.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte del proyecto 00000000250028 financiado por el FONSEC SAGARPA-CONACYT con título: "Impacto de la sustitución de la azúcar de caña por edulcorantes de alta intensidad en México".

## LITERATURA CITADA

Andreyeva T., Long M.W., Brownell K.D. 2010. The Impact of Food Prices on Consumption: A Systematic Review of Research on the Price Elasticity of Demand for Food. *Am J Public Health*. 100(2): 216–222. doi: 10.2105/AJPH.2008.151415

Babio N., López L., Salas-Salvadó J. 2013. Análisis de la capacidad de elección de alimentos saludables por parte de los consumidores en referencia a dos modelos de etiquetado nutricional; estudio cruzado. *Nutrición hospitalaria* 28(1): 173-181. <http://dx.doi.org/10.3305/nh.2013.28.1.6254>

Bellisle F. 2005. Nutrition and health in France: dissecting a paradox. *J Am Diet Assoc*. 105: 1870–1873. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jada.2005.09.030>

Chandon, P., Wansink, B. 2012. Does food marketing need to make us fat? A review and solutions. *Nutrition Reviews* 70(10): 571-593. doi: 10.1111/j.1753-4887.2012.00518.x.

Chernev A. 2010. The dieter's paradox. *Journal of Consumer Psychology* 21(2): 178-183. doi:10.1016/j.jcps.2010.08.002

Chou S.Y., Grossman M., Saffer H. 2004. An economic analysis of adult obesity: results from the Behavioral Risk Factor Surveillance

**Cuadro 1.** Relación \$/kcal se representa el precio que se paga por cada kilocaloría promedio para cada clasificación de los productos.

| Tipo endulzante       | Total (\$/kcal) | Alimentos (\$/kcal) | Bebidas (\$/kcal) | Confitería (\$/kcal) |
|-----------------------|-----------------|---------------------|-------------------|----------------------|
| Sacarosa              | 0.10            | 0.12                | 0.08              | 0.44                 |
| Edulcorantes          | 0.60            | 0.72                | 0.07              | 0.73                 |
| Sacarosa+edulcorantes | 0.11            | 0.16                | 0.04              | 0.07                 |

System. *J Health Econ*. (23): 565–587. doi: doi:10.1016/j.jhealeco.2003.10.003

Darmon N., Darmon N., Maillot M., Drewnowski, A. 2005. A nutrient density standard for vegetables and fruits: nutrients per calorie and nutrients per unit cost. *Journal of the American Dietetic Association* 105(12): 1881-1887. Recuperado de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16321593?dopt=Abstract>

Drewnowski A., Specter S.E. 2004. Poverty and obesity: the role of energy density and energy costs. *Am J Clin Nutr* 79(1): 6-16. In <http://ajcn.nutrition.org/content/79/1/6.full>

Durán A.S., Córdón A.K., Rodríguez N.M.P. 2013. Edulcorantes no nutritivos, riesgos, apetito y ganancia de peso. *Rev Chil Nut* 40 (3): 309 – 314. En <http://www.scielo.cl/pdf/rchnut/v40n3/art14.pdf>

Glanz K., Basil M., Mainbach E., Goldberg J., Snyder D. 1998. Why Americans eat what they do: taste, nutrition, cost, convenience, and weight control concerns as influences on food consumption. *Journal of the American Dietetic Association* 98 (10): 1118-1126. doi: 10.1016/S0002-8223(98)00260-0

Graaf C., Kok F. 2010. Slow food, fast food and the control of food intake. *Nat Rev Endocrinol* 6(5): 290-293. doi: 10.1038/nrendo.2010.41

Loria K.V., Pérez T.A., Fernández F.C., Villarino S.M., Rodríguez D.D., Zurita R.L., Bermejo L.L., Gómez C.C. 2011. Análisis de las encuestas sobre etiquetado nutricional realizadas en el Hospital La Paz de Madrid durante la 9a edición del "Día Nacional de la Nutrición (DNN) 2010". *Nutrición hospitalaria* 26(1): 97-106. [http://scielo.isciii.es/pdf/nh/v26n1/originales\\_4.pdf](http://scielo.isciii.es/pdf/nh/v26n1/originales_4.pdf)

Martínez J.I., Villezca B.P.A. 2005. La alimentación en México. Un estudio a partir de la encuesta nacional de ingresos y gastos de los hogares y de las hojas de balance alimenticio de la FAO. *Ciencia UANL* 3 (1): 196-208. Recuperado de [http://eprints.uanl.mx/1659/1/art\\_de\\_la\\_fao.pdf](http://eprints.uanl.mx/1659/1/art_de_la_fao.pdf)

Stewart H., Blisard N., Jolliffe D. 2006. Let's Eat Out: Americans Weigh Taste, Convenience, and Nutrition. *Economic Information Bulletin No. (EIB-19)* 16 pp. Recuperado de <http://www.ers.usda.gov/media/860870/eib19.pdf>

Valencia G.F.E., Millán C.L.J., Ramirez H.N. 2008. Evaluación de los efectos en las propiedades fisicoquímicas, sensoriales y texturales de polidextrosa, fructosa y sorbitol como sustitutos de azúcar en la elaboración de arequipe. *Revista Lasallista de Investigación* 5(2): 20–27. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/rlsi/v5n2/v5n2a04.pdf>

Verma A.K., Upadhyay S.K., Srivastava M.K., Verma P.C., Solomon S., Singh S.B. 2011. Transcript expression and soluble acid invertase activity during sucrose accumulation in sugarcane. *Acta Physiologiae Plantarum* 33(5): 1749–1757. doi: 10.1007/s11738-011-0711-2

Wansink B., Chandon P. 2006. Can "Low-Fat" Nutrition Labels Lead to Obesity? *Journal of Marketing Research* 43(4): 605–617. doi: <http://dx.doi.org/10.1509/jmkr.43.4.605>

# DISTRIBUCIÓN Y DIVERSIDAD DE MAÍCES NATIVOS (*Zea mays* L.) EN EL ALTIPLANO DE TAMAULIPAS, MÉXICO

## DISTRIBUTION AND DIVERSITY OF NATIVE MAIZE VARIETIES (*Zea mays* L.) IN THE HIGHLANDS OF TAMAULIPAS, MÉXICO

González-Martínez, J.<sup>1</sup>, Rocandio-Rodríguez, M.<sup>1\*</sup>, Chacón-Hernández, J.C.<sup>1</sup>, Vanoye-Eligio, V.<sup>1</sup>, Moreno-Ramírez, Y del R.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ecología Aplicada. Universidad Autónoma de Tamaulipas, División del Golfo 356, Col. Libertad, Cd. Victoria, C.P. 87019. Tamaulipas, México.

\*Autor para correspondencia: mrocandio@docentes.uat.edu.mx

### RESUMEN

La región Centro-Sur de Tamaulipas, México, presenta diversidad de maíces nativos (*Zea mays* L.), que no han sido explorados ni estudiados suficientemente, y cuyas poblaciones deben ser recolectadas para su conservación, caracterización y aprovechamiento en programas de mejoramiento genético. El objetivo del trabajo fue explorar y analizar la diversidad genética en el altiplano Tamaulipeco, con la finalidad de conocer la distribución y variación morfológica de variantes nativas de maíz. Las recolectas se realizaron de junio 2016 a enero de 2017. Se obtuvieron 91 poblaciones para su caracterización y registraron los datos pasaporte de cada accesión. Se usaron 10 mazorcas representativas de cada accesión para obtener información de los caracteres cuantitativos de cada población, posteriormente se realizó la identificación racial con base a características de la mazorca. Se utilizó un análisis de componentes principales para agrupar las razas en función de las variables evaluadas, y los dos primeros componentes principales explicaron 57.3% de la variación total. El 67.4% de las accesiones se encontraron en localidades de altitudes intermedias (razas: Celaya, Chalqueño, Elotes Occidentales, Olotillo, Ratón, Tabloncillo, Tuxpeño Norteño y Vandeño). Se identificaron once razas nativas, y la raza predominante fue Ratón con 43 poblaciones.

**Palabras clave:** Agrobiodiversidad, criollos, maíz, razas locales

### ABSTRACT

The center-south region of Tamaulipas, México, is characterized by presenting diversity of native maize varieties (*Zea mays* L.), which have not been explored or studied sufficiently and whose populations should be collected for their conservation, characterization and exploitation in genetic improvement programs. The objective of the study was to explore and analyze the genetic diversity in the highlands of Tamaulipas, with the aim of understanding the distribution

**Agroproductividad:** Vol. 11, Núm. 1, enero, 2018, pp. 124-130.

**Recibido:** noviembre, 2017. **Aceptado:** diciembre, 2017.

and morphological variation of native maize varieties. The collections were made from June 2016 to January 2017. Ninety-one (91) populations were obtained for their characterization and the passport data from each accession were recorded. Ten representative corncoobs were used from each accession to obtain information about the quantitative traits of each population; then the racial identification of each collection was performed by classifying experts based on the characteristics of the corncob. A principal components analysis was used to group the races in function of the variables evaluated, and the two first principal components explained 57.3 % of the total variation. Of the accessions, 67.4 % were found in localities of intermediate altitudes (landraces: Celaya, Chalqueño, Elotes Occidentales, Olotillo, Ratón, Tabloncillo, Tuxpeño Norteño and Vandeño). Eleven native races were identified, and the predominant race was Ratón with 43 populations.

**Keywords:** Agrobiodiversity, Creole, maize, local races.

## INTRODUCCIÓN

**El maíz** (*Zea mays* L.) ha formado parte del sistema alimentario en México desde épocas prehistóricas, su diversificación, domesticación y productividad mantienen estrecha relación antropocéntrica (Zizumbo-Villareal *et al.*, 2014). La amplia variación morfológica y genética identificada en maíz se ha asociado a múltiples factores, tales como las direcciones diferenciales de selección, versatilidad de formas de uso, preparación culinaria, agrosistemas de producción y adaptación, entre otros factores, los cuales en conjunto han generado 59 razas distribuidas en un amplio rango geográfico-ambiental (Eakin *et al.*, 2014). Cada una de ellas constituye un recurso fitogenético importante (Sánchez *et al.*, 2000; Sierra *et al.*, 2010). Sin embargo, pese a ser el maíz uno de los cultivos con mayor cantidad de estudios desde socioeconómicos hasta genéticos, requiere incorporar la perspectiva nacional y estatal relacionada a los patrones de diversidad que permitan identificar áreas prioritarias y organizar esfuerzos de conservación *in situ* a partir de la identificación, uso y mantenimiento del germoplasma nativo (Perales y Golicher, 2014). Tamaulipas posee una amplia región con ap-

titud agrícola importante, tanto a nivel productivo como económico (Reyes *et al.*, 2007) y cuyo complejo de agrosistemas dedicados al cultivo de maíz se establece a través de seis regiones que conforman el estado: La Franja Fronteriza, Los Llanos de San Fernando, Región Alta del Poniente, Cuenca Central y la región Sierras del Suroeste dentro del Altiplano Tamaulipeco (SIAP, 2012). La economía agrícola de esta última zona es fundamentalmente de subsistencia y es considerada de alta vulnerabilidad a heladas y sequías (Zorrilla, 1994); sin embargo, mantiene diversidad de germoplasma nativo con alto potencial de rendimiento (Pecina *et al.*, 2009). El germoplasma de maíz nativo es por su alto potencial de rendimiento, un factor que ha incidido en su mantenimiento y conservación por los productores (Pecina *et al.*, 2011). Sin embargo, se ha identificado que el germoplasma nativo de Tamaulipas presenta riesgo de degradación o pérdida. Algunos estudios que suman importante información a esta problemática son los de Pecina *et al.* (2009); Pecina *et al.* (2011); Pecina *et al.* (2013); Castro *et al.* (2013); sin embargo, no existe continuidad en la valoración genética del germoplasma nativo junto a la información desactualizada relacionada con su diversidad, tanto racial, como morfo agronómico. El desconocimiento del valor potencial de la variabilidad, así como la falta de caracterización podría estar incidiendo en bajo aprovechamiento del germoplasma, así como de afirmaciones de la inexistencia de diversidad de maíz en Tamaulipas (Pecina *et al.*, 2011). Aunado a lo anterior, existen problemas de carácter socioeconómico, cambio de uso de suelo, mayor promoción de híbridos y variedades comerciales por programas de desarrollo, además de factores meteorológicos adversos que reducen las cosechas y semillas de las variedades nativas, y condicionamiento de la siembra y producción del siguiente año (Arias *et al.*, 2007), se realizó una exploración de la diversidad genética de maíces nativos en el altiplano Tamaulipeco, para conocer su distribución y variación morfológica.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Durante el periodo comprendido de junio de 2016 a enero de 2017 se realizaron recolectas de maíz nativo, en los municipios de Miquihuana, Bustamante, Tula, Jaumave y Palmillas, ubicados en la parte sur del estado de Tamaulipas, región denominada como el Altiplano de Tamaulipas. Se empleó el muestreo sistemático (Murray, 1988) para determinar las localidades de recolecta. Se obtuvo un promedio de 25 mazorcas por genotipo para su caracterización, y se registraron sus datos pasaporte (Taba, 1999). La observación y comparación de las

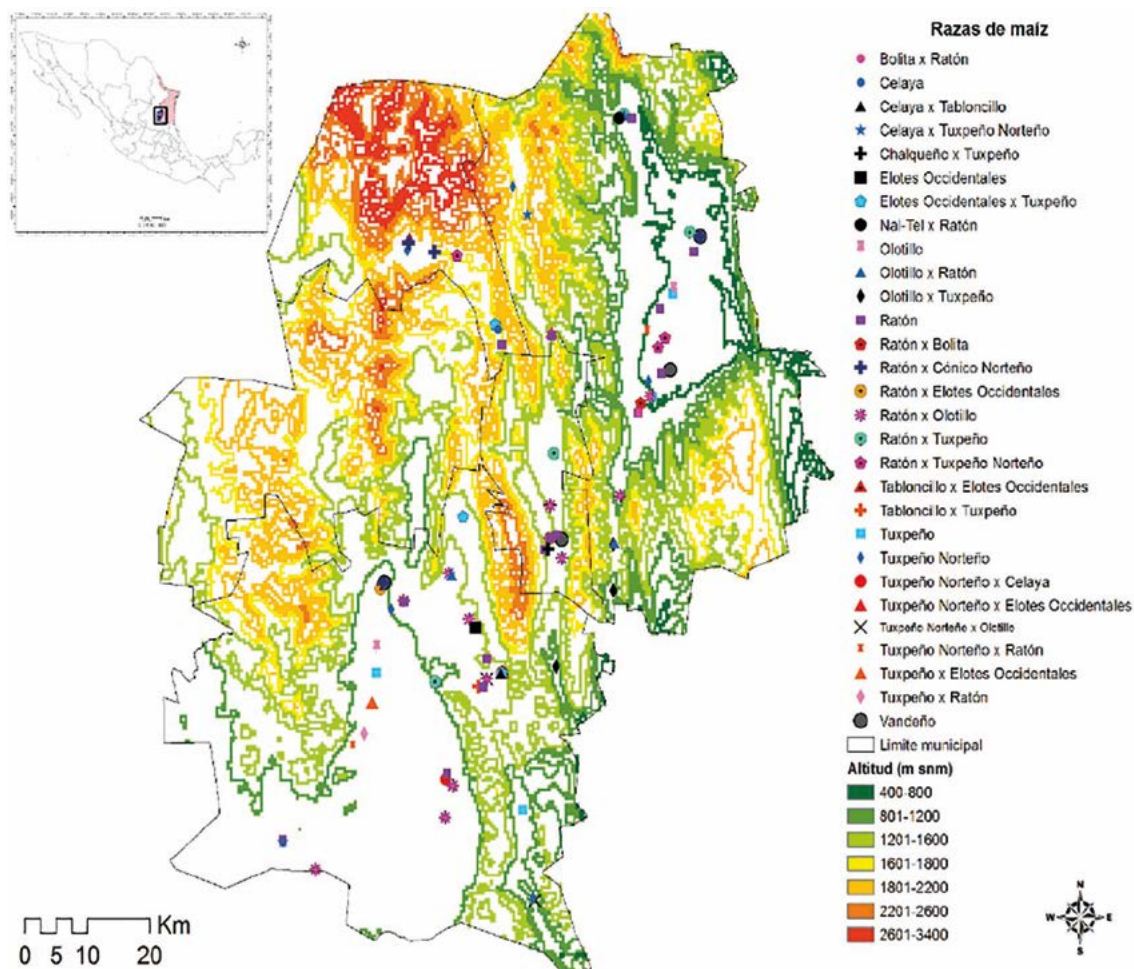
características del conjunto de mazorcas de cada accesión, permitió su clasificación racial acorde a los criterios de expertos clasificadores. Posteriormente, se midieron 10 mazorcas representativas de cada accesión para registrar el número de hileras de la mazorca (NHM), número de granos por hilera (NGH) de cada mazorca, diámetro de la mazorca (DM, cm), longitud de mazorca (LM, cm) y conicidad (CON) registrada de acuerdo con lo propuesto por Ordás y Ron (1988). Las variables de longitud (LG, mm), anchura (AG, mm) y espesor de grano (EG, mm) fueron evaluadas en 10 granos de cada mazorca y se obtuvo el promedio. Se formó una muestra con 100 granos de 10 mazorcas y se obtuvo su peso (P100G, g); los mismos 100 granos se colocaron en una probeta y se registró el volumen (V100G). En la evaluación se consideraron las relaciones de DM/LM en mazorca, para el grano AG/LG y EG/LG.

El mapa de distribución de los maíces nativos se realizó a partir de las coordenadas geográficas de cada accesión

y se incluyó su clasificación racial, y variantes intermedias entre los grupos raciales. Con los promedios de cada variable por población se realizó el análisis de Componentes Principales. La estructura de la correlación de las variables se obtuvo con el análisis biplot (Gabriel, 1971) que permitió discernir la diversidad de las poblaciones a través de los planos determinados por los componentes principales uno y dos. Se realizó un análisis de conglomerados con datos estandarizados a la distribución normal (0, 1), con distancias taxonómicas y el método de ligamiento promedio (UPGMA). Estos análisis se efectuaron con los paquetes estadísticos SAS V.9.0. (SAS Institute, 2002) y NTSYSp<sup>®</sup> V.2.21 (Rohlf, 2009).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se identificaron 91 poblaciones nativas de maíz (Figura 1). El municipio de Tula aportó el 42.4% del total de las poblaciones localizadas, seguido de Jaumave (37%), Miquihuana (9.8%) y Palmillas (10.9%). Caso contrario al municipio de Bustamante en el cual los productores



**Figura 1.** Distribución geográfica y altitudinal de poblaciones de maíz nativo (*Zea mays* L.) con base en su clasificación racial localizadas en el Altiplano de Tamaulipas, México.



reportaron pérdidas totales de su cosecha debido a la intensa sequía; sin embargo, no se excluye la presencia de germoplasma nativo por registro oral de éstos. Con la localización geográfica y la clasificación racial se elaboró el mapa de distribución geográfica de los maíces nativos del Altiplano Tamaulipeco. Se identificaron once razas distribuidas en un amplio gradiente altitudinal. El 26.1% correspondió a las razas Bolita, Nal-Tel, Olotillo, Ratón, Tuxpeño, Tuxpeño Norteño y Vandeño las cuales se localizaron en altitudes bajas (<1000 m). El mayor porcentaje (67.4%) se registró en altitudes intermedias y correspondió a las razas Celaya, Chalqueño, Elotes Occidentales, Olotillo, Ratón, Tabloncillo, Tuxpeño Norteño, y Vandeño junto con seis poblaciones cuya distribución se presentó en altitudes superiores a 1801 m. La raza predominante en el Altiplano fue Ratón quien aportó el 38.2% del total.

Las razas Celaya, Olotillo, Ratón, Tuxpeño y Vandeño se presentaron en su versión típica, contrario a las razas Bolita, Elotes Occidentales, Tuxpeño Norteño, Chalqueño, Tabloncillo y Nal-Tel se encontraron en formas intermedias (Figura 1). El análisis de Componentes Principales mostró que el 72% de la variación total fue explicado a través de los tres primeros componentes principales con 38.3%, 19.0% y 14.3% (CP1, CP2 y CP3, respectivamente). De acuerdo con el valor de sus vectores, las variables sobresalientes en el primer componente fueron LG, NGH

y LM, mientras que para el componente dos, las relaciones AG/LG, DM/LM además del NHM. En tanto que el tercer componente, las características de EG, la relación de DM/LM y el P100GG (Cuadro 1).

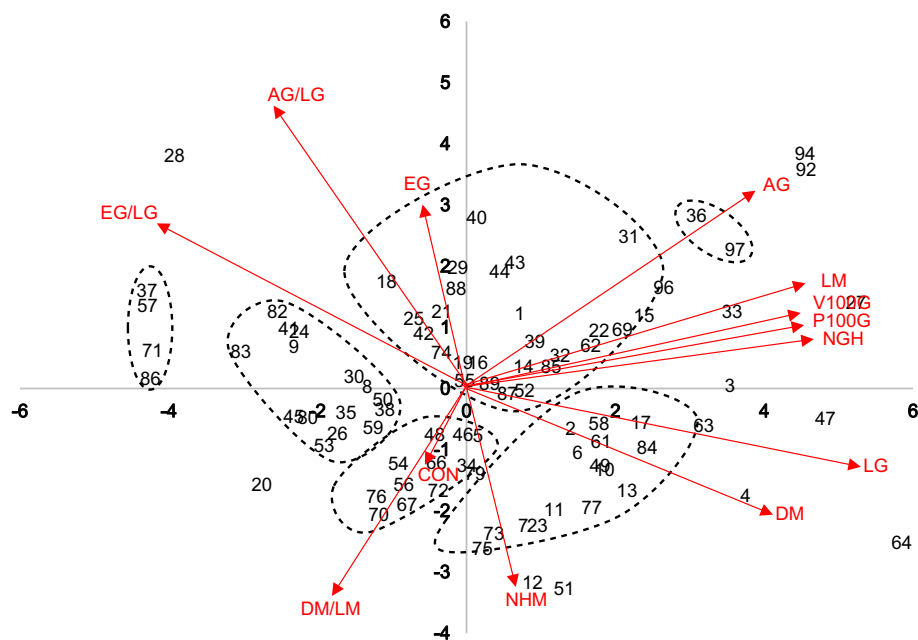
En la Figura 2 se observa la dispersión poblacional sobre el plano determinado por los dos primeros componentes principales que en conjunto explicaron 57.36% de la variación total. El primer componente presentó una mayor asociación con LG, LM, NGH, así como P100G y V100G. El segundo componente explicó la contribución de la relación AG/LG, así como de la relación de DM/LM, aunque esta última se presentó de forma negativa. Las características asociadas al tamaño y forma de la mazorca incidieron con mayor magnitud en la variación poblacional observada. Las poblaciones se distribuyeron a través de los cuatro cuadrantes (Figura 2), presentándose en diferentes direcciones a partir del origen. La amplia variabilidad de características de tamaño y forma tanto de grano como de mazorca contribuyó a definir la riqueza racial de los recursos genéticos de maíz del Altiplano.

El grupo Ratón, Ratón-Tuxpeño Norteño, se ubicó en el cuadrante negativo de ambos Componentes; por otra parte, en el cuadrante positivo de los dos componentes se ubicaron los grupos Ratón-Olotillo, Tuxpeño y Tuxpeño Norteño.

Se identificaron seis grupos entre las accesiones (Figura 2). El Grupo 1 se formó con 16 poblaciones pertenecieron a las razas Nal-tel, Ratón, Olotillo, Tuxpeño Norteño, Cónico Norteño, Elotes Occidentales y Tuxpeño. El Grupo 2 se formó con 12 poblaciones de tipo Ratón, Vandeño, Tuxpeño Norteño, Cónico Norteño y Olotillo, cuya variable de mayor importancia en su asociación y distribución fue la relación DM/LM; y el tercer agrupamiento fue definido por 17 poblaciones con las razas Celaya, Ratón, Vandeño, Tuxpeño, Tuxpeño Norteño y Elotes Occidentales, resaltando que este Grupo presentó los mayores valores de DM, NHM y LG. Dos poblaciones formaron al

**Cuadro 1.** Valores y vectores propios de los componentes principales (CP) que describen la variación morfológica de maíz nativo del Altiplano Tamaulipeco.

| Variablen                                | CP1     | CP2     | CP3     |
|--|---------|---------|---------|
| Número de Hileras por Mazorca            | 0.0566  | -0.3683 | 0.1593  |
| Número de Granos por Hilera              | 0.3501  | 0.0865  | -0.3115 |
| Longitud de Mazorca                      | 0.3504  | 0.1878  | -0.1664 |
| Conicidad                                | -0.0458 | -0.1420 | 0.2405  |
| Diámetro de Mazorca                      | 0.3193  | -0.2237 | 0.2805  |
| Diámetro de Mazorca/ Longitud de Mazorca | -0.1383 | -0.3770 | 0.4312  |
| Anchura de Grano                         | 0.3010  | 0.3541  | 0.1083  |
| Longitud de Grano                        | 0.4055  | -0.1370 | 0.0435  |
| Espesor de Grano                         | -0.0409 | 0.3222  | 0.4974  |
| Espesor de Grano/ Longitud de Grano      | -0.3119 | 0.2868  | 0.2817  |
| Anchura de Grano/ Longitud de Grano      | -0.1921 | 0.4985  | 0.0574  |
| Peso de cien Granos                      | 0.3465  | 0.1151  | 0.3234  |
| Volumen de cien Granos                   | 0.3425  | 0.1315  | 0.2814  |
| Valor propio                             | 4.98    | 2.47    | 1.86    |
| Varianza explicada (%)                   | 38.32   | 19.03   | 14.34   |
| Varianza acumulada (%)                   | 38.32   | 57.36   | 71.70   |



**Figura 2.** Dispersión de 91 poblaciones nativas de *Zea mays* L., del Altiplano de Tamaulipas, México, con base en los dos primeros componentes principales.

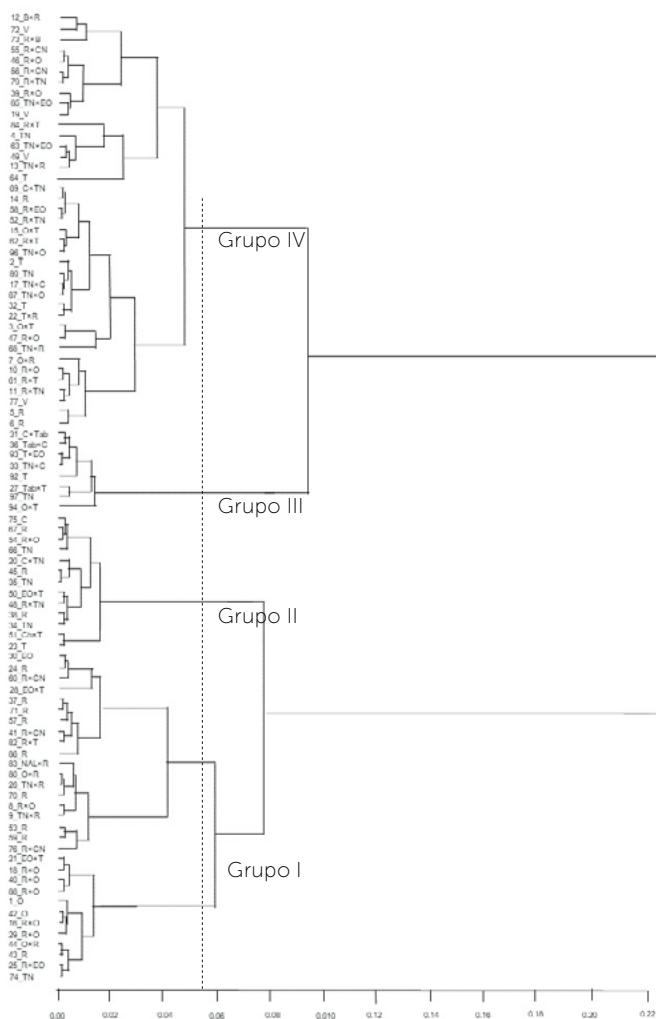
Grupo 4 y correspondieron a Tuxpeño Norteño y Tabloncillo×Elotes Occidentales y destacaron del resto por AG. El Grupo 5 se formó con 31 poblaciones pertenecientes a las razas Olotillo, Ratón, Tuxpeño, Tuxpeño Norteño, Celaya, Elotes Occidentales y Cónico Norteño. Este Grupo destacó por presentar la mayor cantidad de variables en su definición (EG, AG, LM y V100G). El Grupo 6 se integró por cuatro poblaciones de la raza Ratón, las variables de mayor peso en su distribución fueron EG/LG, la cual influyó en la dispersión de las poblaciones 92 y 94 Tuxpeño y Olotillo×Tuxpeño; mientras que las poblaciones 12 y 51 pertenecientes a las razas Bolita×Ratón y Chalqueño×Tuxpeño fueron influenciadas mayormente por Número de Hileras por Mazorca. La representatividad racial del Altiplano a través de la cantidad de razas identificadas, así como variación de características de los recursos genéticos de maíz nativos, satisface diferentes requerimientos de

aprovechamiento, y cuyos atributos pueden dirigirse programas de manejo, aprovechamiento y conservación.

La relación de maíces del Altiplano se observa en la Figura 3, en el cual se distinguieron cuatro grupos poblacionales. El primero presentó la mayor densidad poblacional formada con 31 poblaciones: diez pertenecientes a Jaumave, dos con origen en Miquihuana, tres correspondientes a Palmillas y 16 a Tula. Mientras que el Grupo I se formó con 31 poblaciones correspondientes a las razas Ratón, Olotillo, Elotes Occidentales y Tuxpeño Norteño, así como variantes intermedias entre estas, cabe destacar que se encontró la presencia de la variante Nal-Tel×Ratón. Se registró, además, que 24 de las 31 accesiones correspondieron a alturas intermedias (1001-1800 m), seis de alturas bajas (<1000 m) y una de ellas a una zona de transición (1801-2000 m). Asimismo, se observó la forma de la mazorca Cónica-Cilíndrica y Ci-

lindrica, tipo de grano semidentado y color de grano blanco cremoso y rojo. El Grupo II se integró por 13 accesiones: cuatro de Miquihuana, tres de palmillas y seis de Tula; en este grupo se registró a las razas Celaya, Ratón, Tuxpeño y Tuxpeño Norteño. También se observaron 11 accesiones provenientes de altitudes intermedias (1001-1800 m) y dos de transición (1801-2000 m), con forma de la mazorca fue Cónica-Cilíndrica y Cilíndrica, tipo de grano dentado, semidentado y semicristalino y color de grano blanco cremoso.

El Grupo III se formó por ocho accesiones de Tula, donde se identificaron las razas Tuxpeño y Tuxpeño Norteño. Se observó que todas procedieron de altitudes intermedias (1001-1800 m), con forma de la mazorca Cónica-Cilíndrica y Cilíndrica, tipo de grano dentado, semidentado, así como color de grano blanco cremoso, amarillo claro y rojo. El grupo IV formado por 39 accesiones integró a 24 de Jaumave, tres de Miquihuana, tres de Palmillas y nueve de Tula, donde se identificó a las razas Ratón, Tuxpeño, Tuxpeño Norteño y Vandeño; observando 17 accesiones procedentes de altitudes bajas (<1000 m), 21 a altitudes intermedias (1001-1800 m) y tres de transición (1801-2000), con forma de la mazorca Cónica-Cilíndrica y Cilíndrica, tipo de grano dentado y semidentado, así como color blanco cremoso, amarillo claro, amarillo medio, naranja y azul. La diversidad de poblaciones de maíz en el Altiplano tamaulipeco podría estar influenciada, entre otros factores, por el intercambio de semilla entre agricultores de la región, y la diversidad ecológica regional, así como por preferencias.



**Figura 3.** Dendrograma de 91 poblaciones de maíz nativo (*Zea mays* L.) del Altiplano de Tamaulipas, México, mediante el método WARD con distancias euclidianas.

## CONCLUSIONES

El mayor número de poblaciones nativas de maíz fueron localizadas y recolectadas en los municipios de Tula y Jaumave, con 39 y 33 respectivamente. Se identificó un total de once razas nativas, y la predominante del Altiplano fue Ratón a la que pertenecieron 43 poblaciones originarias de Miquihuana, Tula, palmillas y Jaumave. La distribución altitudinal registró 62 accesiones en altitudes intermedias las cuales representaron a la mayoría de las accesiones, igualmente se identificó amplia diversidad morfológica en las variables de mazorca y grano. Es recomendable analizar la diversidad genética de estas poblaciones con herramientas moleculares.

## AGRADECIMIENTOS

Al soporte económico otorgado por la Universidad Autónoma de Tamaulipas a través del proyecto PRODEP con clave DSA/103.5/16/10526.

## LITERATURA CITADA

- Arias L. M., Latournerie L., Montiel S., Sauri E. 2007. Cambios recientes en la diversidad de maíces criollos de Yucatán, México. *Universidad y Ciencia* 23 (1): 69-74.
- Castro N. S., Ramos O. V. H., Reyes M. C. A., Briones E. F., López S. J. A. 2011. Preliminary field screening of maize landrace germplasm from Northeastern Mexico under high temperatures. *Maydica*. 56(4): 77-82.
- Castro N. S., López S. J. A., Pecina M. J. A., Mendoza C. Ma. del C., Reyes M. C. A. 2013. Exploración de germoplasma nativo de maíz en el centro y sur de Tamaulipas, México. *Revista Mexicana en Ciencias Agrícolas*. 4(4): 645-653.
- Eakin H., Perales H., Appendini K., Sweeney S. 2014. Selling maize in Mexico: the persistence of peasant farming in an era of global markets. *Development and Change* 45(1): 133-155.
- Gabriel K. R. 1971. The biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis. *Biometrika* 58(3): 453-467.
- Herrera C. B. E., Castillo G. F., Sánchez G. J. J., Hernández C. J. M., Ortega P. R. A., Major G. M. 2004. Diversidad del maíz Chalqueño. *Agrociencia*. 38(002): 191-206.
- Hortelano S. R. R., Gil M. A., Santacruz V. A., Miranda C. S., Córdova T. L. 2008. Diversidad morfológica de maíces nativos del Valle de Puebla. *Agricultura Técnica Mexicana* 34(2): 189-200.
- López R. G., Santacruz V. A., Muñoz O. A., Castillo G. F., Cordova T. L., Vaquera H. H. 2005. Caracterización morfológica de poblaciones nativas de maíz del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca. *Interciencia* 30(5): 284-290.
- Murray S. 1988. *Estadística*. 2a. edición. Editorial McGraw Hill. Madrid, España. 372 p.
- Ordás A de Ron A. M. 1988. A method to measure conicalness in maize. *Maydica* 23: 264-267.
- Pecina M. J. A., Mendoza C. M. C., López S. J. A., Castillo G. F., Mendoza R. M., Ortiz C. J. 2011. Rendimiento de grano y sus componentes en maíces nativos de Tamaulipas evaluados en ambientes contrastantes. *Revista Fitotecnia Mexicana* 34 (2): 85-92.
- Pecina M. J. A., Mendoza C. M. C., López S. J. A., Castillo G. F., Mendoza R. M., Reyes M. C. A. 2013. Genetic potential of S1 lines derived from native maize populations of Tamaulipas, México. *Maydica*. 58(2): 127-134.
- Pecina M. J. A., Mendoza C. M. C., López S. J. A., Castillo G. F., Mendoza R. M. 2009. Respuesta morfológica y fenológica de maíces nativos de Tamaulipas a ambientes contrastantes de México. *Agrociencia* 43(7): 681-694.
- Perales H. R., Benz B. F., Brush S. B. 2005. Maize diversity and ethnolinguistic diversity in Chiapas, Mexico. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 102(3): 949-954.
- Perales H. R., Brush S. B., Qualset C.O. 2003. Landraces of maize in Central Mexico: an altitudinal transect. *Economic Botany*. 57(1): 7-20.
- Perales H., and Golicher D. 2014. Mapping the diversity of maize races in Mexico. *PLoS ONE*. 9(12). e114657. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0114657>
- Rendón A. B., Aguilar R. V., Aragón M. M. del C., Ávila C. J. F., Bernal R. L. A., Bravo A. D., Carrillo G. G., Cornejo R. A., Delgadillo D. E., Hernández C. G., Hernández H. M., López A. A., Sánchez G. J. M., Vides B. E., Ortega P. R. 2015. Diversidad de maíz en la sierra sur de Oaxaca, México: conocimiento y manejo tradicional. *Polibotanica*. 39: 151-174.
- Reyes M. C. A., Cantú A. M. A. 2006. Maíz. En: Rodríguez-del Bosque L. A. *Campo experimental Río Bravo: 50 años de investigación*

- agropecuaria en el norte de Tamaulipas, historia, logros y retos. INIFAP. México. pp: 55-74.
- Reyes M. C. A., Cantú A. M. A., Vázquez C. G. 2007. H-440. Nuevo híbrido de maíz tolerante a sequia para el noreste de México. Agricultura Técnica en México 33 (2): 201-204.
- Rincón S. F., Castillo G. F., Ruiz T. N. A. 2010. Diversidad y Distribución de los Maíces Nativos en Coahuila, México. SOMEFI. Chapingo. México.
- Rocandio R. M., Santacruz V. A., Córdova T. L., López S. H., Castillo G. F., Lobato O. R., García Z. J. J., Ortega P. R. 2014. Caracterización morfológica y agronómica de siete razas de maíz de Los Valles Altos de México. Revista Fitotecnia Mexicana 37(4): 351-361.
- Rohlf F. J. 2009. NTSYSpc: numerical taxonomy system. Version 2.21c. Exeter Software: Setauket: New York.
- SAS. 2002. Statistical Analysis System Institute. SAS Proceeding Guide. Version 9.0. SAS Institute. Cary, NC. USA.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2012. Cierre de la producción agrícola por cultivo. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>.
- Zorrilla, J. F. 1994. Tamaulipas monografía estatal. SEP. México. 211 p.



# ANÁLISIS DE LOS FACTORES QUE DETERMINAN EL CRECIMIENTO DEL SECTOR AGRÍCOLA DE MÉXICO

## ANALYSIS OF THE FACTORS THAT DEFINE THE GROWTH OF THE AGRICULTURAL SECTOR IN MEXICO

Pérez-Fernández, A.<sup>1\*</sup>; Caamal-Cauich I.<sup>2</sup>; Pat-Fernández V.G.<sup>3</sup>; Martínez- Luis D.<sup>4</sup>; Reza-Salgado J.<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Programa de Doctorado en Ciencias en Economía Agrícola, División de Ciencias Económico-Administrativas, Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5 Carretera México- Texcoco. C. P. 56230.

<sup>2</sup>División de Ciencias Económico-Administrativas, Universidad Autónoma Chapingo, Km. 38.5 Carretera México- Texcoco, C. P. 56230. <sup>3</sup>Preparatoria Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo, Km. 38.5 Carretera México- Texcoco, Edo. de México. <sup>4</sup>Universidad Autónoma del Carmen, Facultad de Ciencias Económicas Administrativas, Col. Benito Juárez. C. P. 24180. Cd. del Carmen, Campeche. <sup>5</sup>Universidad Tecnológica de Tecamachalco. Avenida Universidad Tecnológica No 1. Colonia la Villita, C. P. 75483. Tecamachalco Puebla.

\*Autor de correspondencia. albertopefe@gmail.com

### RESUMEN

La interacción entre los factores productivos es primordial para un adecuado crecimiento agrícola, y los factores primarios considerados son tierra, trabajo y capital; sin embargo, las nuevas escuelas del crecimiento económico consideran también la adopción de tecnología y el nivel educativo de la población, como elementos clave en el crecimiento económico. La presente investigación estudia los factores antes mencionados y su influencia en las variaciones del producto interno bruto para el periodo 1979-2010 en el sector agrícola de México. Los resultados obtenidos mediante una función de producción tipo Cobb-Douglas indicaron que las variables superficie con riego, población económicamente activa y aplicación de fertilizantes con elasticidades de 2.42, -3.11 y 0.28, respectivamente, son las que explicaron 90% de las variaciones del PIB agrícola. Siendo la oferta de mano de obra en el sector agrícola la que afecta negativamente y requiere de políticas para aumentar su productividad.

**Palabras clave:** Producto Interno Bruto Agrícola, Productividad, Función de producción, Índice de Malmquist.

### ABSTRACT

The interaction between productive factors is primordial for an adequate agricultural growth, and the primary factors considered are land, work and capital; however, the new schools of economic growth also consider the adoption of technology and educational level of the population as key elements in economic growth. This research studies the factors mentioned and their influence on the variations of the gross domestic product for the 1979-2010 period in México's agricultural sector. The results obtained through a Cobb-Douglas production function indicated that the variables irrigation surface, economically active population, and application of fertilizers with elasticities of 2.42, -3.11 and 0.28, respectively, are the ones that explained 90 % of the variations in the agricultural GDP. Labor in the agricultural sector is the variable that affects negatively and requires policies to increase its productivity.

**Keywords:** Agricultural Gross Domestic Product, productivity, production function, Malmquist index.

**Agroproductividad:** Vol. 11, Núm. 1, enero, 2018, pp. 131-135.

**Recibido:** enero, 2015. **Aceptado:** septiembre, 2017.

## INTRODUCCIÓN

**El crecimiento** de los países se basa en la estructura formada por sus agentes generadores de bienes y servicios. Para el sector agrícola, las nuevas escuelas del crecimiento consideran no solo los factores tierra, trabajo y capital que Adam Smith estudió, sino también, aspectos como el nivel educativo de la población agrícola, grado de adopción de semillas mejoradas y la aplicación de fertilizantes (Foster y Rosenzweig, 2010) que en su conjunto pueden ser usados como indicadores de adopción de tecnología en el sector primario.

La agricultura ha sido la base del desarrollo de todos los grupos sociales que han dado origen a civilizaciones establecidas con una estructura social y económica definida, además de ser una fuente de alimentos, la agricultura en las últimas décadas se ha convertido en una fuente de bioenergéticos; El estudio de cultivos como el sorgo que busca generar combustible líquido cobra cada vez más importancia (Chuck-Hernández *et al.*, 2011); otro cultivo como es el caso del maíz, es parte de estudios y discusiones en México, debido a que es el principal cultivo sobre la cual se basa la alimentación mexicana y el nuevo uso para fines no alimenticios genera controversia en el sector agrícola y en los sectores que dependen de él.

En 2010, el 16 % de la población de los países en desarrollo estaba subnutrida (FAO, 2011), si a este aspecto le agregamos el hecho de destinar los cultivos para otros fines que no sean alimenticios, se pueden generar crisis alimentarias, como la iniciada en 2008, provocando una burbuja especulativa en los futuros de commodities (Rubio, 2008). El problema, es que muchas veces, la baja producción obedece a políticas del sistema económico (Przeworski, 2011), o por el contrario se provocan crisis de sobreproducción para distorsionar los precios (Marx y Hobsbawm, 1986).

La capacidad del crecimiento del sector agropecuario guarda una fuerte relación con sus características, además de la baja productividad de los cultivos, hay problemas en el acceso a los recursos, sistemas de riego con cobertura limitada y un sistema de seguridad para los trabajadores subdesarrollado, la forma en la cual estas variables se relacionan con el crecimiento del PIB se muestran como parte de los resultados obtenidos para esta investigación.

El campo mexicano ha estado en continuo cambio. En 1930, veinte años después de iniciada la Revolución, la superficie perteneciente a los ejidos era solamente 6% del total y 0.3 % de las explotaciones privadas poseían 56 % de la superficie total. Considerando que la tierra es el factor principal para producir, el cambio que logró Cárdenas fue espectacular, para 1940, el 50 % de la superficie agrícola era ejidal y el PIB agrícola crecía a una tasa del 7 % (Gómez-Oliver, 1994).

A partir de la entrada en vigor del TLCAN en 1995, se hizo más grande la diferencia entre las zonas productoras de alimentos de subsistencia y los enfocados al comercio internacional. Esta polaridad y la falta de creación de políticas regionales, capaces de visualizar la productividad y la competencia en México han generado que sean mayores las deficiencias del sector agropecuario, debido a que cada zona requiere inversión en aspectos específicos en la tecnificación del campo.

Las nuevas tendencias en el mercado mundial han originado cambios políticos y económicos en México, sin embargo, el desarrollo propuesto no se ha alcanzado porque el sector primario muestra rezagos en productividad, conllevando a bajos niveles de desarrollo y dinamismo. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue identificar las variables explicativas del crecimiento del sector agrícola de México a través de un análisis del comportamiento de la población, el uso de nueva tecnología en el campo como es el caso de fertilizantes, transformación de tierra de temporal en tierras de riego, así como la cantidad de centros de investigación, variables necesarias para estudiar y poder correlacionar modelos que se acerquen a la realidad del crecimiento económico de México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación requirió de tres etapas, la primera consistió en delimitar el problema en función de la teoría macroeconómica y microeconómica, considerando agentes internos y externos que influyeron en el crecimiento del sector agrícola mexicano durante 1979 a 2010. La base de datos se conformó empleando la información de las siguientes instituciones: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAOSTAT, por sus siglas en inglés); Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP); Instituto de Estadística y Geografía (INEGI); Consejo Nacional de Población (CONAPO); Banco Mundial –Indicadores de Desarrollo Mundial (BM-WDI, por sus siglas en inglés).

La segunda etapa fue la formulación del modelo econométrico para la función de producción consideró la relación producto-insumos y se puede establecer de la siguiente manera (Bichara y Garza, 1990):

$$Q = (a_1, a_2, a_3, \dots, a_n)$$

Donde:  $Q$  son unidades físicas de producto final obtenidas y  $a_1 \dots a_n$  son las cantidades de los recursos productivos empleados.

El modelo empleado está dado por la teoría microeconómica. La forma del modelo lineal para selección de las variables que tienen mayor efecto en la producción fueron:

$$PIBa = f(SUPa, SUPRa, POBa, FER, MAQ)$$

Donde:  $PIBa$  es Producto interno bruto agrícola (a precios constantes 2006);  $SUPRa$  son hectáreas irrigadas cultivadas totales (ha);  $SUPa$  son hectáreas cultivadas totales (ha);  $POBa$  es población económicamente activa sectorial (millones);  $FER$  son la cantidad de fertilizantes aplicados (ton);  $MAQ$  es la cantidad total de maquinaria empleada (número de tractores).

En la tercera etapa se estructuró y estimó el modelo econométrico para obtener los indicadores explicativos del comportamiento del sector agrícola de México. Se utilizó el programa SAS (Statistical Analysis System) y se adecuó las variables identificadas para el periodo de 1979 a 2010 a precios constantes de 2006.

Del primer modelo, se generó el siguiente modelo logarítmico:

$$\ln(Y) = \ln(a) + b \ln(X_1) + c \ln(X_2) + d \ln(X_3)$$

Donde:  $Y$  es el producto Interno bruto agrícola;  $a$  es el término independiente;  $b$ ,  $c$ ,  $d$  son las elasticidades de la producción;  $X_1$  es la superficie en producción bajo siste-

ma de riego;  $X_2$  es la población económicamente activa del sector agrícola;  $X_3$  es la cantidad de fertilizantes aplicados a la producción.

Los valores obtenidos del programa SAS fueron empleados para generar la Función tipo Cobb-Douglas, la cual se representó de la siguiente forma:

$$Y = A^* X_1^{b^*} X_2^{c^*} X_3^{d^*}$$

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis estadístico indicó que el noventa por ciento de las variaciones que ocurren en la producción del sector agrícola de México se explican por las variaciones en los tres factores principales: superficie en producción bajo riego, población económicamente activa del sector y cantidad de fertilizantes aplicados. Las variables del modelo tipo Cobb-Douglas mostraron una  $R^2$  de 0.90 con un intervalo de confianza de 95%, además de considerar la prueba t-student, prueba que cumplen las variables analizadas. Los resultados se muestran en el Cuadro 1.

Las magnitudes de los parámetros corresponden con las esperadas, de acuerdo con los datos obtenidos, la función tipo Cobb Douglas que explica el comportamiento del sector agrícola es la siguiente:

$$Q = 513\ 622\ 953.12 X_1^{2.44} X_2^{-3.11} X_3^{0.28}$$

El crecimiento del Producto Interno Bruto Agrícola ( $Y$ ) cambiará en 2.44 % si se aumenta en uno por ciento la superficie de riego *ceteris paribus*, considerando la orografía del país y las condiciones que imperan en muchas zonas, esta diversidad en el campo de México presenta un gran reto para la implementación de nuevas tecnologías que ayuden a producir en las regiones con potencial productivo; El problema es, que el equilibrio tecnológico de los pagos muestra un déficit muy grande y persistente, con exportaciones que cubren menos de 20% de las importaciones, y los acuerdos de transferencia

**Cuadro 1.** Resultados para el modelo tipo Cobb-Douglas.

| Parámetro             | Estimación  | Error estándar | Valor t | Pr >  t |
|-----------------------|-------------|----------------|---------|---------|
| Término independiente | 20.05782882 | 3.36954447     | 5.95    | <.0001  |
| Superficie en riego   | 2.42808781  | 0.15438403     | 15.73   | <.0001  |
| PEA agrícola          | -3.11936634 | 0.43645117     | -7.15   | <.0001  |
| Uso de fertilizantes  | 0.28869402  | 0.12219293     | 2.36    | 0.0256  |

Fuente: Elaboración propia.



de tecnología entre las instituciones mexicanas que son extremadamente escasos (OCDE, 2009).

Otro factor importante, es la mano de obra; en el caso de México, existe una sobreoferta de trabajadores en el sector agrícola, lo cual se refleja en el modelo. Si se aumenta en 1 % la cantidad de mano de obra, el PIB agrícola disminuirá en 3.11 %. Este comportamiento lo estudió Pender (2006) quien demostró que el crecimiento de la población rural impacta negativamente en el crecimiento de la agricultura y en el manejo adecuado de los recursos naturales. El resultado es categórico, considerando las condiciones de trabajo y los bajos salarios que reciben los trabajadores de este sector, además que la mayoría de la mano de obra es mayor de 40 años, y con una escolaridad menor a los 6 años.

Durante 1994 a 2010, la población económicamente activa del sector agrícola mostró una disminución del 9.22% que para el año 2010 fue cerca de ocho millones (FAO, 2012; FAO-SAGARPA, 2012), y a pesar de la alta migración existente en las zonas agrícolas, aún se conserva gran parte de esta población creando una oferta mayor a la demanda de mano de obra, originando una baja en los salarios; considerando que los precios de los alimentos no crecen al mismo nivel que el vestido y los demás instrumentos que necesita consumir el campesino, que debe pagar al precio del mercado (Amin y Vergopoulos, 1977) por lo que se genera un problema aún mayor en el sector agrícola de subsistencia. Prácticamente todos los que trabajan en el sector agropecuario y forestal no reciben más de dos salarios mínimos y su PIB per cápita para el año 2005 fue de 1,522 dólares (Robles B., 2007).

El sector agrícola se proyecta como un problema más que una solución para el crecimiento del país. Entre 2000 y 2005, se perdieron 900 000 empleos en el campo y otros 700 000 en la industria (Moro, 2007), por lo cual, el fomento de tecnología y la creación de nuevas empresas que ocupen a esta población es urgente para generar ingresos y satisfactores que incrementen el nivel de vida de la población.

Con respecto al uso de fertilizantes, la elasticidad es de 0.28, lo cual significa que el PIB agrícola mostrará un incremento de 0.28 % si se aumenta la aplicación de fertilizantes en 1 %, considerando los demás factores constantes, este insumo ha sido el más empleado en la agricultura desde su aplicación en los años 40 y ac-

tualmente sigue representando un elemento clave en el sector agrícola.

Los resultados mostrados consideran que la aplicación de fertilizantes se encuentra en la fase adecuada, sin embargo, este insumo presenta altos precios debido a que del total necesario para la producción, solo 390 mil toneladas se producen nacionalmente y el 70% restante se importa (FAO, 2012), creando un costo mayor para el productor.

El análisis que se realizó de la función de producción tipo Cobb-Douglas, permitió comprender la situación productiva del sector agrícola, así como la influencia de cada uno de los factores que son clave para la producción. Esto ayudará a formular políticas para la futura implementación y de esta forma generar un campo más productivo y eficiente. El problema es que los agentes externos como el cambio climático, específicamente un incremento en las temperaturas pueden afectar negativamente los rendimientos (Ward *et al.*, 2014). Lo cual provocaría cambios en los precios aun de por sí volátiles en el mercado.

El rol de otros factores que facilitan o restringen la adopción de tecnología y nuevas prácticas, continuamente adoptadas por los productores en las áreas menos favorecidas son determinantes clave para entender la adopción de estos sistemas considerando factores agroclimáticos y biofísicos, factores del mercado de trabajo, acceso a los recursos del capital, información y los factores institucionales (Lee *et al.*, 2006) pero no solo analizarlos por separado sino también en su conjunto.

## LITERATURA CITADA

- Amin S. y Vergopoulos K., 1977. La cuestión campesina y el capitalismo. Editorial Nuestro Tiempo. Segunda edición en español. México D. F. 257 p.
- Bichara, E. y Garza, M., 1990. Consideraciones sobre la función Cobb-Douglas. Universidad Autónoma de Nuevo León, México. 35 p.
- Chuck-Hernández C.; Pérez-Carrillo, E.; Heredia-Olea, E.; Serna-Saldívar S. O. 2011. Sorgo como un cultivo multifacético para la producción de bioetanol en México: Tecnologías, Avances y Áreas de Oportunidad. Revista de Ingeniería Química. vol 10 . No. 3, 259-249. México.
- Coelli, T. J., 1996. A Guide to DEAP Version 2.1: A Data Envelopment Analysis (Computer) Program. Centre for Efficiency and productivity Analysis (CEPA) Working papers. University of New England, Australia. No.8 (96). 60 p.
- FAO, 2011 El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2010–2011. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. Informe 12. 25 p.



- Färe R., Grosskopf S., Norris M. y Zhang Z., 1994. Productivity Growth, Technical Progress and Efficiency Change in Industrialized Countries. *The American Economic Review*, Vol. 84. No. 1: 66-83.
- Foster A. D. y Rosenzweig, M. R., 2010. Microeconomics of technology adoption. Social Science Research of Yale University, USA. Discussion Paper 984.
- Gómez-Oliver L., 1994. El papel de la Agricultura en el Desarrollo de México, *Revista La Política agrícola en el nuevo estilo de desarrollo latinoamericano*, FAO. Santiago, Chile. 52 pp.
- FAO, 2012. Statistics from Countries, Department of Statistics and Information, Rom, 2012. en: <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/O/OA/E>
- FAO-SAGARPA, 2012. México: El sector agropecuario ante el desafío del cambio climático. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Agosto 2012. México D. F. Volumen I. 34 p.
- Lanteri L. N., 2002. Productividad, desarrollo tecnológico y eficiencia. La propuesta de los Índices Malmquist. *Asociación Argentina de Economía*, Vol 4. Buenos Aires, 22 p.
- Lee D. R., Barret, C. B., McPeak J. G., 2006. Policy, technology, and management strategies for achieving sustainable agricultural intensification. USA. *Agricultural Economics* 34: 123 -127.
- Marx K. y Hobsbawm E., 1986. Formaciones económicas precapitalistas. Siglo XXI, 13ª edición, México D. F. 104 p.
- Moro A., 2007. México: Crisis política y respuestas sociales (esperando el milagro económico). *Revista Pueblos: Territorios/Latinoamérica*. 2006 (26). 89 p.
- OCDE, 2009. Estudios de la OCDE sobre Políticas de innovación: México. Primera Edición. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. México, D.F. 204 p.
- Pender J., 2006. Rural population growth, agricultural change and natural resource management in developing countries, International Food Policy Research Institute, series paper 48: 83. Washington, D.C. U.S.A. 83 p.
- Piesse J. y Thirtle C., 1997. Sector-level Efficiency and Productivity in Hungarian Primary, Secondary and Tertiary Industries, 1985-1991. *Eastern European Economics* pp 5-39.
- Przeworski A., 2011. Acerca del diseño del Estado: Una perspectiva principal-agente. En *Lecturas sobre el estado y las Políticas públicas: Retomando el debate de ayer para fortalecer el actual*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 757 p.
- Pichardo G. B., 2006. La Revolución verde en México. *AGRÁRIA*, Sao Paolo, No. 4: 40-68.
- Robles B. H. M., 2007. El sector rural en el siglo XXI. Un mundo de realidades y posibilidades. Colección: Estudios e Investigaciones. Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria. Cámara de Diputados, LX legislatura. México, D. F. 214 Pp..
- Rubio, B., 2008. De la crisis hegemónica y financiera a la crisis alimentaria. Impacto sobre el campo mexicano. *Argumentos*. Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, México. Vol. 21, Núm. 57: 35-52.
- Ward P.S., Raymond J.G. Florax M., y Flores-Lagunes A., 2014. Climate Change and agricultural productivity in Sub-Saharan Africa: A spatial sample selection model. *European Review of Agricultural Economics* Vol 41 (2): 199-216.



# ANÁLISIS MULTI-RESIDUAL DE PLAGUICIDAS DE USO AGRÍCOLA EN NARANJAS (*Citrus sinensis* Osbeck) DE MONTEMORELOS, NUEVO LEÓN, MÉXICO

## MULTI-RESIDUAL ANALYSIS OF AGRICULTURAL PESTICIDES IN ORANGE FRUITS (*Citrus sinensis* Osbeck) FROM MONTEMORELOS, NUEVO LEON, MEXICO

Elizarragaz-De La Rosa, D.<sup>1</sup>, Alonso-Segura, D.<sup>2</sup>, Alcantar-Rosales, V.M.<sup>1</sup>, Heras-Ramírez, M.E.<sup>1</sup>; Lugo-Melchor O. Y.<sup>1</sup>; Gaspar-Ramírez, O.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C. Unidad Monterrey. Autopista Monterrey-Aeropuerto Km 10, Parque PIIT, Vía de Innovación 404, Apodaca, C.P. 66629, Nuevo León, México. <sup>2</sup>Centro de Investigación e Innovación Tecnológica del Instituto Tecnológico de Nuevo León. Autopista Monterrey-Aeropuerto Km 10, Parque PIIT, Av. De la Alianza 507, Apodaca, C.P. 66629, Nuevo León, México.

\*Autor responsable: ogramirez@ciatej.mx

### RESUMEN

El municipio de Montemorelos, en Nuevo León, México, es el principal productor de naranja (*Citrus sinensis* Osbeck) de los seis municipios que conforman la región citrícola del Estado en México. Debido a esto, Nuevo León se ha posicionado en el mercado nacional e internacional como un importante proveedor de cítricos. Dado que las legislaciones internacionales respecto al uso de plaguicidas y el control de residuos en alimentos y productos derivados son cada vez más estrictas, el objetivo de este estudio fue determinar a nivel multi-residual la presencia de plaguicidas en naranja fresca de huertas en etapa de cosecha del municipio de Montemorelos y evaluar la situación actual respecto al cumplimiento de los estándares de inocuidad establecidos por los principales países de exportación. Los resultados mostraron que al menos de los 93 plaguicidas que se rastrearón, el total de muestras analizadas cumple con los Límites Máximos Permitidos, de Estados Unidos y Japón, no así para la Unión Europea.

**Palabras clave:** cítricos, plaguicidas, Límites Máximos Permitidos.

### ABSTRACT

The community of Montemorelos is known as "The capital of orange fruit in Mexico", since it is the major producer of citrus fruits between the six communities that comprises the citrus region of the state of Nuevo Leon in Mexico. That is why Nuevo Leon State has been positioned in the national and international market as an important provider of citrus. Owing to, the international legislations referent to the use of pesticides and their residues in food commodities are becoming more stringent, the objective of this study was to determine pesticides at multi-residual level in orange fruits from citrus orchards from harvest of Montemorelos community and also to evaluate the actual situation respect to the compliance of safety standards on countries of international trade.

**Keywords:** Citrus fruits, pesticides, Maximum Residue Limits.

**Agroproductividad:** Vol. 11, Núm. 1, enero. 2018, pp: 136-141.

**Recibido:** octubre, 2015. **Aceptado:** septiembre, 2017.



## INTRODUCCIÓN

La actividad agrícola involucra el uso de muchos plaguicidas especialmente en países en desarrollo donde existen débiles regulaciones en cuanto a su uso y residualidad en alimentos (Ecobichon DJ, 2001). El uso descontrolado de estos productos químicos ha provocado una contaminación generalizada en distintos ambientes, lo cual ha potencializado la exposición humana a dichos compuestos generando impactos negativos a la salud (Hayo y van der Werf, 1996). Debido a esto, muchos países trabajan en establecer normas para el buen uso de plaguicidas en la agricultura y el control de residuos en alimentos y productos derivados (Osteen *et al.*, 2013). Dichas legislaciones se basan en el cumplimiento los *Límites residuales Máximos* (MRLs por sus siglas en inglés) en alimentos, esto es, la máxima concentración a la cual un plaguicida en un alimento no representa riesgo a la salud humana. Estas concentraciones son legalmente permitidas, y en su mayoría son reguladas desde 0.01 partes por billón ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) hasta concentraciones de partes por millón ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) dependiendo del gobierno de cada país, para un gran número de plaguicidas en productos alimenticios. Esto ha llevado a que la restringida lista de plaguicidas regulados en productos agrícolas del sector primario en México, constituya un riesgo para la comercialización internacional de algunos alimentos. Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe, México es uno de los principales países con rechazo de productos alimenticios por Estados Unidos de América (EUA), debido a contaminación por plaguicidas (CEPAL, 2010), lo cual obliga a tomar acciones de inocuidad alimen-

taria para proteger la economía del sector agropecuario. En el estado de Nuevo León, la actividad agrícola constituye un importante sector económico, y la citricultura es una de las actividades más importantes que posiciona a dicho estado, ubicándolo en el quinto productor de cítricos en México, con 14% de la producción nacional, siendo la naranja (*Citrus sinensis* Osbeck) el principal producto (Gaitán, 2002). De acuerdo a la información obtenida del Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2012), Nuevo León cuenta con casi 30 mil ha de cítricos, correspondiendo 82.7% a naranja, 11.6% a mandarina y 5.7% a toronja. La agroindustria que se genera a partir de los cítricos tiene también un importante aporte económico ya que contribuye con 23% al PIB junto con el sector forestal y pesca (Gaitán, 2002). Al respecto, la cadena agroindustrial de Nuevo León se conforma de 26 empresas entre empacadoras, seleccionadoras, corredoras de fruta, industria del jugo y de gajos (IICA-COFUPRO, 2010). En este sector, el jugo de naranja concentrado es el principal producto derivado que se exporta principalmente a Estados Unidos y Europa, mientras que alrededor de 10% de la producción anual de naranja se exporta a Canadá, Europa, Japón, Corea y China (SAGARPA, 2013). La región citrícola de Nuevo León está comprendida por los municipios de Montemorelos, General Terán, Linares, Huahuises, Allende y Cadereyta de Jiménez, siendo Montemorelos el principal productor de cítricos reportando una producción de 91,157 t de naranja en 2014, equivalente a 30% de la producción de naranja en el estado, con un valor de producción superior a los 158 millones de pesos (SIAP, 2012 a). Aunque el mu-

nicipio de General Terán también es un líder en producción de cítricos, se tiene a Montemorelos como el primer introductor de árboles cítricos en México. Lo anterior, aunado a la agroindustria, al extenso territorio de huertas citrícolas y a la calidad del fruto, al municipio de Montemorelos se le conoce como "*La Capital de la Naranja en México*" (Rocha-Peña y Padrón Chávez, 2009), dicha etiqueta ha llevado a la región citrícola de Nuevo León a posicionarse en un extenso mercado nacional e internacional y se reconoce por ser proveedor de frutos cítricos de calidad, motivo que debería impulsar el fortalecimiento de normas mexicanas que regulen el buen uso de plaguicidas de uso agrícola y que garanticen la inocuidad de los alimentos. Con el fin de conocer la situación de residuos plaguicidas con respecto a los estándares internacionales de inocuidad, se evaluó a nivel multi-residual la presencia de plaguicidas en naranjas del municipio de Montemorelos, Nuevo León.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se seleccionaron huertas citrícolas en etapa de cosecha (Mayo, 2014) del municipio de Montemorelos, Nuevo León, México, ubicado en la parte central del estado, colinda al norte con Cadereyta de Jiménez, al sur con Linares y Los Rayones, al este con General Terán y Linares y al oeste con Allende, Los Ramones y Galeana (Figura 1). Cuenta con una extensión de 1,706.2 km<sup>2</sup> (25° 11' N y 99° 50' O) (INAFED, 2010).

### Toma y almacenamiento de muestra

Se recolectaron al azar 27 muestras de naranja en bolsas de plástico (alrededor de 1 kg por muestra). Las muestras se transportaron en hieleras a temperatura ambiente hasta el

laboratorio, donde se almacenaron a 4 °C hasta su procesamiento. Se pesó un 1 kg de naranja de cada muestra y se molió la fruta completa (incluyendo cáscara), las muestras molidas se congelaron a -20 °C hasta su posterior tratamiento (AOAC, 2007).

**Extracción y limpieza**

La extracción de plaguicidas en muestras de naranja se basó en el método genérico QuEChERS (Lehotay, 2004), que consiste en pesar 15 g de muestra de naranja molida y previamente homogeneizada. La extracción de los plaguicidas se realizó con 15 mL de acetonitrilo seguido de un tratamiento con una mezcla de sales (6 g de sulfato de magnesio anhidro y 1.5 g de acetato de sodio) posterior a una limpieza del extracto (400 mg de Amina primaria, 400 mg C18EC, 1200 mg sulfato de magnesio anhidro), según el protocolo del método QuEChERS. Después de estos tratamientos, se transfirieron 350 µL del extracto a viales cromatográficos para su análisis.

**Sistema analítico**

Los sistemas analíticos empleados para la identificación y cuantificación de plaguicidas en los extractos de muestras de naranja fueron los siguientes: cromatógrafo de gases modelo 7890A, acoplado a un espectrómetro de masas con detector de triple cuadrupolo (QQQ) modelo 7000, con auto-muestreador modelo 7693 y cromatógrafo de líquidos modelo 1260 y 1290 Infinity, acoplado a un espectrómetro de masas con detector de cuadrupolo-tiempo de vuelo (QTOF) modelo G6530A con auto-muestreador modelo 1260. Ambos de la marca Agilent Technologies. El análisis estadístico fue mediante un análisis de frecuencia y estadística descriptiva.

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

**Análisis de plaguicidas en matriz naranja**

Se analizaron un total de 93 plaguicidas en muestras de naranja por cromatografía de gases-QQQ y HPLC-QTOF. Los Cuadros 1



**Figura 1.** Mapa del estado de Nuevo León, México, que muestra al centro (color rojo) el municipio de Montemorelos (imagen tomada de e-Local.gob.mx).

y 2 muestran sus respectivos límites de cuantificación (LC), los cuales se establecieron en un rango de 0.005-0.01 mg kg<sup>-1</sup> por QQQ y 0.002-0.01 mg kg<sup>-1</sup> por QTOF.

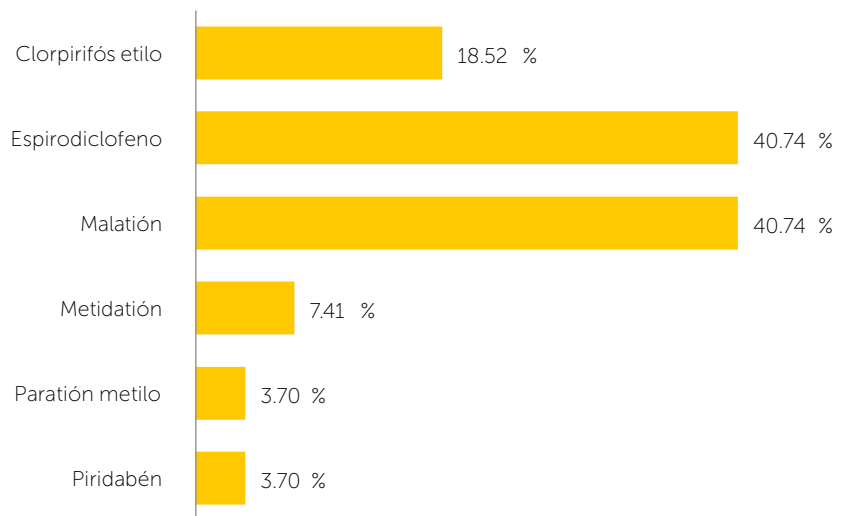
**Detección de plaguicidas en muestras de naranja**

Se analizaron un total de 27 muestras de naranja de las cuales al 66.67% se les determinó la presencia de uno a más plaguicidas por arriba del LC. La Figura 2, muestra la frecuencia de los plaguicidas detectados en el total de muestras fueron: piridabén, paratión-metilo, metidatión, malatión, espirodiclo-

feno y clorpirifós-etilo, de los cuales, los de mayor presencia fueron malatión y espirodiclofeno con una frecuencia de 40.74% para ambos.

El Cuadro 3 muestra el rango de concentraciones de los plaguicidas detectados; en mayor concentración se encontraron el malatión y clorpirifós-etilo con niveles de 0.004 hasta 0.440 mg kg<sup>-1</sup> (mediana=0.016 mg kg<sup>-1</sup>) y 0.005 hasta 0.303 mg kg<sup>-1</sup> (mediana=0.018 mg kg<sup>-1</sup>) respectivamente.

De acuerdo al Cuadro 3, los plaguicidas detectados son regulados por la legislación de Estados Unidos, Unión



**Figura 2.** Frecuencia (%) de plaguicidas detectados en muestras de naranja (*Citrusxsinensis* Osbeck) de huertas cítricas de Montemorelos, Nuevo León, México.

**Cuadro 1.** Límites de cuantificación ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) de plaguicidas determinados por cromatografía de gases QQQ.

|                |       |                  |       |
|----------------|-------|------------------|-------|
| Acefato        | 0.005 | Metiocarb        | 0.005 |
| Acetamiprid    | 0.005 | Monocrotofós     | 0.005 |
| Aldicarb       | 0.005 | Napropamida      | 0.005 |
| Azinfós-metilo | 0.005 | Ometoato         | 0.005 |
| Carbaril       | 0.005 | Fosalón          | 0.005 |
| Carbendazima   | 0.005 | Fosmet           | 0.005 |
| Carbofurano    | 0.005 | Procloraz        | 0.005 |
| Clorfenvinfós  | 0.005 | Propargita       | 0.010 |
| Deltametrina   | 0.005 | Piraclostrobina  | 0.005 |
| Difenoconazol  | 0.010 | Quinalfós        | 0.005 |
| Diflubenzurón  | 0.005 | Simazina         | 0.005 |
| Dimetoato      | 0.005 | Espinetoram J    | 0.007 |
| Diurón         | 0.005 | Espinetoram L    | 0.002 |
| Fenamifos      | 0.005 | Espinosina A     | 0.006 |
| Fenbuconazol   | 0.010 | Espinosina D     | 0.004 |
| Fenoxicarb     | 0.010 | Espirodiclofeno  | 0.005 |
| Fenpiroximato  | 0.010 | Tebufenocida     | 0.005 |
| Flufenoxurón   | 0.005 | Tebutiurón       | 0.005 |
| Imazalil       | 0.010 | Tiabendazol      | 0.005 |
| Imidacloprid   | 0.005 | Tiacloprid       | 0.005 |
| Metalaxilo     | 0.005 | Tiametoxam       | 0.005 |
| Metamidofós    | 0.005 | Tiofanato-metilo | 0.005 |
| Metidación     | 0.005 | Triclorfón       | 0.005 |

**Cuadro 2.** Límites de cuantificación ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) de los plaguicidas determinados por cromatografía de líquidos Q-TOF.

|                          |       |                  |       |
|--------------------------|-------|------------------|-------|
| 2,4'-D 2-etilhexil éster | 0.005 | Fludioxonilo     | 0.005 |
| 2,4'-D isopropil éster   | 0.005 | Flusilazol       | 0.006 |
| 2,4'-DDT                 | 0.005 | Fonofos          | 0.005 |
| 2-Fenilfenol             | 0.005 | Hexaclorobenceno | 0.005 |
| Aldrin                   | 0.005 | Malatión         | 0.005 |
| alfa-HCH                 | 0.005 | Oxifluorfén      | 0.005 |
| Bifentrina               | 0.005 | Paratión-etilo   | 0.010 |
| Bromopropilato           | 0.005 | Paratión-metilo  | 0.005 |
| Carfentrazona-etilo      | 0.005 | Pendimetalina    | 0.010 |
| Clorfenapir              | 0.010 | Pertán           | 0.005 |
| Clorpirifós-etilo        | 0.005 | Fentoato         | 0.005 |
| Clorpirifós-metilo       | 0.005 | Forato           | 0.005 |
| Coumafós                 | 0.005 | Pirimifós-metilo | 0.005 |
| Diazinón                 | 0.005 | Profenofós       | 0.005 |
| Diclofentión             | 0.005 | Piridabén        | 0.005 |
| Dicofol                  | 0.005 | Piridafentión    | 0.005 |
| Dieldrina                | 0.005 | Pirimetanil      | 0.005 |
| Endosulfán I             | 0.005 | Piriproxifén     | 0.005 |
| Endosulfán II            | 0.005 | Tebuconazol      | 0.005 |
| Etión                    | 0.005 | Tecnaceno        | 0.005 |
| Etofenprox               | 0.005 | Terbufos         | 0.005 |
| Fenclofos                | 0.005 | Tetradifón       | 0.005 |
| Fenitrotión              | 0.005 | Triazofos        | 0.005 |
| Fentión                  | 0.005 |                  |       |

**Cuadro 3.** Concentraciones ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) de plaguicidas detectados en muestras de naranja ( $n=27$ ) y los MRLs correspondientes de Estados Unidos (EUA), Unión Europea (EU) y Japón.

| Plaguicida                  | Mínimo | Mediana | Máximo | Promedio | MRL EUA <sup>1</sup> | MRLS EU <sup>2</sup> | MRL Japón <sup>3</sup> |
|-----------------------------|--------|---------|--------|----------|----------------------|----------------------|------------------------|
| Piridabén ( $n=1$ )         | 0.009  | 0.009   | 0.009  | 0.009    | 0.5                  | 0.5                  | 1.0                    |
| Paratión metilo ( $n=1$ )   | 0.009  | 0.009   | 0.009  | 0.009    | -                    | -                    | 0.2                    |
| Metidación ( $n=2$ )        | 0.005  | 0.0055  | 0.006  | 0.0055   | 4.0                  | 0.02                 | 4.0                    |
| Malatión ( $n=11$ )         | 0.004  | 0.016   | 0.44   | 0.067    | 8.0                  | 0.02                 | 4.0                    |
| Espirodiclofeno ( $n=11$ )  | 0.005  | 0.014   | 0.097  | 0.028    | 0.5                  | 0.5                  | 2.0                    |
| Clorpirifós etilo ( $n=5$ ) | 0.005  | 0.019   | 0.303  | 0.073    | 1.0                  | 0.3                  | 1.0                    |

Europea y Japón, a excepción del paratión-metilo que no se incluye en la lista de Estados Unidos y Europa. Al comparar los resultados obtenidos con los estándares de inocuidad internacionales, se determinó que, de las 27 muestras analizadas, 3.7% rebasaron los MRLs de la Unión Europea para Clorpirifós etilo y 14.8% para Malatión. Sin embargo, ninguna muestra rebasó los MRLs de Estados Unidos y Japón.

La Organización Mundial de la Salud (WHO, por sus siglas en inglés) cataloga casi al 90% de los compuestos plaguicidas en la categoría 1a/1b/II, que va de extremadamente peligroso a moderadamente peligroso en base a su toxicidad (WHO, 2000; Hashmi *et al.*, 2011). Es por eso que muchos países han adoptado normas que regulan la cantidad de plaguicidas en los alimentos. Al respecto, este estudio es un primer acercamiento

a un diagnóstico de la situación actual de residuos de plaguicidas con respecto al cumplimiento de los estándares establecidos por los principales países, a los cuales México exporta cítricos. Los resultados muestran que al menos de los 93 plaguicidas rastreados, el 100% de las muestras analizadas cumplió con los MRLs de Estados Unidos y Japón, no así el 3.7% que rebasaron los MRLs de la Unión Europea para Clorpirifós etilo y 14.8% para Malatión. También se observó (Figura 1, Cuadro 3), que los plaguicidas detectados con mayor frecuencia fueron Clorpirifós etilo, Espirodiclofeno y Malatión, mismos que presentaron las más altas concentraciones (mediana ( $\text{mg kg}^{-1}$ )=0.019, 0.014 y 0.016 respectivamente) y de estos, el Clorpirifós etilo y el Malatión incumplieron la legislación europea. La información que muestra este estudio, es relevante por dos razones; indica un potencial de competitividad comercial de fruto cítrico en países como Estados Unidos y Japón, y, además, identifica los plaguicidas que son un factor de riesgo de rechazo en el mercado europeo, lo cual permite adoptar medidas para regular el buen uso de plaguicidas en la citricultura. En algunos países el biomonitorio de residuos plaguicidas en alimentos son una base importante para controlar el buen uso de plaguicidas y cumplir con los límites máximos permitidos (FDA, 2009). Sin embargo, es importante señalar que dichos países contemplan una lista muy amplia de plaguicidas, tal es el caso de Japón que regula 320 plaguicidas en cítricos, y la Unión Europea regula 451 en cítricos, lo cual conlleva a que México tenga que invertir en laboratorios y personal especializado para dar garantía al cumplimiento de los MRLs que marcan estos países. Al respecto, este estudio, analizó 93 residuos, sin considerar otros productos que se reportan en el sector citrícola en México, por ejemplo, el 2,4-D y glifosato para el control de malezas en huertas citrícolas (IICA-COFUPRO, 2010). Este estudio también muestra que, de los plaguicidas de mayor demanda en la citricultura de Nuevo León, cuatro pertenecen a la familia de los organofosforados (malatión, clorpirifós-etilo, paratión-metilo, metidatión) además de espiroclorfenol que pertenece a la familia de los ketoenoles y el piridabén de la familia de las piridazinonas (HSDB). Esta información permite evaluar el posible impacto sobre el sector agroindustrial y sobre otros sistemas-producto. Con respecto al sector agroindustrial, La Financiera Rural (2009) indica que a nivel mundial México es el tercer país exportador de jugo de naranja concentrado a Estados Unidos y el principal proveedor de la Unión Europea. Dichas exportaciones podrían verse afectadas si la materia prima no cumple con los estándares de inocuidad, tal es el caso del pla-

guicida carbendazima, detectado por la FDA en jugos brasileños, motivo de rechazo de diversos de lotes enviados a Estados Unidos (FDA, 2012).

Debido a que el municipio de Montemorelos también incluye importantes actividades económicas como la apicultura y la ganadería, algunos sistemas producto como la miel, y carne pudieran verse afectados por plaguicidas usados en esta región (IICA-COFUPRO, 2010). Tal es el caso del Malatión, Clorpirifós y Metidatión, y los neonicotinoides que han sido relacionados con la despooblación de abejas (*Apis mellifera*), impactando de forma importante en la producción de miel (Culter *et al.*, 2014; Goulson, 2015). Debido a lo anterior, es importante que este modelo se pueda implementar en otros sistemas producto. La finalidad de este estudio es impulsar la inocuidad alimentaria en México, no solo para satisfacer las legislaciones extranjeras, sino también para contribuir al fortalecimiento de normas mexicanas que regulen el buen uso de plaguicidas en la agricultura, y permitan a la población mexicana tener acceso a alimentos inocuos y minimizar los impactos al medio ambiente.

## CONCLUSIONES

**Este estudio** constituye un primer acercamiento a un diagnóstico de la situación actual de residuos de plaguicidas con respecto al cumplimiento de los estándares internacionales de inocuidad del principal municipio productor de cítricos en Nuevo León, México. Los resultados obtenidos muestran que al menos de los 93 plaguicidas que se rastrearon, el total de muestras analizadas cumple con los Límites Máximos Permitidos de Estados Unidos y Japón, no así para la Unión Europea.

## AGRADECIMIENTOS

A la Fundación Produce Nuevo León por haber financiado este proyecto. Al Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Nuevo León (CE- SAVENL) por brindar apoyo técnico.

## LITERATURA CITADA

- AOAC. 2007. Official Method 2007.0. Pesticide Residues in Foods by Acetonitrile Extraction and Partitioning with Magnesium Sulfate.
- CEPAL. 2010. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Información del Observatorio del Control Aduanero de las Importaciones (OCAI). [http://www.cepal.org/washington/noticias/noticias/1/39811/report\\_may\\_2010.pdf](http://www.cepal.org/washington/noticias/noticias/1/39811/report_may_2010.pdf)
- Culter G.C., Purdy J., Giesy J.P., Solomon K.R. 2014. Risk to pollinators from the use of chlorpyrifos in the United States. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*. 231:219-65. doi: 10.1007/978-3-319-03865-0\_7.

- Gaitán J. 2002. Situación de la citricultura del estado de Nuevo León. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM). Monterrey, Nuevo León. México. 168 pp.
- Goulson D. 2015. Neonicotinoids impact bumblebee colony fitness in the field; a reanalysis of the UK's Food & Environment Research Agency 2012 experiment. *PeerJ*. 3: e854. doi:10.7717/peerj.854
- Hashmi, Imran, Khan A. Dilshad. 2011. Adverse Health Effects of Pesticides Exposure in Agricultural and Industrial Workers of Developing Country, *Pesticides - The Impacts of Pesticides Exposure*, Prof. Margarita Stoytcheva (Ed.), ISBN: 978-953-307-531-0. doi: 10.5772/13835.
- Hayo M.G., van der Werf. 1996. Assessing the impact of pesticides on the environment. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 60 (2-3): 81-96.
- Hazardous Substances Data Bank (HSDB). <http://toxnet.nlm.nih.gov/newtoxnet/hsdb.htm>
- IICA-COFUPRO. 2010. Programa de Documentación de Casos de Éxito (núm. 35 y 36). <http://www.redinnovagro.in/>
- INAFED. 2010. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. SEGOB. <http://www.e-local.gob.mx>
- Lehotay S.J. 2004. Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged and Safe (QuEChERS) Approach for the Determination of Pesticide Residues, *Proceedings AOAC Annual Meeting*, St. Louis, MO USA.
- Osteen C.D., Fernández-Cornejo J. 2013. Economic and policy issues of U.S. agricultural pesticide use trends. *Pest Management Science*. 69(9):1001-25.
- Rocha-Peña M.A., Padrón-Chávez J.E. 2009. El cultivo de los cítricos en el estado de Nuevo León. Libro Científico No. 1. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. CIRNE. Campo Experimental General Terán. México.
- SAGARPA. 2013. Balanza comercial agroalimentaria México-UE. [www.sagarpa.gob.mx](http://www.sagarpa.gob.mx)
- SIAP. 2012 a. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. SAGARPA. <http://www.siap.gob.mx>
- FDA. 2009. [www.fda.gov/downloads/Food/FoodborneIllnessContaminants/Pesticides/UCM352872.pdf](http://www.fda.gov/downloads/Food/FoodborneIllnessContaminants/Pesticides/UCM352872.pdf).
- FDA. 2012. Carbendazim in Orange Juice Products. <http://www.fda.gov/food/foodborneillnesscontaminants/pesticides/ucm288004.htm>
- WHO. 2000. World Health Organization recommended classification of pesticides by hazard and guidelines to classification 2000-01 Geneva.



# CURSO INTERNACIONAL

## AUTOMATIZACIÓN Y USO DE **BIORREACTORES** PARA LA **MICROPROPAGACIÓN COMERCIAL DE PLANTAS**

*Embriogénesis somática: desafíos y oportunidades*

**DEL 11 AL 14 DE SEPTIEMBRE DE 2018**

**DURACIÓN: 30 horas • TIPO: Teórico-Práctico**

**SEDE:  
Colegio de Postgraduados | Campus Córdoba**

**Costo por participante** | **Estudiantes**  
**\$ 7,000.00 M.N.** | **\$3,500.00 M.N.**



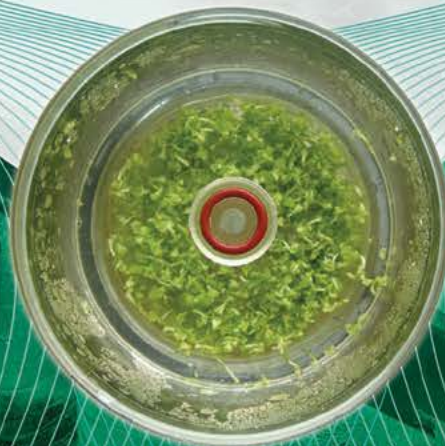
### INFORMES:

**Dr. Fernando C. Gómez Merino • Dr. Jericó J. Bello Bello**

Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba  
Carretera Federal Córdoba-Veracruz km 348,  
Amatlán de los Reyes, Veracruz, C.P. 94946, México

Correo: [cursobiorreactores@gmail.com](mailto:cursobiorreactores@gmail.com)

Tel: (+52) 01 271 71 6 60 55 y 00  
Móvil: 271 105 85 06



Laboratorio de Cultivo  
de Tejidos Vegetales



# INNOVACIÓN AGROALIMENTARIA SUSTENTABLE

## PROGRAMA DE MAETRÍA EN CIENCIAS

### Objetivo

Formar talento humano con conocimiento de vanguardia en los procesos de producción, transformación y comercialización, que cuenten con habilidades y actitudes pertinentes, que les permitan contribuir al desarrollo e innovación tecnológica, socioeconómica y ambiental de los sistemas agroalimentarios, bajo una perspectiva sustentable.

### Perfil de ingreso

El aspirante a la Maestría en Ciencias en Innovación Agroalimentaria Sustentable debe tener estudios concluidos de licenciatura o ingeniería en las áreas de agronomía, biología, veterinaria, agroindustria, alimentos, química, maquinaria, estadística, economía, psicología, sociología, administración y carreras afines.



### Lineas del Conocimiento (LGAC)

Las líneas de investigación del programa de Maestría en Ciencias en Innovación Agroalimentaria Sustentable se dividen en tres ejes principales:

**1** Eficiencia y sustentabilidad en la producción primaria en sistemas agroalimentarios

**2** Innovación y desarrollo de procesos agroalimentarios para el bienestar social

**3** Comercialización y competitividad agroalimentaria con responsabilidad social y ambiental



Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología  
Programa Nacional de  
Posgrados de Calidad (PNPC)

### Becas

Contamos con becas del Programa Nacional de Posgrado de Calidad (PNPC) del CONACYT

### Informes

Subdirección de Educación del  
Campus Córdoba  
☎ 01(271) 716 60 00 / 57 / 55 Ext. 114  
✉ admision\_cordoba@colpos.mx

Los requisitos de ingreso y formatos de admisión pueden ser obtenidos en la página web oficial  
[www.colpos.mx/posgrado/ias/index.php](http://www.colpos.mx/posgrado/ias/index.php)  
[www.colpos.mx](http://www.colpos.mx)

📘 Colegio de Postgraduados Campus Córdoba  
📌 Maestría en Ciencias en Innovación Agroalimentaria Sustentable  
✉ [mcinnovaciones@colpos.mx](mailto:mcinnovaciones@colpos.mx)  
📍 Colegio de Postgraduados / Campus Córdoba  
km 348 / Carr. Federal Córdoba-Veracruz  
Amatlán de Los Reyes, Ver. / CP 94946