

Patrimonio cultural de una
localidad con potencial
turístico en el
Altiplano Potosino

pág. 117

Año 10 • Volumen 10 • Número 9 • septiembre, 2017

FENOLOGÍA Y CONSTANTE TÉRMICA DE LA PITAHAYA (<i>Hylocereus undatus</i> Haw. Britt. & Rose)	3
RELACION ENTRE COLOR Y PARÁMETROS FISCOQUÍMICOS DEL LIMÓN PERSA (<i>Citrus latifolia</i> T.) DEL CENTRO DE VERACRUZ, MÉXICO	9
INCREMENTO DE CALIDAD Y MENOR COSTO DE PRODUCCIÓN DE BRÓCOLI (<i>Brassica oleracea</i> L.) MEDIANTE NUTRICIÓN BALANCEADA VÍA FERTIRRIEGO	15
EFFECTO DE REGULADORES DE CRECIMIENTO EN LA REPRODUCCIÓN <i>in vitro</i> DE <i>Musa</i> sp. CV GRAN ENANO	20
CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE POBLACIONES DE MAÍZ NATIVO (<i>Zea mays</i> L.) EN CHIAPAS, MÉXICO	26
ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE FRUTOS DE CHILE "SIETE CALDOS" (<i>Capsicum annuum</i>) CULTIVADOS EN CONDICIONES DE CIELO ABIERTO Y CASA SOMBRA	34

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 *itálicas*.

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

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

Figuras. Corresponden a dibujos, 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.

Agro productividad. Año 10, Volumen 10, número 9, septiembre 2017, 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. 04-2016-022412450500-102. ISSN: 2448-7546, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Impresa en México por CONTENT DELIVERY MÉXICO S. DE R. L. DE C. V. Calle Quetzal no. 1 interior 1, El Rosedal Delegación Coyoacán. CDMX. Este número se terminó de imprimir el 31 de septiembre de 2017 con un tiraje de 3000 ejemplares.



El costo por publicación aceptada es \$3000.00 MX.



Contenido

3	FENOLOGÍA Y CONSTANTE TÉRMICA DE LA PITAHAYA (<i>Hylocereus undatus</i> Haw. Britt. & Rose)
9	RELACION ENTRE COLOR Y PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL LIMÓN PERSA (<i>Citrus latifolia</i> T.) DEL CENTRO DE VERACRUZ, MÉXICO
15	INCREMENTO DE CALIDAD Y MENOR COSTO DE PRODUCCIÓN DE BRÓCOLI (<i>Brassica oleracea</i> L.) MEDIANTE NUTRICIÓN BALANCEADA VÍA FERTIRRIEGO
20	EFFECTO DE REGULADORES DE CRECIMIENTO EN LA REPRODUCCIÓN <i>in vitro</i> DE <i>Musa</i> sp. CV GRAN ENANO
26	CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE POBLACIONES DE MAÍZ NATIVO (<i>Zea mays</i> L.) EN CHIAPAS, MÉXICO
34	ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE FRUTOS DE CHILE "SIETE CALDOS" (<i>Capsicum annuum</i>) CULTIVADOS EN CONDICIONES DE CIELO ABIERTO Y CASA SOMBRA
41	GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE VARIEDADES CRIOLLAS DE MAÍZ (<i>Zea mays</i> L.) BAJO DÉFICIT HÍDRICO
48	USO DEL ANCHO DE CADERA PARA ESTIMAR EL PESO VIVO EN NOVILLAS TROPICALES DE REEMPLAZO
53	LA HISTORIA DEL CULTIVO DE RAMBUTÁN (<i>Nephelium lappaceum</i> L.) EN MÉXICO
58	VARIACIÓN MORFOLÓGICA A NIVEL INTER E INFRAESPECÍFICO EN <i>Sechium</i> spp.
64	RENDIMIENTO Y ADAPTACIÓN DE LA VARIEDAD DE FRIJOL ROJO INIFAP (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) EN CHIAPAS, MEXICO
71	LA PRODUCCIÓN DE TLAOYOS COMO ALTERNATIVA DE DESARROLLO EN SAN MIGUEL TIANGUIZOLCO, PUEBLA, MÉXICO
78	PROPUESTA DE ICHNEUMÓNIDOS (HYMENOPTERA) PARA EL CONTROL BIOLÓGICO DE INSECTOS PLAGA EN MÉXICO
84	SECADOR SOLAR: UNA ALTERNATIVA DE BAJO COSTO PARA SECAR MADERA ASERRADA EN LA SIERRA JUÁREZ, OAXACA
90	DIVERSIDAD Y FUNCIONALIDAD DE HONGOS MICORRÍZICO-ARBUSCULARES EN PLANTACIONES DE <i>Carica papaya</i> L., CON DIFERENTE MANEJO AGRONÓMICO
95	ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN MUNDIAL, NACIONAL Y ESTATAL DE MAÍZ (<i>Zea mays</i> L.)
101	ANÁLISIS COMPETITIVO DE LOS CULTIVOS DE PIÑA (<i>Annanas comosus</i> L.), MAÍZ (<i>Zea mays</i> L.) Y FRIJOL (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) EN LA FRAILESCA, CHIAPAS, MÉXICO
106	CARACTERIZACIÓN DE LA GEOGRAFÍA DE LAS MUERTES POR CÁNCER EN MÉXICO
112	UN MENÚ DIVERSO Y NUTRITIVO EN LA DIETA DE PECES: "EL ALIMENTO VIVO"
117	PATRIMONIO CULTURAL DE UNA LOCALIDAD CON POTENCIAL TURÍSTICO EN EL ALTIPLANO POTOSINO

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



ÍNDICE DE REVISTAS MEXICANAS
CONACYT DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



Corrección de estilo: Hannah Infante Lagarda

Maquetación: 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.

Directorio

Said Infante Gil
Editor General del Colegio de Postgraduados

Rafael Rodríguez Montessoro[†]
Director Fundador

Jorge Cadena Iñiguez
Director de Agroproductividad

Comité Técnico-Científico

Colegio de Postgraduados—Montecillo
Ma. de Lourdes de la Isla
Dr. Ing. Agr. Catedrática Aereopollución

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

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

Colegio de Postgraduados—Córdoba
Fernando Carlos Gómez Merino
Dr. Ing. Agr. Biotecnología

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

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

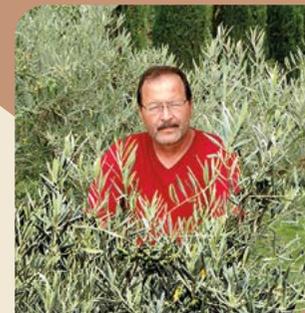
Instituto de Investigaciones Forestales,
Agrícolas y Pecuarias
Pedro Cadena I.
Dr. Ing. Agr. Transferencia de Tecnología

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



Dr. Jorge Cadena Iñiguez

Editorial

Volumen 10 • Número 9 • septiembre, 2017.

Con el tema "Integración de la Biodiversidad ante el Cambio Climático" se realiza por segunda vez en México el evento internacional que congrega al mayor número de especialistas en recursos genéticos de toda una región del planeta y que en ésta, su onceava edición bienal, visita a la hermosa ciudad de Guadalajara, enclavada en el occidente de México. Por primera vez este importante simposio pasa a ser "de América Latina y El Caribe" a "para las Américas y el Caribe", adquiriendo un ámbito continental y es por ello que a partir de esta edición, adopta el nombre del "XI Simposio Internacional de Recursos Genéticos para las Américas y el Caribe (XI SIRGEAC)", dando una calurosa bienvenida a nuestros colegas de Estados Unidos de América y Canadá. Los temas de investigación considerados son: Recolección, Evaluación, Documentación, Caracterización, Conservación, Uso sustentable de Recursos Genéticos Agrícolas, Forestales, Pecuarios, Acuáticos y Microbianos. El Colegio de Postgraduados, como parte del comité organizador realizará la publicación de los trabajos (magistral, oral y cartel) seleccionados por el comité editorial y la revisión de árbitros en la Revista  con el fin de contribuir a aumentar la visibilidad y divulgación internacional de los avances de investigación en los temas enunciados. El evento será del 15 al 18 de octubre de 2017 en la ciudad de Guadalajara, Jalisco, México.

Dr. Jorge Cadena Iñiguez
Director de 

FENOLOGÍA Y CONSTANTE TÉRMICA DE LA PITAHAYA (*Hylocereus undatus* Haw. Britt. & Rose)

PHENOLOGY AND THERMAL CONSTANT OF DRAGON FRUIT (*Hylocereus undatus* Haw. Britt. & Rose)

Martínez-Ruiz, E.R.¹; Tijerina-Chávez, L.¹; Becerril-Román, A.E.^{1*}; Rebolledo-Martínez, A.²; Velasco-Cruz, C.¹; del Ángel-Pérez, A.L.²

¹Colegio de Postgraduados, Posgrado en Recursos Genéticos y Productividad- Fruticultura. km 36.5 Carretera México-Texcoco. Montecillo, Estado de México. C.P. 56230. México. Tel. 01595 95 20200 (Autor de correspondencia). ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Cotaxtla. km 34.5 Carretera Federal Veracruz-Córdoba, Medellín de Bravo, Veracruz. C.P. 94270. México.

*Autor de correspondencia: becerril@colpos.mx

RESUMEN

La Constante Térmica (CT) son las unidades de calor acumuladas que necesita una planta para completar su ciclo, ya que la temperatura es uno de los elementos del clima más determinante en el desarrollo vegetal. Esta investigación se realizó con el fin de determinar la CT de *Hylocereus undatus*, valor desconocido para esta especie. En los ciclos 2013 y 2014 se estudió la fenología reproductiva de tres selecciones de pitahaya ('Ana', 'Juana' y 'Carlos'), establecidas en el Campo Cotaxtla del INIFAP en Medellín, Veracruz, México. Se determinaron las fechas de registro de las fases fenológicas: Brotación floral, antesis, amarre y madurez de frutos, y la duración en días de las etapas fenológicas (Brotación-Antesis, Antesis-Madurez de fruto y periodo completo). La CT se calculó en Grados-Día-Desarrollo (GDD), utilizando el método residual. El periodo reproductivo de la pitahaya inició después de registrarse los valores máximos de temperatura (<34 °C). La CT en cada etapa fenológica no varió estadísticamente entre flujos, ciclos ni entre selecciones. Para la etapa Brotación-Antesis, la CT fue de 360 GDD y para la de Antesis-Madurez de fruto la CT fue de 537 GDD; por lo tanto, para completar el período completo de Brotación-Madurez de fruto, la pitahaya ocupó 897 GDD.

Palabras clave: grados-día-desarrollo, fase fenológica, etapa fenológica.

ABSTRACT

The Thermal Constant (TC) is the units of accumulated heat that a plant needs to complete its cycle, since temperature is one of the most decisive climate elements in plant development. This research was done with the purpose of defining the TC of *Hylocereus undatus*, unknown value for this species. The reproductive phenology of three selections of dragon fruit ('Ana', 'Juana' and 'Carlos') was studied in the 2013 and 2014 cycles, established on the INIFAP Campo Cotaxtla field in Medellín, Veracruz, México. The register dates of the phenological phases were determined: flower budbreak, anthesis, fruit set, and fruit maturity, as well as the duration in days of the phenological stages (budbreak-anthesis, anthesis-fruit maturity, and complete period). The TC was calculated in degrees-day-development (DDD), using the residual method. The reproductive period of the dragon fruit began after the maximum temperature values were found (<34 °C). The TC in each phenological stage did not vary statistically among fluxes, cycles, or among selections. For the stage of budbreak-anthesis, the TC was 360 DDD, for anthesis-fruit maturity the TC was 537 DDD, therefore, to complete the budbreak-fruit maturity period, the dragon fruit took 897 DDD.

Keywords: degrees-day-development, phenological phase, phenological stage.

Agroproductividad: Vol. 10, Núm. 9, septiembre. 2017. pp: 3-8.

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



INTRODUCCIÓN

El crecimiento y desarrollo vegetal regularmente se describen en términos de días calendario; sin embargo, determinar el desarrollo en términos de tiempo térmico o tiempo fisiológico, requiere del conocimiento de la acumulación de energía calórica para la ocurrencia de las etapas fenológicas de los cultivos (Salazar *et al.*, 2013). El tiempo térmico combina el tiempo cronológico con la temperatura y se ha usado para predecir la fenología de los cultivos, expresándose históricamente a través de diferentes términos: constante térmica, unidades térmicas, unidades calor, grados día desarrollo y grados día crecimiento (Miller *et al.*, 2001). La temperatura es el elemento del clima más determinante en el desarrollo de las plantas y los grados día desarrollo (GDD) o unidades calor es el índice más utilizado para estimar las etapas de desarrollo de los vegetales (Qadir *et al.*, 2007). Nerd *et al.* (2002) establecieron que el único elemento del clima que puede afectar la producción de flores en la pitahaya (*Hylocereus undatus*) es la temperatura durante el verano, siendo mínima la producción de botones florales en sitios con temperaturas entre 34 °C a 38 °C. En cuanto al factor precipitación, de acuerdo con Nobel y De la Barrera (2002a), la pitahaya responde de forma inmediata a la incidencia de lluvias, debido a su capacidad de incrementar la absorción neta de CO₂ después de un periodo de estrés hídrico.

La pitahaya es una especie frutal con alto potencial de desarrollo y oportunidades de mercado (Ortiz *et al.*, 2012). En México se registra una superficie de 831 ha establecidas con este cultivo, principalmente en Yucatán y Quintana Roo (SIAP-SAGARPA, 2016). No obstante la importancia que representa, no hay registro en la literatura en cuanto a los efectos del tiempo térmico, en sus diferentes términos, en pitahaya. Considerando este escenario, se realizó el presente estudio para determinar la Constante Térmica requerida para la presentación de las etapas fenológicas reproductivas de la pitahaya, así como identificar la influencia de los elementos del clima sobre el desarrollo reproductivo de este frutal en la región central de Veracruz, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio experimental

El estudio se realizó en el Campo Experimental Cotaxtla del INIFAP, en Medellín, Veracruz, México (18° 56' 1.8" N, 96° 11' 35.5" O) a una altitud de 10 m. La precipitación media anual de la región es de 1350 mm; los meses más lluviosos son de junio a octubre, en los cuales se registra 80% de la precipitación del año. La temperatura media anual es de 26 °C y las temperaturas media anual máxima y mínima de 31.8 °C y 21.8 °C, respectivamente (INIFAP, 2013). Se obtuvieron los registros meteorológicos diarios de la estación agrometeorológica ubicada en el Campo Experimental Cotaxtla, correspondiente a los dos ciclos de evaluación: 1) ciclo 2013, de octubre 2012 a septiembre 2013; y, 2) Ciclo 2014, de octubre 2013-agosto 2014. Se registraron las variables del clima: temperatura ambiental (máxima, mínima y media) y precipitación. Para describir de forma aproximada la tendencia y variación de la temperatura a lo largo de los dos ciclos, se utilizaron valores ajustados de temperatura media, máxima, mínima y nocturna, todos ellos valores mensuales.

Se evaluaron las selecciones de pitahaya: 'Ana', 'Juana' y 'Carlos', recolectadas por el INIFAP en la región central de Veracruz, establecidas en el Campo Experimental Cotaxtla en 2008. Para el estudio de la fenología reproductiva se determinaron las fases fenológicas: Brotación floral, antesis, amarre y madurez de frutos (fisiológica); se registraron las fechas de cada fase y la duración en días de las etapas fenológicas de brotación-antesis (B-A) y antesis-madurez de fruto (A-M), así como del periodo reproductivo completo, que corresponde a un flujo reproductivo (brotación-madurez de fruto); se consideraron dos flujos en cada ciclo evaluado (Flujo 2 y Flujo 3).

Cálculo de los grados-día (GDD) y Análisis de datos

Para realizar el cálculo de GDD se utilizó el Método Residual mediante la siguiente ecuación (McMaster y Wilhelm, 1997):

$$GDD = \left(\frac{T_{max} - T_{min}}{2} \right) - T_{base}$$

Donde: T_{max}=temperatura máxima diaria; T_{min}=temperatura mínima diaria; y T_{base}=temperatura base o cero vital para la pitahaya (7 °C).

Se calcularon los GDD acumulados en las dos etapas fenológicas (B-A y A-M) y en el periodo completo (B-M), catalogando la información por cada flujo (Flujo 2 y Flujo 3) en cada ciclo. Para el análisis de los resultados se utilizó el paquete estadístico SAS 9.3 (Statistical Analysis System) para Windows. Se realizó un análisis de varianza para determinar significancia entre selecciones y entre flujos para las variables: Duración de las etapas fenológicas en días y

la Constante Térmica (CT) por etapa fenológica, calculada mediante la sumatoria de GDD durante la etapa en estudio. Debido a que no se encontró diferencia estadística al comparar la CT entre selecciones ni entre flujos, en este artículo se muestra la CT promedio por etapa fenológica. Se comparó también la CT resultante en los ciclos 2013 y 2014 para determinar diferencias; en específico, si la CT variaba de un ciclo a otro en cada etapa fenológica; sin embargo, la CT fue constante en ambos ciclos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el ciclo 2013 se registraron temperaturas máxima (41.6 °C) el 23 de marzo, y mínima (7.9 °C) el 4 marzo. Durante el ciclo 2014, la temperatura máxima se registró el 28 de abril (42.3 °C) y la mínima el 23 de enero (7.9 °C). En ambos ciclos las máximas no alcanzaron el intervalo de 34 °C-38 °C (Figura 1) durante la etapa reproductiva de la pitahaya, lo cual puede afectar la brotación de yemas florales, de acuerdo con lo reportado por Nerd *et al.* (2002). Con los valores ajustados de temperatura media, máxima, mínima y nocturna fue posible determinar que la etapa reproductiva de la pitahaya ocurre después de que se registran los valores máximos de temperatura en la zona de estudio (Figura 1). De acuerdo con Nobel y de la Barrera (2002b), *H. undatus* alcanza la máxima absorción total neta de CO₂ en temperaturas de 30 °C durante el día y 20 °C por la noche, debido a que la mayor absorción de CO₂ ocurre en ese momento. Por lo tanto, la pitahaya responde a temperaturas nocturnas más altas que los cactus nativos de zonas áridas y semiáridas, para los cuales la absorción neta de CO₂ ocurre entre 10 °C y 15 °C durante la noche.

Durante el ciclo 2013, las temperaturas nocturnas oscilaron entre 17 °C y 25 °C, que fue condición favorable para la asimilación de CO₂, de acuerdo con lo anteriormente descrito; no obstante, para el ciclo 2014, en el mes de enero se registraron valores de temperatura nocturna de hasta 10 °C, lo cual pudo afectar la actividad fisiológica de las plantas, ya que, por debajo de 15 °C, esta especie reduce su actividad fisiológica (Nobel, 1988). En el ciclo 2013 la precipitación acumulada fue de 1117 mm, mientras que en 2014 solo se registraron 654 mm (Figura 2). En ambos ciclos la precipitación estuvo por debajo de la media anual de la zona (1350 mm). La brotación se registró dos meses después de que las plantas recibieron humedad, ya sea proveniente de precipitación o mediante riego.

La Figura 3 describe de forma detallada las etapas fenológicas de *Hylocereus undatus* durante el periodo reproductivo. Después de la emergencia, los brotes se desarrollan rápidamente hasta llegar a la antesis, donde las flores pierden el perianto; a partir de esta fase transcurren de cinco a seis días para que se presente el amarre de fruto e inicie el desarrollo del fruto. En la Figura 4 se muestran los botones florales de las selecciones de pitahaya evaluadas en este estudio. A los cinco días de haber emergido, en este periodo se

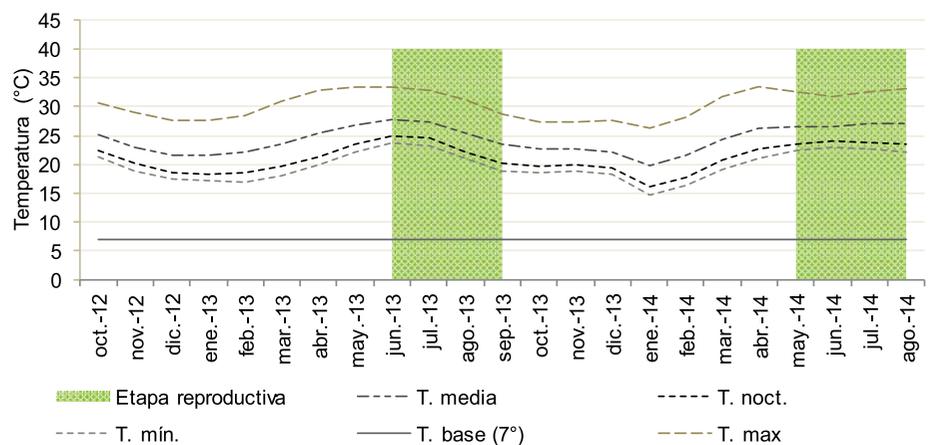


Figura 1. Temperaturas media (T. media), nocturna (T. noct.), mínima (T. mín.) y máxima (T. máx.), temperatura base (T. base=7 °C) y los periodos reproductivos de *Hylocereus undatus* (definidos por las barras verdes) en Medellín, Veracruz, México (2013 y 2014).

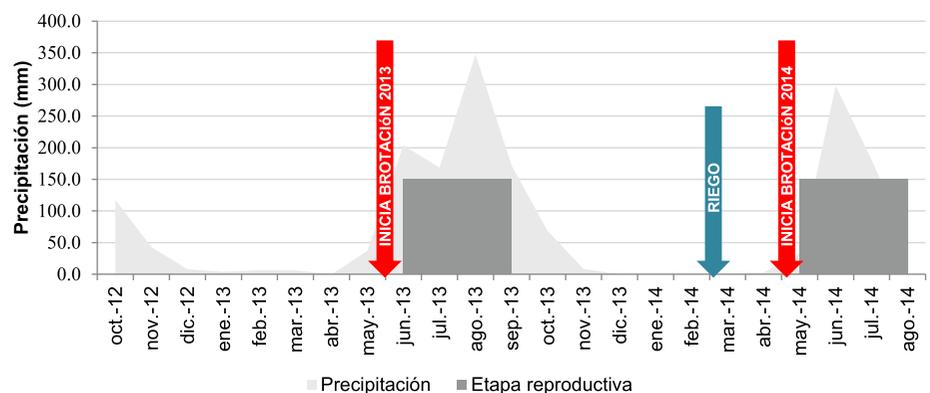


Figura 2. Precipitación registrada en Medellín, Veracruz, México (octubre 2012 - agosto 2014) y su relación con el inicio de brotación floral de *Hylocereus undatus* (barras oscuras muestran el periodo reproductivo de las plantas).

Fase I Brotación	Fase II Floración	Fase III Amarre de fruto	Fase IV Madurez de fruto
Se observa el levantamiento de una espina donde una yema que ha sido diferenciada emerge, iniciando el crecimiento de la yema floral.	Una vez que el perianto alcanza su máxima longitud (25-30 cm), la flor abre a partir de las primeras horas y permanece abierta hasta las 7 am del mismo día, aproximadamente.	El perianto cae y una vez fecundado el óvulo comienza el desarrollo del fruto.	Los frutos adquieren el color característico de la variedad observada. El cambio de color y firmeza de fruto son los indicadores para su cosecha.

Figura 3. Descripción de las fases fenológicas reproductivas de *Hylocereus undatus* observadas en Medellín, Veracruz, México (2013-2014).

incrementó exponencialmente el tamaño de los botones. En el ciclo 2013 se registraron cuatro periodos de brotación bien definidos en las tres variedades evaluadas y en el 2014 brotaron tres flujos; esto coincide con lo reportado por Castillo y Ortiz (1994), quienes identificaron tres periodos traslapados de floración y fructificación en los Valles Centrales de Oaxaca, México; no obstante, en otras regiones del país se han registrado más flujos, como en Culiacán, Sinaloa, donde Osuna *et al.* (2016) registró hasta siete flujos de brotación. En las Figuras 5a y 5b se resumen las fechas de registro de las fases fenológicas evaluadas, observándose cómo se traslapan los evaluados en este estudio. Entre el inicio de cada flujo transcurre aproximadamente un mes.

El periodo reproductivo de la pitahaya inició con la brotación del primer flujo de yemas florales el 29 de mayo del 2013. En este ciclo y flujo, todas las yemas florales brotadas, incluyendo las que llegaron a floración, presentaron abscisión. Castillo y Ortiz (1994) reportaron que en la región Valles Centrales de Oaxaca, México, aproximadamente 20% de los botones florales, abortaron después de detener su crecimiento, sobre todo, aquellos que emergieron al final, debido a que las flores no fueron polinizadas. En esta situación el pericarpio se torna amarillo y después de cuatro a seis días la flor completa cae (Le Bellec *et al.*, 2006); esta condición de polinización deficiente puede explicarse por una reacción debilitada de incompatibilidad sexual en *H. undatus* (Lichtenzweig, 2000). Para el ciclo 2014, la primera brotación se registró el 4 de mayo, lo que representó un adelanto de 25 días en relación con el ciclo 2013. Las yemas emergidas en este primer flujo también abortaron un día después de registrarse una precipitación. Esta respuesta inmediata



Figura 4. Botones florales de las selecciones de *Hylocereus undatus* evaluadas, a) 'Ana', b) 'Juana', c) 'Carlos'; siete días después de haber emergido.

de la pitahaya a la humedad se explica después de un periodo de estrés hídrico (Nobel y De la Barrera, 2002a). A nivel de selecciones se registró diferencia significativa, solamente en duración de la etapa Antesis-Madurez de fruto; no obstante, la duración del periodo completo fue estadísticamente igual entre selecciones (Cuadro 1). Osuna *et al.* (2016) reportaron para el Valle de Culiacán, Sinaloa, que *H. undatus* tarda de 14 a 18 días para completar la etapa brotación-antesis (B-A). No obstante, la etapa Antesis-Madurez de fruto (A-M) fue más prolongada, ocupando hasta 48 días (en los flujos más tardíos). En la región de Yucatán, México, transcurren 25 a 31 días

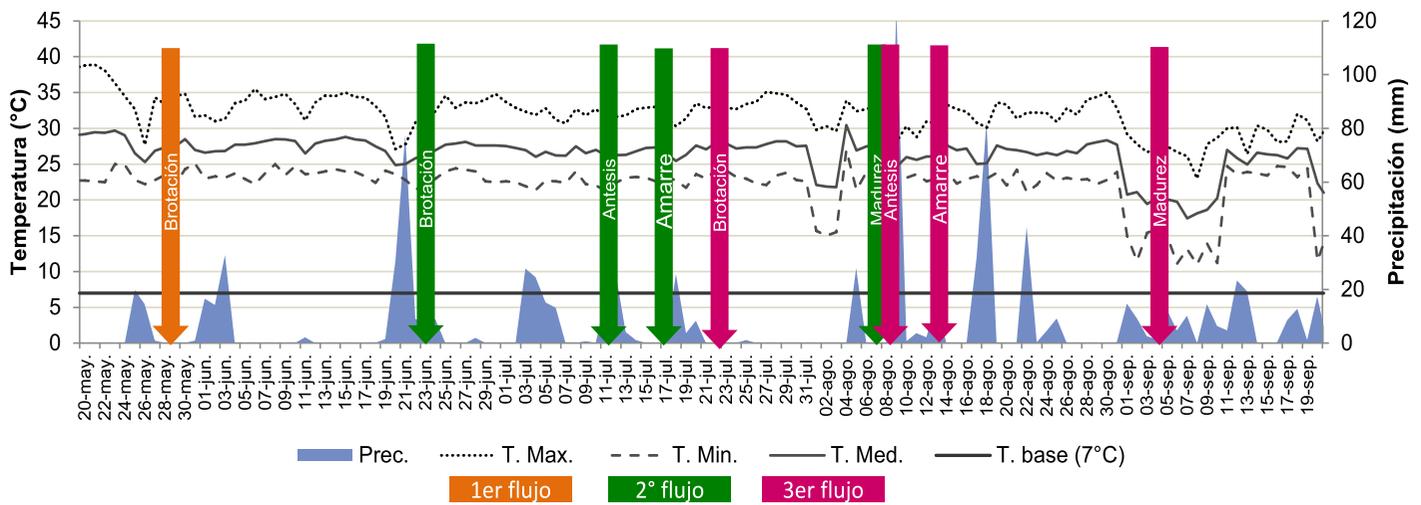


Figura 5a. Registros de temperaturas y precipitación para el ciclo de evaluación 2013 y periodo reproductivo de *Hylocereus undatus* en Medellín Veracruz, México. (Prec.=Precipitación; T. Max.=Temperatura Máxima; T. Min.=Temperatura Mínima; T. Med.=Temperatura Media; T. base=Temperatura base).

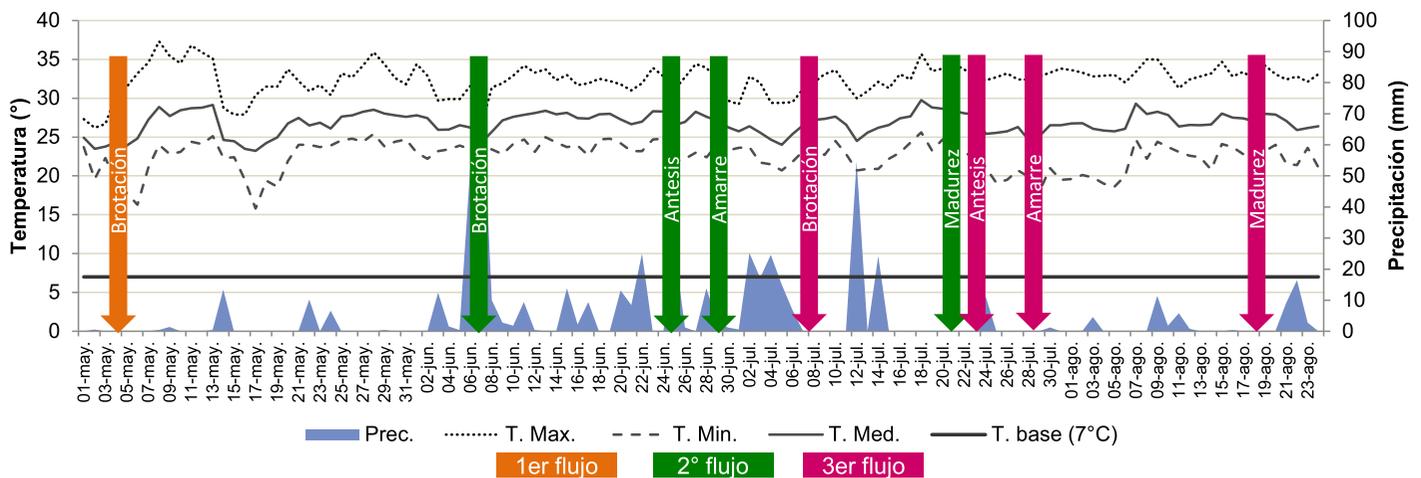


Figura 5b. Registros de temperaturas y precipitación para el ciclo de evaluación 2014 y periodo reproductivo de *Hylocereus undatus* en Medellín Veracruz, México. (Prec.=Precipitación; T. Max.=Temperatura Máxima; T. Min.=Temperatura Mínima; T. Med.=Temperatura Media; T. base=Temperatura base).

después de la antesis para llegar a cosecha (Centurión et al., 2008), prolongándose mucho más que en Veracruz.

Acumulación de calor-Grados día desarrollo

Al registrarse en la región central de Veracruz valores de temperatura diaria superiores a la temperatura base de la pitahaya (7 °C), la acumulación de GDD fue consistente a lo largo de los dos ciclos de brotación. La CT resultante en cada etapa fenológica no varió estadísticamente entre los flujos 2 y 3, ni entre los ciclos 2013 y 2014 (Cuadro 2), por lo que se puede establecer que la CT fue constante. Asimismo, no se encontraron diferencias significativas entre selecciones; por lo tanto, la CT por etapa fenológica fue estadísticamente igual entre selecciones.

Los valores de la CT resultantes deben ser los mismos en otras regiones; sin embargo, las etapas fenológicas serán cubiertas en un número de días variable, dependiendo de las condiciones meteorológicas de las otras regiones. En futuros estudios será posible determinar o pronosticar la fecha de registro de las fases fenológicas de esta especie, utilizando los valores de CT contabilizados en este estudio como un valor referencia para predicción.

CONCLUSIONES

La CT fue igual entre ciclos y selecciones. Se concluye que para la etapa B-A la CT fue de 360 GDD y para la A-M, de 537 GDD; en consecuencia, para el periodo completo (B-M) la CT total fue de 897 GDD. La

temperatura condicionó el inicio de la brotación floral de las selecciones evaluadas, ya que valores máximos de temperatura antecedieron el inicio de la brotación de los botones florales en los dos ciclos de estudio. Las temperaturas máximas registradas no sobrepasaron el intervalo de 34 °C-38 °C, por tanto, no inhibieron la brotación de yemas reproductivas en la pitahaya. La información generada en esta investigación es útil para realizar, a futuro, estudios de predicción de la ocurrencia de las fases fenológicas reproductivas de la pitahaya, considerando la CT obtenida en este estudio.

LITERATURA CITADA

- Castillo M.R., Ortiz H., Y.D. 1994. Floración y fructificación de *Hylocereus undatus* (pitahaya) en Zaachila, Oaxaca. Revista Fitotecnia Mexicana 17: 12-19.
- Centurión Y.A.R., Solís P.S., Saucedo V.C., Báez S.R., Sauri D.E. 2008. Cambios físicos, químicos y sensoriales en frutos de pitahaya (*Hylocereus undatus*) durante su desarrollo. Revista Fitotecnia Mexicana 31(1): 1-5.
- INIFAP. Red Nacional de Estaciones Agrometeorológicas Automatizadas. México. <http://clima.inifap.gob.mx/redinifap/est.aspx?est=35925>. Fecha de consulta: 10 de octubre de 2013.
- Le Bellec F., Vaillant F., Imbert E. 2006. Pitahaya (*Hylocereus* spp.): A new fruit crop, a market with a future. Fruits 61:237-250.
- Lichtenzbeig J., Abbo S., Nerd A., Tel-Zur N., Mizrahi Y. 2000. Cytology and mating systems in the climbing cacti *Hylocereus* and *Selenicereus*. American Journal of Botany 87(7): 1058-1065
- McMaster G.S., Wilhelm W.W. 1997. Growing degree-days: one equation, two interpretations. Agricultural and Forest Meteorology, 87 (4): 291-300.
- Miller P., Lanier W., Brandt S. 2001. Using Growing Degree Days to Predict Plant Stages. Montana State University. Montguide MT200103 AG 7/2001. <http://msuextension.org/publications/AgandNaturalResources/MT200103AG.pdf> Fecha de consulta: 12/13/2013.
- Nerd A., Sitrit Y., Kaushik R., Mizrahi Y. 2002. High summer temperatures inhibit flowering in vine pitaya crops (*Hylocereus* spp.). Sci. Hort. 96: 343-350.
- Nobel P.S. 1988. Environmental Biology of Agaves and Cacti. Cambridge University Press. New York, USA. 270 p.
- Nobel P.S., De La Barrera E. 2002a. Stem water relations and net CO₂ uptake for a hemiepiphytic cactus during short-term drought. Environmental and Experimental Botany 48: 129-137.
- Nobel P.S., De La Barrera E. 2002b. High temperatures and net CO₂ uptake, growth, and stem damage for the hemiepiphytic cactus *Hylocereus undatus*. Biotropica 34: 225-231.
- Ortiz H.Y.D., Livera M.M., Carrillo S.J.A., Valencia B.A.J., Castillo M.R. 2012. Agronomical, physiological and cultural contributions of pitahaya (*Hylocereus* spp.) in México. Israel Journal of Plant Sciences 60 (3): 359-370.

Cuadro 1. Duración en días de las etapas fenológicas de *Hylocereus undatus* en Medellín, Veracruz, México (2013 y 2014) (B-A: Brotación-Antesis; A-M: Antesis-Madurez de fruto; B-M: Brotación-Madurez de fruto).

Variedad/Etapa	B-A	A-M	B-M
Ana	18 a ^z	27 a	45 a
Juana	17 a	26 b	43 a
Carlos	18 a	27 a	45 a
Promedio	17	27	44
DMSH ^y	3.07	0.89	3.48
CV ^x	8.16	1.53	3.65

^z Valores con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$) ^y DMSH: Diferencia mínima significativa honesta; ^x CV: Coeficiente de variación.

Cuadro 2. Constante térmica promedio por etapa fenológica de tres selecciones de *Hylocereus undatus* en Medellín, Veracruz, México (2013 y 2014) (B-A: Brotación-Antesis; A-M: Antesis-Madurez de fruto; B-M: Brotación-Madurez de fruto).

Variedad/Etapa	B-A	A-M	B-M
Ana	363 a ^z	544 a	907 a
Juana	353 a	522 a	874 a
Carlos	364 a	546 a	910 a
Promedio	360	537	897
DMSH ^y	65.54	34.50	97.30
CV ^x	8.40	2.96	5.00

^z Valores con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$) ^y DMSH: Diferencia mínima significativa honesta; ^x CV: Coeficiente de variación.

- Osuna E.T., Valdez T.J.B., Sañudo B.J.A., Muy R.M.D., Hernández V.S., Villarreal R.M., Osuna R.J.M. 2016. Fenología reproductiva, rendimiento y calidad del fruto de pitahaya (*Hylocereus undatus* (How.) Britton and Rose) en el Valle de Culiacán, Sinaloa, México. Agrociencia 50: 61-78.
- Qadir G., Cheema M.A., Hassan F., Ashraf M., Wahid M.A. 2007. Relationship of heat units accumulation and fatty acid composition in sunflower. Pakistan Journal of Agricultural Sciences 44(1): 24-29.
- Salazar-Gutierrez M.R., Johnson J., Chavez-Cordoba B., Hoogenboom G. 2013. Relationship of base temperature to development of winter wheat. International Journal of Plant Production 7(4):741-762.
- SIAP-SAGARPA. Anuario estadístico de la producción agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). México. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/> Fecha de consulta: 11/11/2016.

RELACION ENTRE COLOR Y PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL LIMÓN PERSA (*Citrus latifolia* T.) DEL CENTRO DE VERACRUZ, MÉXICO

RELATION BETWEEN COLOR AND PHYSICAL-CHEMICAL PARAMETERS OF PERSIAN LIME (*Citrus latifolia* T.) FROM CENTRAL VERACRUZ, MEXICO

García-López, F.M.¹; Herrera-Corredor, J.A.¹; Pérez-Sato, J.A.¹; Alatríste-Pérez, I.²; Contreras-Oliva, A.^{1*}

¹Colegio de Postgraduados Campus Córdoba. Carretera Federal Córdoba-Veracruz Km. 348, Congregación Manuel León, Amatlán de los Reyes, Veracruz. C.P. 94946. México. ²Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz, Campus Cuitláhuac. Av. Universidad No. 350, Carretera Federal Cuitláhuac-La Tinaja, Congregación Dos Caminos, Cuitláhuac, Veracruz. C.P. 94910. México.

*Autor de Correspondencia: adricon@colpos.mx

RESUMEN

La calidad en las frutas es importante para decidir el grado de aceptación del consumidor y su valor económico. El color es un aspecto muy importante para determinar la calidad, ya que es la primera característica que percibe el consumidor, e influye en la decisión de aceptación. Los parámetros que se miden para determinar la calidad interna del limón persa (*Citrus latifolia* T.), se obtienen mediante métodos destructivos, generando pérdidas económicas. Se determinó la relación entre parámetros físicoquímicos que aportan información de la calidad interna del fruto, con la coloración del mismo. Las determinaciones de los parámetros físicoquímicos y de color, generaron correlaciones positivas y negativas para cada una de las calidades que se emplearon en el análisis. Empleando el método CIE se obtuvieron los valores L*, a* y b*, y con ellos se pudieron calcular el índice de color, el tono y el ángulo de color para cada calidad del limón persa, registrando diferencias significativas entre calidades. Los resultados se correlacionaron con la caracterización morfológica y físicoquímica, observando correlaciones negativas entre el tono y grados brix (°Bx), ya que al madurar los frutos pierden su tonalidad verde oscura y registran aumento en la cantidad de sólidos solubles (°Bx). El empleo de métodos de análisis de color puede ser una alternativa para determinar la calidad interna del fruto y minimiza la pérdida por el empleo de métodos destructivos.

Palabras clave: calidad, color, caracterización morfológica, parámetros físicoquímicos.

ABSTRACT

Fruit quality is important to decide the degree of acceptance by the consumer and its economic value. Color is an important aspect to determine the quality, since it is the first characteristic that the consumer perceives, and it influences the decision to approve. The parameters that are measured to determine the inner quality of the Persian lime (*Citrus latifolia* T.) are obtained through destructive methods, generating economic losses. The relation between physical-chemical parameters that provide information regarding the inner quality of the fruit and the color was



Agroproductividad: Vol. 10, Núm. 9, septiembre. 2017, pp: 9-14.

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

determined. The determinations of physical-chemical parameters and color generated positive and negative correlations for each of the qualities used in the analysis. Using the CIE method, the values of L*, a* and b* were obtained and with them the color index, tone, and color angle for each quality of the Persian lime were calculated, recording significant differences between qualities. The results were correlated with the morphological and physical-chemical characterization, observing negative correlations between the tone and Brix degrees ($^{\circ}\text{Bx}$), since the fruits lose their dark green tonality when maturing and show an increase in the amount of soluble solids ($^{\circ}\text{Bx}$). The use of color analysis methods can be an alternative to determine the inner quality of the fruit and to minimize loss from the use of destructive methods.

Keywords: quality, color, morphological characterization, physical-chemical parameters.

INTRODUCCIÓN

La calidad en cualquier producto es importante para determinar el grado de aceptación del consumidor. En las frutas, la calidad se puede definir como el conjunto de atributos o características que son importantes para el consumidor (Ladanyia, 2007), y que repercute directamente en el valor económico. Los atributos de calidad se pueden evaluar por métodos objetivos, empleando instrumentos, y métodos subjetivos, utilizando los sentidos humanos. Los cítricos (*Citrus* spp.), son un cultivo comercial de importancia internacional, teniendo una amplia variedad de especies (Moltó y Blasco, 2008). Son frutos no climatéricos y por lo tanto no maduran después de su cosecha (Matheyambath *et al.*, 2016), por lo cual la etapa de madurez es un factor crítico en la calidad de los frutos. México produce en promedio 2 millones de t año⁻¹ de limones y limas, de las cuales únicamente 29 % (625, 000 t) es destinado a su exportación (SIAP, 2015). El limón persa (*Citrus latifolia* T.) conocido en México como "limón sin semilla" y en Estados Unidos como lima de Persia o lima de Tahití, es una de las principales exportaciones de México. Esta variedad crece en las regiones tropicales y subtropicales del mundo, siendo los principales productores México, Florida, India Occidental y Egipto (Matheyambath *et al.*, 2016). En México, su cultivo se introdujo en la dé-

cada de los setentas, sin embargo, fue hasta la siguiente década que inició su cultivo a una escala comercial importante, adoptándose el cultivo en la zona costera del Golfo de México, principalmente en los estados de Veracruz, Tabasco y Yucatán. La producción anual de limón persa en México, es de 1 000 192 t, siendo Estados Unidos, el principal mercado importador cosechado en México (SIAP, 2015). Los niveles bajos en las exportaciones, se debe principalmente a que no todo el limón persa producido en México cuenta con los estándares de calidad que se persiguen en el mercado mundial, aunado a esto, la falta de estandarización y objetividad en la medición de los parámetros de calidad a provocado que los niveles de exportación se mantengan bajos. Los parámetros que se miden para determinar la calidad interna del limón persa, se obtienen mediante métodos destructivos, lo que significa una pérdida económica importante ya que no se pueden comercializar los frutos que se emplearon para dichos análisis.

Los métodos para evaluar la calidad se pueden dividir en destructivos y no destructivos, dependiendo si la fruta permanece integra durante su análisis o si es destruida (rebanada o molida). Los métodos no destructivos se pueden realizar cuando el fruto todavía no ha sido cosechado, y con esto se puede monitorear la calidad del fruto. Además, estos métodos se pueden emplear después de la cosecha para asegurar la calidad y el cumplimiento de los requerimientos de comercialización. En contraste, en los métodos destructivos se toma una muestra representativa que se pierde durante los análisis. La mayoría de los métodos para evaluar la calidad son destructivos (Ladanyia, 2007).

Los atributos de calidad también se pueden agrupar en tres categorías: físicos, químicos y fisiológicos. Los parámetros físicos que se miden en los cítricos son: firmeza; color y grosor de la cascara; tamaño, forma, peso y volumen del fruto; porcentaje de jugo, y los sólidos solubles totales. Los parámetros químicos de importancia en los cítricos son: acidez titulable total; azúcares totales; azúcares reductores y no reductores; y pH (Ladanyia, 2007). Existen normas internacionales, nacionales y regionales, que dictaminan los parámetros que se deben tomar en cuenta para determinar la calidad de las frutas. El índice de madurez (IM), es una relación entre el contenido de sólidos solubles y la acidez expresada en ácido cítrico. Los frutos con un valor de IM superior a cierto umbral (que depende de la especie y variedad) se consideran

maduros y con un sabor apto para su comercialización (Moltó y Blasco, 2008).

La madurez de los cítricos se puede definir por los parámetros fisicoquímicos como el contenido de sólidos solubles totales (SST, contenido de azúcares), proporción de azúcar-ácido y color (Moltó y Blasco, 2008). La acidez titulable es otro parámetro fisicoquímico que disminuye al avanzar la madurez como resultado de la descomposición del ácido cítrico. El contenido de sólidos solubles aumenta debido al incremento de azúcar en el jugo (El-Otmani y Ait-Oubahou, 2011), siendo los principales la sacarosa, la glucosa y fructuosa. Los sólidos solubles totales conforman del 10-20% del peso del fruto fresco, y son principalmente carbohidratos, y en pequeñas cantidades, ácidos orgánicos, proteínas, lípidos y minerales (Matheyambath *et al.*, 2016). El contenido de jugo en los cítricos oscila entre 45% y 60% de su peso, y depende de factores, tales como la variedad y el clima donde son cultivados. En algunos países, el contenido mínimo de jugo en limones, para poder ser comercializados debe ser de 25% y 30% (El-Otmani y Ait-Oubahou, 2011).

El tamaño de los cítricos está determinado por el diámetro máximo de la sección ecuatorial (Moltó y Blasco, 2008). Los frutos de limón persa son grandes, de 80 a 100 g, y de forma oblonga. La corteza del fruto es de color amarillo verdoso a amarillo en la madurez, y la parte carnosa es tierna y jugosa. La parte carnosa de los frutos se divide en 8-12 segmentos llamados gajos, que forman el núcleo del fruto, y que contienen el jugo y las semillas (Matheyambath *et al.*, 2016).

Los parámetros analizados de manera visual para la clasificación en calidades del fruto, y que pueden afectar la apariencia de los frutos son: color, textura, tamaño, manchas, magulladuras, lesiones, quemaduras, arrugas, fisuras y protuberancias, de la cascara. Mientras que la calidad interna se determina por: sabor, aroma, color del jugo y pulpa, y apariencia; estos atributos de calidad están influenciados por la composición química. Uno de los métodos empleados para desechar frutos que no cuentan con una calidad interna para comercializarse, es la flotación del fruto. Los frutos que satisfacen las normas internas mínimas y las características de tamaño se separan en grados o categorías, definidas de acuerdo a la apariencia externa y a la intensidad de las manchas, que varían entre los países productores e incluso entre las regiones de los mismos, según las características definidas para el lugar en cuestión (El-Otmani y Ait-Oubahou, 2011).

El color de la pulpa depende de la presencia, ausencia o abundancia de carotenoides y antocianinas, y puede ser pálida, amarilla, naranja o roja (Matheyambath *et al.*, 2016). Los estándares de calidad en los cítricos que se destinan a su consumo en fresco, se basan principalmente en la ausencia de magulladuras y pudriciones, así como en la forma correcta del fruto, color y tamaño.



Alrededor del 75% del total de la producción de cítricos a nivel mundial es destinado para su consumo en fresco. Por lo cual, mantener una buena apariencia externa, sin lesiones o defectos visibles, y preservar la calidad organoléptica y nutricional, es primordial para proporcionar cítricos de alta calidad a los mercados nacionales y extranjeros (El-Otmani y Ait-Oubahou, 2011).

Los parámetros para determinar la calidad interna del limón persa, en su mayoría obtenidos por métodos destructivos, muestran una correlación, positiva o negativa, con parámetros obtenidos por métodos no destructivos, tales como los morfológicos. Con base en lo anterior, se evaluaron los parámetros fisicoquímicos que determinan la calidad del fruto de limón persa relacionándolas con su apariencia externa.

MATERIALES Y MÉTODOS

El material vegetal fue limón persa (*Citrus latifolia* T.) recolectados en Cuitláhuac, Veracruz, México. Los frutos se cosecharon y clasificaron en tres calidades distintas, de acuerdo a los parámetros locales de la región, que incluye aspectos de color de la cáscara, integridad y tamaño del fruto. Se tomaron muestras aleatorias de 30 frutos por calidad. Veinticuatro horas después de la cosecha se realizó la determinación de color, utilizando un colorímetro Konica & Minolta (modelo CR-400, Japón), empleando el método CIE, con el que se obtienen los valores de L^* (luminosidad, $L^*=0$ [negro] y $L^*=100$ [blanco]), a^* ($-a^*$ =verde y $+a^*$ =rojo), y b^* ($-b^*$ =azul y $+b^*$ =amarillo). Las lecturas del color se realizaron por triplicado alrededor de la región ecuatorial para cada uno de los 30 frutos de las tres calidades, para obtener un promedio.

Los Sólidos Solubles Totales se determinaron por el método AOAC 932.12 (AOAC, 1990) utilizando un refractómetro portátil (modelo HI 96801, 0 a 85% Brix). El pH se determinó por el método AOAC 981.12 (AOAC, 1990) y midió utilizando un potenciómetro de mesa Oakton (Modelo ECO testr pH2, USA), calibrado con solución buffer a dos puntos (7 y 4). La Acidez Titulable se determinó por el método AOAC 942.15 (AOAC, 1990) titulando 5 mL de jugo con 0.1 N NaOH (Marca Hycel grado analítico, México) hasta el cambio de coloración, empleando fenolftaleína al 1% (Marca Hycel grado analítico, México) como indicador, el resultado se expresó en % de acidez en equivalentes de ácido cítrico. Los Azúcares Reductores Totales se determinaron por el método AOAC 977.20 (AOAC, 1990) utilizando el reactivo de Fehling (Marca Hycel grado analítico, México) y una alícuota de 5 mL de jugo para cada una de las calidades por triplicado. Los datos obtenidos se analizaron con el programa estadístico R (ver.3.1.2), determinando diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre las medias de cada parámetro, considerando como factor los tipos de calidad. Se emplearon herramientas gráficas (biplot y diagrama de elipses) de dicho programa, para analizar las relaciones entre los promedios de los parámetros propuestos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos obtenidos de la determinación de color presentaron diferencia significativa en los parámetros de luminosidad (L^*), en las coordenadas a^* y b^* , Índice de Color (CI), Croma (Cr^*) y Tono (Hue*), entre las tres calidades (Cuadro 1), demostrado por el cambio marcado

en la coloración del fruto, que va del tono verde oscuro al verde amarillento en la etapa de mayor maduración. Los valores de L^* , a^* y b^* mostraron un comportamiento similar al reportado por Castro *et al.* (2013) en guayaba pera (*Psidium* sp.) en diferentes estados de madurez, a pesar de haber empleado imágenes digitales para obtener los datos en el modelo RGB y transformándolos al espacio de color CIE. Los valores de luminosidad aumentaron de la Calidad Extra a la Calidad B lo cual explica la tendencia a colores más claros, en este caso el amarillo. La coordenada a^* evoluciona de valores negativos altos a valores cercanos al cero al disminuir la Calidad (disminuye el tono de verde oscuro), mientras que la coordenada b^* aumenta hacia el color amarillo. Los valores de CI son similares, en el limón persa, a los obtenidos por Villalba *et al.* (2014) en variedades de mandarinas (*Citrus x tangerina*) aumentan conforme avanza la madurez, obteniendo valores negativos altos que equivalen al color verde oscuro en las etapas de desarrollo en las mandarinas, observando lo mismo en la Calidad Extra y Calidad A del limón persa, aumentando a valores negativos bajos en la calidad B o en etapas de mayor maduración. La cromaticidad va en aumento al disminuir la calidad, y en contraste el Tono disminuye del verde oscuro en la Calidad Extra a un amarillo verdoso en la Calidad B. Así mismo, se obtuvieron datos con diferencias significativas entre las tres calidades empleadas en esta investigación para los parámetros fisicoquímicos de pH, °Brix, Acidez Titulable y Azúcares Reductores Totales (Cuadro 2), coincidiendo con lo reportado por Villalba *et al.* (2014) en donde obtuvo diferencias significativas

Cuadro 1. Parámetros de color del limón persa de 3 calidades.

Calidad	L^*	a^*	b^*	Índice de Color (CI)*	Croma (Cr^*)	Tono (Hue*)
Extra	42.24±2.54 c	-14.28±1.19 c	23.80±3.27 a	-14.67±2.43c	27.78±5.34c	121.36±4.67a
A	56.52±1.22 b	-15.96±0.36 b	37.91±0.85 b	-8.04±1.29b	41.26±3.60b	113.26±4.83b
B	73.90±1.81 a	-6.48±2.52a	48.66±1.31 c	-1.90±2.71a	49.26±5.62a	97.70±2.20c

*Valores medios ± desviación estándar (n=30). Valores con misma letra no difieren significativamente ($p \leq 0.05$).

Cuadro 2. Parámetros fisicoquímicos del jugo de limón persa de 3 calidades.

Calidad	pH*	°Bx*	% Azúcares Reductores**	% Acidez Titulable**
Extra	2.30±0.07 ^a	7.46±0.43 ^c	5.39±0.07 ^c	6.75±0.03 ^b
A	2.27±0.05 ^c	7.75±1.21 ^b	7.07±0.16 ^b	6.92±0.01 ^a
B	2.29±0.04 ^b	9.54±0.78 ^a	8.92±0.06 ^a	6.23±0.03 ^c

*Valores medios ± desviación estándar (n=30). **Valores correspondientes al promedio ± desviación estándar del tratamiento por triplicado del jugo en cada calidad. Valores con misma letra no difieren significativamente ($p \leq 0.05$).

entre todos los parámetros fisicoquímicos medidos, de las variedades de mandarinas en sus distintas etapas de madurez.

Al igual que lo reportado por Torres *et al.* (2013) en frutos de plátano (*Musa sp.*), se encontró que, al disminuir el pH, el % de Acidez Titulable aumentaba, lo que se relacionó con la degradación de carbohidratos más complejos en azúcares reductores. Es por esto que el % de Azúcares Reductores aumenta de la calidad Extra, que se encuentra en un estado de madurez menos avanzado, hacia la calidad B (etapa de mayor madurez), como también se observa en otros cítricos como la mandarina (Villalba *et al.*, 2014). Lo anterior concuerda con lo explicado por Torres *et al.* (2013) sobre la hidrólisis de diversos polisacáridos estructurales, tales como las pectinas de las paredes celulares, en componentes más básicos de monómeros. Hardy y Sanderson (2010) atribuyen el aumento en el contenido de los Sólidos Solubles a la acumulación de la sacarosa al avanzar la madurez, lo cual también se puede observar en las diferentes calidades que coinciden con los niveles de maduración del limón persa.

El aumento de Azúcares (Sólidos Solubles) coincide con el cambio de coloración al tono amarillento en el limón (aumento del Índice de Color), así mismo la acidez y el pH disminuyen, corroborando con ello que se están llevando a cabo una serie de reacciones bioquímicas al interior del fruto, como lo describe Quintero *et al.* (2013).

En la Figura 1 se observa una correlación negativa en el Tono (Hue*) con los parámetros de Índice de Color, Cromo (Cr*) y °Brix, este último se correlaciono positivamente con el Índice de Color y el Cromo (Cr*), así como con los parámetros morfológicos de peso del fruto y porcentaje de jugo; marcando una clara relación entre el color del fruto y la composición interna. Cuando el color de la cáscara del fruto tiende a verde oscuro, la cantidad de °Brix es menor, esto quiere decir que cuando el Tono (Hue*) disminuye, la cantidad de °Brix aumenta y viceversa, lo que significa que las muestras con coloración más clara tendrán una mayor cantidad de azúcares reductores.

Torres *et al.* (2013) reportan que el parámetro de Tono (Hue*) se correlaciono con el pH en todas las variedades de frutas tropicales analizadas y solo dos variedades de mango (*Mangifera indica*) presentaron correlación entre el Cromo (Cr*) y el pH, no así en esta investigación donde se observó que no existe correlación entre el Tono (Hue*), Cromo (Cr*) con el pH medido en limón persa, sin embargo, se registró correlación significativa entre color y °Brix. La diferencia entre los resultados registrados en diferentes variedades de frutas tropicales, y los obtenidos en la presente investigación, se podrían atribuir al tipo de fruta, y al método utilizado para la obtención de los parámetros de color, ya que en otras investigaciones se ha empleado un método de captura de imágenes analizándolas mediante un software para la obtención de los valores L*, a* y b*. Se tomaron como

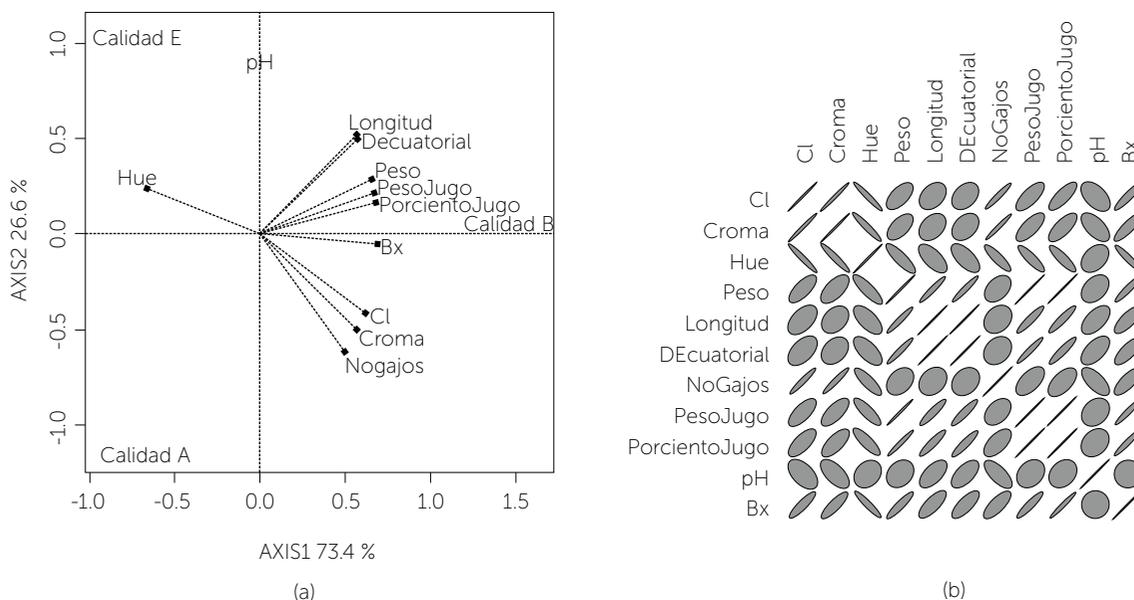


Figura 1. Biplot (a) y Diagrama de elipses (b) que muestran las correlaciones entre los atributos de limón persa de 3 calidades

referencia investigaciones realizadas en otras frutas ya que no se encontró investigación similar en limones o limas.

CONCLUSIONES

LOS parámetros fisicoquímicos y los morfológicos, nos proporcionan datos acerca de la calidad interna y externa en el limón persa, además correlacionándolos entre sí, son útiles a la hora de escoger el tipo de método para el análisis de la calidad de los frutos, pudiendo optar por métodos no destructivos, que permitan su uso posterior y así minimizar la pérdida económica. Los análisis realizados en esta investigación mostraron correlación entre los °Brix y los atributos de color, siendo útiles para determinar la calidad de los frutos.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca de manutención otorgada a FMGL. También agradecen el apoyo de la LGAC-2: Innovación y Desarrollo de Procesos Agroalimentarios para el Bienestar Social, del programa de Innovación Agroalimentaria Sustentable del Colegio de Postgraduados Campus Córdoba, y al Departamento de Procesos Alimentarios de la Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz Campus Cuitláhuac (UTCV).

LITERATURA CITADA

- A.O.A.C. Official Method of Analysis. Association of Official Analytical Chemistry. 1990. 16th ed, Whashington, USA.
- Castro-Camacho J.K., Cerquera-Peña N.E., Gutiérrez-Guzmán N. 2013. Determinación del Color del Exocarpio como Indicador de Desarrollo Fisiológico y Madurez en la Guayaba Pera (*Psidium guajava* cv.) Utilizando Técnicas de Procesamiento Digital de Imágenes. Revista EIA 10(19): 79-89.
- El-Otmani M., Ait-Oubahou A. 2011. *Citrus* spp.: Orange, Mandarin, Tangerine, Clementine, Grapefruit, Pomelo, Lemon and Lime. In: Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits. Woodhead Publishing Limited (ed). Morocco. Agricultural and Veterinary Institute Hassan II. pp: 437-516e.
- Hardy S., Sanderson G. 2010. Citrus maturity testing. Prime Fact 980: 1-6.
- Matheyambath A.C., Padmanabhan P. y Paliyath G. 2016. Citrus fruits. In: Encyclopedia of Food and Health. University of Guelph. Guelph, Canada. pp. 136-140.
- Ladanya M. 2007. Fruit Quality Control, Evaluation, and Analysis. In: Citrus Fruit: Biology, Technology and Evaluation. Academic Press (ed). pp. 475-483.
- Moltó E., Blasco J. 2008. Quality Evaluation of citrus fruits. In: Computer vision technology for food quality evaluation. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias. Moncada, Spain. Elsevier Inc (ed). pp. 243-264.
- Quintero V., Giraldo G., Lucas J., Vasco J. 2013. Caracterización Físicoquímica del Mango Comun (*Mangifera indica* L.) Durante su Proceso de Maduración. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial 11(1): 10-18.
- Torres R., Montes E., Pérez O., Andrade R. 2013. Relación del Color y del Estado de Madurez con las Propiedades Físicoquímicas de Frutas Tropicales. Información Tecnológica 24(3): 51-56.
- Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2015. Producción Agrícola. En línea: www.siap.sagarpa.gob.mx. Consultado el 15 de febrero de 2015.



INCREMENTO DE CALIDAD Y MENOR COSTO DE PRODUCCIÓN DE BRÓCOLI (*Brassica oleracea* L.) MEDIANTE NUTRICIÓN BALANCEADA VÍA FERTIRRIEGO

INCREASE IN QUALITY AND LOWER PRODUCTION COST OF BROCCOLI (*Brassica oleracea* L.) THROUGH BALANCED NUTRITION VIA FERTIRRIGATION

Vivanco-Estrada, R.A.¹; Gavi-Reyes, F.^{2*}; Razo-Contreras, D.³; Sánchez-Rodríguez, E.¹; Coria-Téllez, A.¹

¹El Colegio de Michoacán, A.C., Cerro de Nahuatzen 85, Fraccionamiento Jardines del Cerro Grande, C.P. 59370, La Piedad, Michoacán. ²Postgrado de Hidrociencias, Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados. Km. 36.5 carretera México-Texcoco, Texcoco, Estado de México, C.P. 56230. ³Universidad Politécnica de Pénjamo. Carretera Irapuato-La Piedad Km 44 Predio "El Derramadero", Pénjamo, Guanajuato, México.

*Autor de correspondencia: gavi@colpos.mx

RESUMEN

El brócoli (*Brassica oleracea* L.) es una hortaliza de importancia económica y nutricional debido a sus propiedades alimenticias y medicinales. El tamaño del florete es su principal carácter comercial. Diversos estudios han demostrado que la aportación de fertilizantes a través del riego, mejora la producción y eficiencia de la planta. Con base en lo anterior, el objetivo fue determinar el rendimiento y calidad del florete, la eficiencia de uso de nitrógeno y costo de producción de un cultivo de brócoli, obtenido bajo un programa de nutrición vegetal especializada usando como testigo el programa tradicional de fertilización que acostumbra el productor, en un lote comercial con riego por goteo en el Estado de Querétaro, México. El primer tratamiento consistió en aplicaciones de una mezcla física comercial con análisis 21-17-3 (N, P₂O₅, K₂O) y fertilizantes solubles de acuerdo a la demanda nutrimental de la planta identificada mediante análisis foliar, mientras que el segundo tratamiento se fertilizó semanalmente con un producto comercial conocido como N-22 (22% de N) a base de nitrato y amonio, NPK y Ca(NO₃)₂. Los resultados indicaron mayor producción de brócoli de clase I con el tratamiento de nutrición vegetal especializada (49.7%) respecto al manejo tradicional del productor (26.8%). Para la producción clase II, el tratamiento nuevo obtuvo 50.2% comparado con 73.1% del tradicional. La calidad, rendimiento y eficiencia nutrimental del brócoli se incrementó con el programa de nutrición vegetal especializado, que también resultó más barato, en relación con el manejo tradicional de fertilización del productor.

Palabras claves: hortaliza, nutrición vegetal especializada, fertilización.

ABSTRACT

Broccoli (*Brassica oleracea* L.) is a vegetable of economic and nutritional importance due to its dietary and medicinal properties. The size of the floret is its main commercial character. Various studies have shown that the contribution of fertilizers through irrigation improves the plant's production and efficiency. Based on this, the evolution of vegetative growth, quality, and production cost of a broccoli crop fertilized with 21N-17P-3K and fertirrigated with soluble fertilizers in balanced



Agroproductividad: Vol. 10, Núm. 9, septiembre. 2017, pp: 15-19.

Recibido: noviembre, 2016. **Aceptado:** julio, 2017.

form was analyzed, in a commercial plot in the state of Querétaro, México. The experimental design consisted of one control and one treatment with balanced nutrition. The first had weekly applications of N-22, NPK and $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, while the experimental one received 21-17-3 and soluble fertilizers according to the stage and nutritional demand of the plant identified through foliar analysis. The results obtained indicate that there was higher broccoli production of class I with the treatment proposed (49.7 %) versus 26.8 % for the control. For production class II, the treatment proposed obtained 50.2 % compared to 73.1 % of the control. The cost for fertilizers for the balanced nutrition treatment was 7.1 % less expensive than the control. With the results obtained it is suggested that the quality and production of a broccoli crop can be increased by using soluble fertilizers following a program of specialized balanced plant nutrition.

Keywords: vegetable, specialized plant nutrition, fertilization.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la finca "San Clemente" (20° 30.185' N - 100° 4.366' O) en el Estado de Querétaro, México. Las plantas de brócoli (*Brassica oleracea* L.), se obtuvieron en semillero y trasplantaron el 26 de Marzo de 2013, a una densidad de 7.2 plantas m^{-2} (líneas pareadas, 0.4 m entre las filas de cada línea y 0.3 m entre las plantas de cada fila). La superficie total de cultivo con el tratamiento NVE fue de 0.25 ha^{-2} , dentro de la cual se establecieron catorce surcos de 0.75 m de separación entre ellos y 100 m de longitud. El área experimental se ubicó en la parte central de una tabla de 7 ha, la cual sería el testigo absoluto a comparar, es decir el tratamiento MFP.

La fertilización de base se realizó cuatro días antes de la siembra, en el tratamiento NVE con 312 kg ha^{-1} de una mezcla física comercial de análisis 21-17-3, y en el tratamiento MFP con 400 kg ha^{-1} de la mezcla física (17-23-12) a base de Sulfato de Amonio (20-00-00), Fosfonitrato (33-03-00), Cloruro de Potasio (00-00-50) y Fosfato Diamónico (18-46-00).

La fertilización durante el crecimiento y desarrollo se llevó a cabo como se describe a continuación. En el tratamiento NVE la nutrición vía fertirrigación se hizo manteniendo en el agua de riego concentraciones conforme la demanda y etapa fenológica del brócoli identificada mediante análisis foliar, usando productos solubles de especialidad (conocidos como Ultrasol™) como se indica en el Cuadro 1. En el tratamiento testigo MFP la fertilización vía fertirriego, se realizó semanalmente desde los 14 días después del trasplante hasta siete días antes

INTRODUCCION

El brócoli (*Brassica oleracea* L.) es una hortaliza de importancia económica a nivel mundial debido a sus valores alimenticios y medicinales. Tanto las hojas como la inflorescencia (florete) tienen alto valor nutricional por sus contenidos de proteínas, carbohidratos, fibra, calcio y hierro, entre otros (Yanaguchi, 1983). El tamaño del florete es el principal carácter comercial en el brócoli (Wescott y Callan, 1990), por lo que las evaluaciones de rendimiento y calidad de florete son esenciales para elegir cultivares que cumplan con los estándares del mercado (Sterrett *et al.*, 1990). Diversos estudios han demostrado que la aportación de fertilizantes a través del riego localizado de alta frecuencia mejora la producción y la eficiencia del uso de los nutrientes por la planta de brócoli (Letey *et al.*, 1983; Beverly *et al.*, 1986; Hipp, 1973). Las ventajas de la fertirrigación se basan en la posibilidad de aplicar los nutrientes directamente a la zona radicular, permitiendo controlar la concentración en la solución del suelo y la dosificación según demanda y etapa fenológica de la planta. La mayoría de los estudios sobre la fertilización del brócoli se han centrado en el suministro de N para obtener el rendimiento máximo, el cual se han logrado en un amplio rango de dosis, desde 540 (Magnifico *et al.*, 1979) y 400 kg N ha^{-1} (Greenwood *et al.*, 1990) hasta 250, 270 y 224 kg N ha^{-1} reportados por Kowalenko y Hall (1987), Letey *et al.* (1983) y Hipp (1973), respectivamente. A pesar de los trabajos realizados, la información sobre la absorción y acumulación de nutrientes en las diferentes etapas del crecimiento del brócoli es escasa para las condiciones de producción de Querétaro, México; los datos disponibles se refieren a valores totales de extracciones principalmente de N, P y K (Magnifico *et al.*, 1979; Letey *et al.*, 1983; Hipp, 1973) y en menor grado de Ca y Mg. El objetivo del presente trabajo fue determinar la calidad y rendimiento de florete, eficiencia de uso de nitrógeno y costo de producción de un cultivo de brócoli, bajo dos manejos de nutrición, abonado de base con el producto 21-17-3 (N, P_2O_5 , K_2O) y aplicación de fertilizantes de especialidad mediante fertirriego como programa de nutrición vegetal especializada (NVE) y el manejo de fertilización del productor (MFP) en Querétaro.

Cuadro 1. Programa de nutrición vegetal especializada vía fertirriego a base de fertilizantes de especialidad.

Etapa Fenológica	Sem.*	Días**	Fertilizante	Aplic. ^a	Fertilizante (kg)	Aporte de Nutrientes					
						N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	CaO	SO ₄
Establecimiento	2	14	crecimiento (25-10-10)	3	25	19	8	8			
	Unidades×Etapa					19	8	8			
Desarrollo vegetativo	5	49	crecimiento (25-10-10) mezclado con	16	22	88	35	35			
			Sulfato de magnesio (16MgO+31.7 SO ₄)		8				20	41	
			Nitrato de calcio (15.5-0-26.5)		4	10			17		
	Unidades×Etapa					98	35	35	20	17	41
Producción	4	77	desarrollo (18-6-18) mezclado con	16	25	72	24	72			
			Nitrato de calcio (15.5-0-26.5)		4	10			17		
	Unidades×Etapa					82	24	72		17	
Total						199	67	115	20	34	41

*Semanas de desarrollo. ** Días de desarrollo acumulado. ^aNúmero de aplicaciones durante el periodo.

de la fecha de corte, empleando el producto comercial N-22, complejos NPK y Nitrato de Calcio.

La cosecha de frutos comerciales se efectuó en tres cortes, conforme el procedimiento establecido por el productor el cual consistió en recolección, selección y empaque *in situ*. Para ello se empleó un grupo de corte de nueve personas (para cubrir siete surcos por vuelta) y otro grupo de 10 personas para selección y empaque. La clasificación de calidad se hizo conforme los estándares establecidos para el mercado de exportación en fresco (Primera o Clase I: 6"×6" con 24 piezas×caja; Segunda o Clase II: 5"×5" con 28 piezas por caja; Recorte: menor a 5"). En cada corte se determinó el número y peso de cajas por Clase (considerando lotes de cinco cajas). En el segundo corte se tomaron muestras de planta completas para la evaluación del status nutrimental, acumulación de N y características físicas de la planta (raíz y tallo).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción y calidad de floretes

La cosecha inició a los 84 días después del trasplante, tiempo en el que se recolectaron los floretes comerciales en las tres categorías de clasificación (primeras, segundas y recorte).

La cosecha de cajas de clase primera fue más alta con el programa de NVE (49.7 %) que con el MFP (26.8 %). De manera inversa, con el MFP se obtuvo una mayor cantidad de cajas de segunda, 22.9% más de lo obtenido con

NVE. Esta misma tendencia se observó en el recorte. En el Cuadro 2 se presentan el número de cajas conforme el tamaño de clasificación de las inflorescencias y el peso medio de las mismas para cada corte.

El peso de florete se incrementó de 487 a 508 y de 403 a 410 g pieza⁻¹ con el NVE respecto al MFP, respectivamente.

Aporte nutrimental de los tratamientos

En el periodo de cultivo, para el tratamiento de NVE la fertilización total fue equivalente a 266, 121, 124 y 34 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅, K₂O y Ca, respectivamente. La diferencia entre este tratamiento y el tradicional del agricultor (MFP), además de las fuentes de nutrimentos, fue la disminución en las unidades aportadas de N y K (en 54 y 82 kg ha⁻¹) e incremento en las aportaciones de P y Ca (en 28 y 13 kg ha⁻¹). Tradicionalmente se ha visto al brócoli como un cultivo altamente demandante de N y se ha tratado de relacionar su potencial productivo con altas dosis de éste; sin embargo, existen registros que generan amplios rangos de dosificación, como por ejemplo: Magnifico *et al.* (1979) señala 540 kg N ha⁻¹ como adecuados, que contrasta con lo anotado por Kowalenko y Hall (1987), Letey *et al.* (1983) y Hipp (1974), quienes aplicaron 250 y 270 y 224 kg N ha⁻¹, respectivamente, para una producción eficiente de brócoli. Lo anterior produce un rango de 316 kg de N en la fertilización, lo cual sugiere un amplio reto para recomendar la mejor dosis y eficiencia del uso de nitrógeno, considerando los sitios y variedades de brócoli.

Cuadro 2. Producción de floretes obtenida con el Manejo de Fertilización del Productor (MFP) y el programa de Nutrición Vegetal Especializada (NVE).

Tratamiento	Corte	Primera		Segunda		Recorte
		Núm. cajas	Peso promedio de caja (kg)	Núm. cajas	Peso promedio de caja (kg)	Núm. cajas
MFP	1	10	10.9 b	66	10.9 a	30
	2	20	12.2 a	26	11.5 a	5
	3	7	12.2 a	9	11.5 a	6
		37	11.7	101	11.3	41 a
		26.8% b		73.1% a		
NVE	1	47	12.2 a	53	11.6 a	23
	2	31	12.3 a	22	11.5 a	3
	3	9	12.3 a	13	11.5 a	8
		87	12.2	88	11.5	34 b
		49.7% a		50.2% b		

Valores con la misma letra en la columna, no presentan diferencia significativa (Tukey<0,05).

Características físicas de la planta y calidad del producto

De manera general el aspecto del brócoli fue similar en ambos tratamientos (NVE y MFP); sin embargo, con el NVE se registró mayor grosor de tallo respecto al testigo y no hubo separaciones entre brazos (florete más compacto) que puede ser más una cualidad fenotípica de la variedad que resultado del manejo. La Figura 1 presenta la apariencia del cultivo de brócoli, bajo el manejo de NVE.

Tradicionalmente se tiene el temor a la aplicación de K en los brócolis, ya que reduce el tiempo de las etapas fenológicas y con ello se adelanta la aparición de la floración; en este estudio se aportaron cantidades relativamente altas de dicho nutrimento y no se presentó la situación mencionada.

El principal defecto encontrado fue tallo hueco en ambos tratamientos estudiados, aunque con el programa de NVE el porcentaje de inflorescencias con daño fue menor al observado con el MFP (20%). Dicho

defecto es común en la variedad usada; también se puede atribuir a

la fecha de plantación, la cual no fue la óptima para el brócoli.



Figura 1. Desarrollo vegetativo del Brócoli (*Brassica oleracea* L.) cultivado con el programa de nutrición vegetal especializada.

En cuanto a la acumulación de nitrógeno en la planta, se registró mayor valor con el tratamiento NVE, asimismo se observó que con este tratamiento la eficiencia de uso de nutrimentos fue significativamente mayor ($\alpha=0.05$) respecto al tratamiento MFP.

Costos de la fertilización

En la fertilización de base, el costo promedio por ha para el tratamiento NVE que llevó 312 kg ha⁻¹ de la mezcla con análisis 21-17-3, fue de \$ 2558.40, \$ 82.00 menos respecto al tratamiento MFP que llevó 400 kg ha⁻¹ de mezcla 17-23-12. Es importante indicar que el desarrollo de la planta en su etapa inicial fue similar en ambos tratamientos bajo estudio.

Para la aplicación del fertilizante mediante riego localizado no se contó con el precio real de N-22, por lo que el costeo se hizo con base en un precio similar al de un Fosfonitrato. El tratamiento MFP que en total representó aplicar 252, 0, 158 y 21 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅, K₂O y Ca, respectivamente tuvo un costo de \$ 12,218.00, el cual resultó superior en \$ 862.00 respecto del tratamiento NVE. En resumen, el tratamiento NVE fue \$ 944.00 más barato que el tratamiento MFP.

CONCLUSIONES

La calidad, la producción y la eficiencia de uso de nitrógeno del brócoli se incrementaron con el programa de nutrición vegetal especializado (NVE), con base en fertilizantes solubles de alta calidad, y un ahorro de 7.1% en el costo de la fertilización respecto al manejo de fertilización tradicional (MFP).

LITERATURA CITADA

- Beverly, R.B., W.M. Jarrell, and J. Letey. 1986. A nitrogen and water response surface for sprinkler-irrigated broccoli. *Agron. J.* 78:91-94.
- Greenwood, D.J. 1990. Production or productivity, the nitrate problem?. *Ann Appl Biol* 117: 209-231.
- Hipp, B.W. 1973. Influence of nitrogen and maturity rate on hollow stem in broccoli. *HortScience* 9: 68-69.
- Kowlenko, C.G., and J.W. Hall. 1987. Effect of nitrogen application on direct seeded broccoli from a single harvest adjusted for maturity. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 112: 9-13.
- Letey J., W.M. Jarrell, N. Valoras, and R.B. Beverly. 1983. Fertilizer application and irrigation management of broccoli production and fertilizer use efficiency. *Agron. J.* 75: 502-507.
- Magnifico, V., V. Lattanzio, and G. Sarli. 1979. Growth and nutrient removal by broccoli. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 104:201-203.
- Sterrett, S.B., J.W. Mapp, and C.W. Coale. 1990. Feasibility of broccoli as a new enterprise. A systems approach. *HortScience* 25:638-641.
- Westcott, M.P., and N.W. Callan. 1990. Modeling plant population and rectangularity effects on broccoli head weights and yield. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115:893-897.
- Yanaguchi, M. 1983. *World Vegetable Principles, Production and Nutritive Values*. AVI Publishing Company, INC. West Port, Connection, USA. 405 p.



EFFECTO DE REGULADORES DE CRECIMIENTO EN LA REPRODUCCIÓN *in vitro* DE *Musa* sp. CV GRAN ENANO

EFFECT OF GROWTH REGULATORS ON THE *in vitro* REPRODUCTION OF *Musa* sp. CV GRAN ENANO

Herrera-Aguilar, J.¹; Aguirre-Medina, J.F.^{1*}; Gálvez-López, A.L.¹; Ley-de Coss, A.¹; Martínez-Solis, M.¹

¹Universidad Autónoma de Chiapas, Facultad de Ciencias Agrícolas, Campus IV. Maestría en Ciencias en Producción Agropecuaria Tropical (MCPAT). Entronque Carretera Costera-Pueblo de Huehuetán, Huehuetán, Chiapas, México. C. P. 30660.

*Autor de correspondencia: juanf56@prodigy.net.mx

RESUMEN

La investigación se realizó en el Laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Ciencias Agrícolas Campus IV (UNACH) con el objetivo de determinar el efecto de dos reguladores del crecimiento tradicionales y un homobrasinólido (brasioesteroide) adicionados en dos concentraciones al medio MS en el crecimiento *in vitro* del clon de banano gran enano (*Musa* sp.). Se estableció en dos medios de cultivo con base a Murashige y Skoog (MS) (1962) modificado, y tres reguladores del crecimiento BAP, AIA y Br en dos concentraciones de 2 mg L⁻¹ y 4 mg L⁻¹, a pH de 5.6. Los explantes se incubaron a 26±1 °C, 60% H.R., I.L: 45 mE.m⁻² s⁻¹ y un fotoperiodo de 16 horas luz y 8 de oscuridad. En total 14 tratamientos con 10 repeticiones en un diseño completamente al azar. Se midieron, número de brotes, hojas, raíces y altura. Los resultados indicaron efecto diferencial entre medios de cultivo y concentraciones de reguladores del crecimiento. En la inducción radical el medio MS al 50% en interacción con AIA y Brasinoesteroide aumentaron el número de raíces en los explantes, mientras que el número de hojas lo aumentó BAP y Brasinoesteroide y disminuyó con AIA.

Palabras clave: brasinoesteroide, reguladores del crecimiento, concentraciones de medios MS

ABSTRACT

The study was carried out in the Biotechnology Laboratory of the Agricultural Sciences School Campus IV (UNACH) with the objective of determining the effect of two traditional growth regulators and one homobrassinolide (brassinosteroid) added in two concentrations to the MS medium for the *in vitro* growth of Gran Enano banana (*Musa* sp.). It was established on two growth media based on modified Murashige and Skoog (MS) (1962), and three growth regulators, BAP, AIA and Br in two concentrations of 2 mg L⁻¹ and 4 mg L⁻¹, at pH of 5.6. The explants were incubated at 26±1 °C, 60% H.R., I.L: 45 mE.m⁻² s⁻¹ and a light period of 16 hours light and 8 darkness; in total, 14 treatments with 10 repetitions in a completely random design. The number of buds, leaves, roots and height were measured. The results indicated differential effect between growth media and concentrations of growth regulators. In the radical induction, the MS medium at 50 % in interaction with AIA and brassinosteroid increased the number of roots in the explants, while the number of leaves increased with BAP and brassinosteroid and decreased with AIA.

Keywords: brassinosteroid, growth regulators, MS media concentrations.

Agroproductividad: Vol. 10, Núm. 9, septiembre, 2017, pp: 20-25.

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

INTRODUCCIÓN

El banano (*Musa* spp.) es uno de los cultivos más importantes del mundo con mayor consumo por la población y en especial es alimento básico para millones de personas en los países en desarrollo. Su producción presenta diferentes problemas, especialmente con plagas, y por ello, se han diseñado diferentes prácticas de manejo integrado que combinan, entre otras, las aplicaciones de plaguicidas, utilización de cultivares resistentes y producción de plántulas micropropagadas (Koffi *et al.*, 2009). La micropropagación puede contribuir a solucionar algunos de los problemas en campo, especialmente cuando se dispone de nuevos materiales para ser establecidos en menor tiempo, en comparación con los procedimientos tradicionales de propagación. La propagación *in vitro* de algunos materiales presentan bajo coeficiente de multiplicación, alto porcentaje de fenolización de los explantes y baja supervivencia (Azofeifa, 2009; Aragón *et al.*, 2010). Se han reportado varias formulaciones de medios para cultivo de ápices de plátano con ligeras modificaciones del MS (Browning *et al.*, 1987) debido a que cada genotipo registra una determinada proliferación de yemas *in vitro* (Gübbük y Pekmezci 2004). En otros casos se han consignado brotes anormales o variantes somaclonales de las variedades de origen con algunos de los reguladores de crecimiento, incorporados al medio de cultivo (Izquierdo *et al.*, 2012), por ejemplo, variación genética y epigenética con el ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) (Li y Jin, 2007), y en el caso de citoquininas, tales como la zeatina, cinetina y 6-bencilaminopurina (6-BAP), que inducen aberraciones cromosómicas cuando se utilizan en concentraciones elevadas en los medios de cultivo (Aragón *et al.*, 2010, Bellarmino, 2007). Los reguladores del crecimiento no tradicionales, tales como los análogos de brasinoesteroides (ABr) y la mezcla de oligogalacturónidos (mOLG) se pueden utilizar como sustitutos de las auxinas y las citoquininas como alternativa para disminuir el riesgo de inducir variaciones genéticas en los procesos de multiplicación (Ali *et al.*, 2008, González *et al.*, 2005). Los brasinoesteroides son hormonas esteroidales esenciales para el crecimiento y desarrollo normal de las plantas, y su aplicación mejora su tolerancia a ciertos factores bióticos y abióticos, como sucedió con la aplicación del Bio-brás (6-ABr) que atenuó el estrés de altas temperaturas en el banano FHIA-18 (González *et al.*, 2005) y en el plátano FHIA-21, se favoreció la formación de raíces durante la fase de enraizamiento *in vitro* (Jiménez *et al.*, 2004). El Pectimorf (mOLG), por ejemplo, disminuyó el tiempo de emisión de brotes en los explantes del clon de plátano macho cv Sobrino durante su establecimiento (Díaz *et al.*, 2004). Con base en lo anterior, se determinó el efecto de dos reguladores del crecimiento de uso tradicional, y un homobrasinólido adicionados en dos concentraciones al medio MS en el crecimiento *in vitro* del clon de banano gran enano.

MATERIALES Y METODOS

La investigación se realizó en el Laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Ciencias Agrícolas Campus IV (UNACH), localizado en 15° 00' 25.02" N y 94° 23' 59.06" O, a 44 m de altitud. Se obtuvo el material vegetativo del clon Gran enano de una finca bananera localizada en el Cantón Corozal (15° 00' 32" N y 92° 93' 56" O), de Huehuetán Chiapas, México. Se seleccionaron hijos tipo espada (explantes), se desinfectaron con Azoxistrobin y se

dejaron reposar en Tween 80 por 30 minutos. Posteriormente se sumergieron en alcohol al 70% por un minuto. En Campana de Flujo Laminar se introdujeron en solución de NaClO al 3 % (v/v), por 20 minutos, se enjuagaron tres veces con agua destilada estéril y se dejaron reposar en antioxidante. Para la siembra del material en los medios de cultivo se realizaron cortes de 3 cm de longitud.

Medio de cultivo

Se utilizó el medio de cultivo Murashige y Skoog (MS) (1962) modificado en dos concentraciones de sus componentes. Uno de ellos basado en el total de los ingredientes y el otro, con la mitad de los mismos. En ambos casos se agregaron los tres reguladores de crecimiento 6-Bencilaminopurina (BAP), Acido Indolacético (AIA) y Brasinoesteroide (Br) en dos concentraciones, 2 mg L⁻¹ y 4 mg L⁻¹. El testigo fue el mismo medio completo MS sin reguladores de crecimiento. Además, a los medios se adicionaron 30 g L⁻¹ de sacarosa; se ajustó el pH a 5.6 y solidificó con phytigel[®]. Con los componentes en cada medio se esterilizaron en autoclave a 15 PSI por 20 min. Los explantes se colocaron en magentas estériles selladas con 70 mL de medio de cultivo estéril y se establecieron en el cuarto de incubación (temperatura de 26±1 °C, 60% de humedad relativa, fotoperiodo de 16 h luz a 45 mE m⁻² s⁻¹ y 8 de oscuridad), donde permanecieron por 80 días en evaluación, con cambios de medio cada 30 días.

Diseño experimental y Variables

Se tuvieron 14 tratamientos con 10 repeticiones, distribuidos en un diseño completamente al azar. Las variables registradas cada ocho días fueron: número de brotes, hojas,

raíces y altura del brote. Los resultados de las variables se graficaron con el programa Sigma Plot (ver. 10.0) de Jandel Scientific y se consideró el error estándar como medida de dispersión en los promedios. Con éste mismo programa se realizaron las correlaciones para encontrar la relación entre variables. Los resultados se analizaron mediante el programa GLM de SAS versión 8.1., y diferencias entre medias según Tukey ($p \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presentaron diferencias ($p \leq 0.05$) entre las variables de acuerdo a la concentración de ingredientes del medio y los reguladores del crecimiento. Los explantes se incrementaron en el medio MS con las cantidades completas de los ingredientes cuando se aplicaron al mismo la auxina AIA y el Br, además del testigo. En cambio, al adicionar la citoquinina BAP al medio de cultivo MS con la mitad de sus componentes, se aumentó el número de explantes con brotes, en comparación al mismo medio de cultivo con los ingredientes completos. La respuesta fue ascendente, es decir, aumentó al incrementarse la concentración de 2 a 4 mg L⁻¹ (Figura 1). Las citoquininas se caracterizan por la promoción de la división y expansión celular (Taiz, y Zeiger, 2002) que se expresan en gran capacidad de producción de brotes (Miranda-Furtado *et al.*, 2007).

Los resultados contrastantes entre las concentraciones de los ingredientes del medio MS en interacción con los reguladores del crecimiento sugieren la importancia de conocer los ingredientes de los medios de cultivo de tejidos vegetales con los productos químicos necesarios en buenas combinaciones y formas para cada cultivo (Huang y Murashige 1977). Las citoquininas como (BAP) y cinetina reducen la dominancia del meristemo apical e inducen formación de brotes axilares y adventicios de explantes meristemáticos en el banano (Gubbuk y Pekmzci 2004; Khalid 2011), pero la aplicación de altas concentraciones de BAP inhibe la elongación de meristemas adventicios y la conversión en plantas (Gubbuk y Pekmzci 2004; Khalid 2011). La interacción del medio MS con los ingredientes completos y la auxina AIA, también incrementaron el número de brotes conforme se aumentó la concentración en ambos medios.

Altura del brote

La altura del brote se incrementó con el medio MS completo en sus concentraciones y fue estadísticamente diferente ($p \leq 0.05$) al medio que contiene la mitad de los ingredientes (Figura 2). En promedio la altura de los brotes en el medio MS con todos los ingredientes fue de 6.8 cm ± 0.31 y con la mitad de los mismos, alcanzó 5.9 cm ± 0.28 . El efecto de la combinación de los

medios y los reguladores del crecimiento en la altura del brote fue menor con BAP en sus dos concentraciones y en los dos medios. Ferdous *et al.* (2015) estudiaron el efecto de diferentes concentraciones de BAP en ápices de dos cultivares de banano en medio MS y registraron que los brotes más largos (2.64 cm y 2.16 cm) fueron a partir de 0.5 mg L⁻¹ de BAP. Los reguladores del crecimiento, el ácido indolacético y la

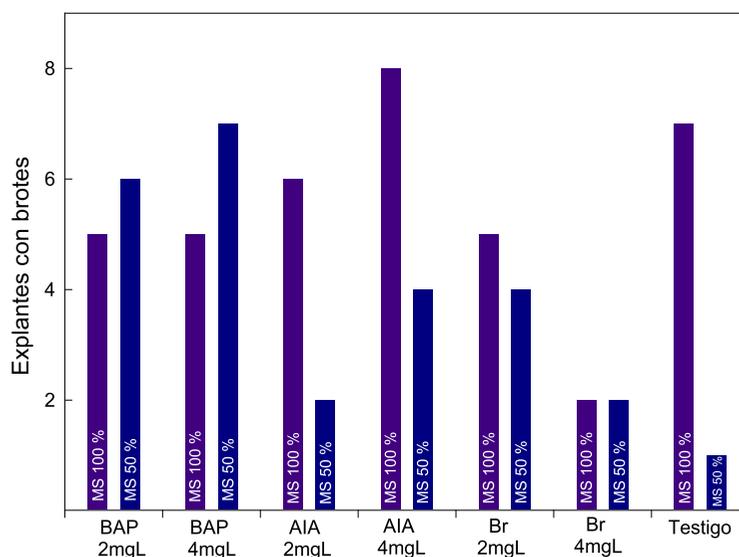


Figura 1. Explantes con brote de *Musa* spp. cv Gran enano en dos medio de cultivo *in vitro* con diferentes reguladores del crecimiento. Los valores son promedios de diez repeticiones a la semana diez de muestreo.

benilaminopurina han sido considerados como parte de la regeneración *in vitro* de diversas plantas (Ali *et al.*, 2014). Se sabe que las citoquininas tales como la benilaminopurina (BAP) reducen la dominancia del meristemo apical (Madhulatha *et al.*, 2004).

En cambio el incremento más alto en la altura del brote se presentó con la inclusión del Br y el AIA. El efecto de los homobrasinóidos a bajas concentraciones en los procesos morfogénéticos, como sustitutos o complementos de las auxinas y citoquininas son muy efectivos (González *et al.*, 2005). Son

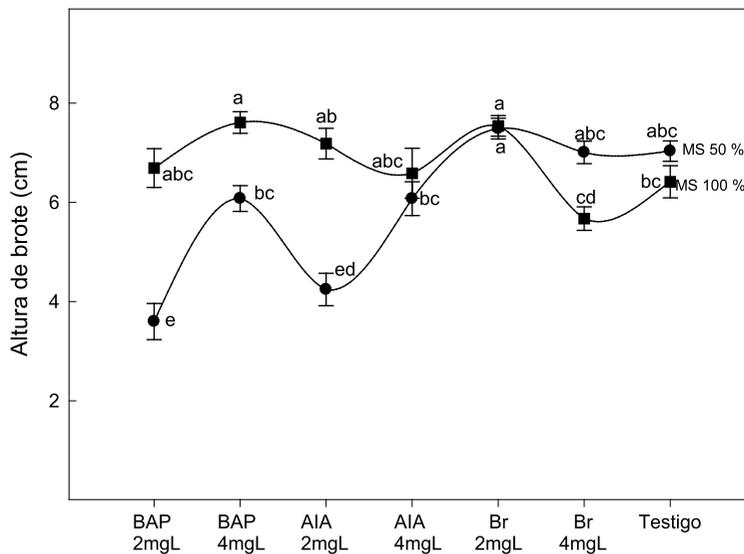


Figura 2. Altura del brote de plátano cv gran enano creciendo en dos medios de cultivo *in vitro* y diferentes concentraciones de reguladores del crecimiento. Los valores son promedios de ocho repeticiones \pm error estándar a la semana 10 de muestreo. Las letras que no son iguales indican diferencia estadística (Tukey, $p \leq 0.05$ %). CV=13.1%.

metabolitos que tienen la capacidad de estimular el crecimiento vegetal (Teixeira y Adam, 2002) en segmentos de diferentes órganos y explantes (Salgado *et al.*, 2008). Hernández *et al.* (1999) citan mayor altura en *Solanum tuberosum* L., crecidas *in vitro*, después de 30 días de edad, al agregar al medio de propagación 1 mg L^{-1} de Biobrás-6. En banano clon FHIA-18 se ha demostrado que el brasinoesteroide puede ser utilizado con éxito en todas las fases de la micropropagación masiva, en sustitución de auxinas usualmente utilizadas (Nuñez *et al.*, 2014). El número de hojas aumentó en los medios donde se incluyó algún regulador del crecimiento en comparación con el testigo (Figura 3).

En esta variable, el aumento de mayor contraste fue con el medio base MS en interacción con BAP, y comparado con los otros reguladores del crecimiento. Este mismo efecto ha sido consignado con BAP en *Stevia rebaudiana* Bert (Jagatheeswari y Ranganathan, 2012). En cambio, en el medio MS con la mitad de sus componentes se indujeron más hojas con AIA en concentración de 4 mg L^{-1} y Br en 2 mg L^{-1} . Izquierdo *et al.* (2012) demostraron que la inmersión de las vitro plantas de banano clon FHIA-18 en soluciones de Biobrás-6, estimuló el desarrollo y el número de las hojas. En otros cultivos se ha encontrado respuesta semejante con la aplicación de los Br en el incremento en la expansión celular de las hojas

(Hu *et al.*, 2000; Nemhauser y Chory, 2004). Terry *et al.* (2011) citan incremento en el desarrollo foliar de lechuga *Lactuca sativa* L. con la aspersión foliar de Biobras-16 y Cortés *et al.* (2003) señalan que los Br promueven acumulación de citoquininas endógenas que favorecen la regeneración de brotes adventicios en hipocótilos de coliflor, en cotiledones de pimentón y en callos de *Spartina* bajo condiciones *in vitro*. El Br se encuentra en forma natural en los ápices de muchas plantas (Teixeira y Adam, 2002) y su aplicación favorece el incremento promedio del número de hojas a 11.2, y los tratamientos con BAP presentaron en promedio 10.4 hojas, con la dosis más baja de 2 mg L^{-1} . La eficacia de BAP sobre otras citoquininas en la inducción de la multiplicación de los ápices ha sido citada en diferentes cultivares de banano (Buah *et al.*, 2010) como un suplemento a los medios basales MS y su efecto en estimular el crecimiento de los brotes axilares y yemas adventicias también en el desarrollo foliar de diversos cultivos (Buah *et al.*, 2010). El número de raíces aumentó en el medio MS a 50% de sus componentes con o sin la inclusión de AIA y Br en comparación con BAP (Figura 4).

Las auxinas en el cultivo *in vitro*, inducen la formación de raíces, mientras que las citoquininas promueven formación y crecimiento de brotes (North *et al.*, 2012). El mayor número de raíces de 7.8 fue con Brasinoesteroide (2 mg L^{-1}), y con 6.9 AIA a razón de 2 mg L^{-1} . Según

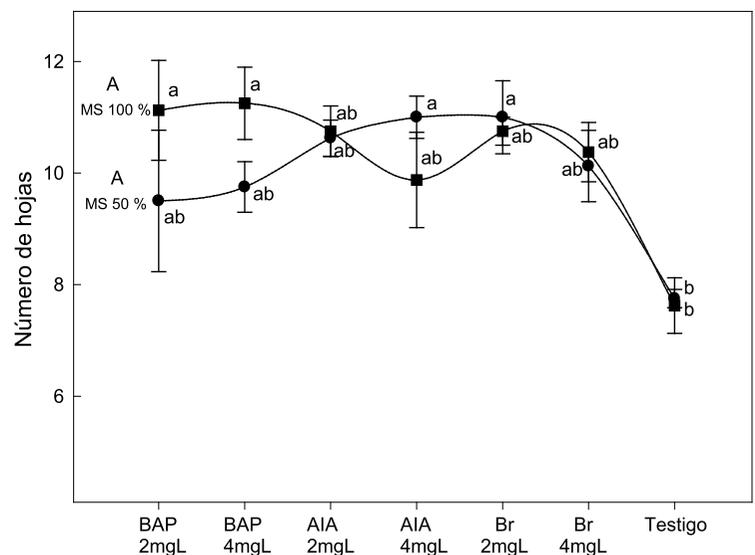


Figura 3. Número de hojas del plátano cv. Gran enano en dos medios de cultivo y diferentes reguladores del crecimiento *in vitro*. La línea vertical indica \pm error estándar de 8 repeticiones. Las letras que no son iguales indican diferencia estadística (Tukey, $p \leq 0.05$ %). CV=18.9%.

Garcés (2011), al aplicar Br a las plantas se mejora el crecimiento de las raíces. Suárez (2007) al trabajar con las orquídeas, *Cattleya leuddemanniana* y *Guarianthe skinneri* con repetidas aspersiones foliares de BB-16 (0.05 mg L⁻¹) incrementó el número de raíces. El aumento de raíces por Br se ha reportado anteriormente en otras especies, por ejemplo, Terry *et al.* (2011) citan que la aspersión foliar de BB-16 también favoreció el crecimiento radical en *Lactuca sativa* L. En papa *Solanum tuberosum* L. variedad Desirée, Hernández *et al.* (1999) mostraron incrementos en la biomasa radical de las plántulas de 30 días de edad crecidas *in vitro*, al enriquecer el medio con BB-6 a razón de 1 mg L⁻¹. En este mismo cultivo, se demostró que la inmersión de vitro plantas en soluciones de BB-6, o BB-16 solas o en combinación con ANA, antes de la transferencia a la fase *ex vitro*, resultó positiva para las vitro plantas al aumentar desarrollo radical (Núñez *et al.*, 2014).

CONCLUSIONES

El número de brotes, altura y número de hojas aumentaron en el medio MS con los ingredientes completos y el sistema radical cuando se adicionó la mitad de los ingredientes. La altura del brote presentó efecto diferencial entre los medios de cultivo y las concentraciones de reguladores del crecimiento. En cambio, en el número de hojas se incrementaron con BAP y Brasinoesteroide y disminuyeron con AIA.

LITERATURA CITADA

Ali B., Hayat S., Fariduddin Q., Ahma, A. 2008. 24-Epibrassinolide protects against the stress generated by salinity and nickel in *Brassica juncea*. *Chemosphere*, 72, 1387-1392.

Aragón C., Carvalho L., González J., Escalona M. & Amancio S. 2010. Ex vitro acclimatization of plantain plantlets micropropagated in temporary immersion bioreactor. *Biol. Plantarum*, 54 (2), 237-244.

Azofeifa A. 2009. Problemas de oxidación y oscurecimiento de explantes cultivados *in vitro*. *Agronomía Mesoamericana*, 20 (1) 153-175.

Bellarmino A. 2007. Genes involved in brassinosteroids's metabolism and signal transduction pathways. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 50 (4), 605-618.

Browning G., Ognjanov V., Passey A., James, D. 1987. Multiple shoot and root regeneration from pear embryo cotyledon explants in Vitro. *Journal of Horticultural Science*, 62, 305-311.

Cortes P.A., Terrazas T., León, T.C., Larque-Saavedra A. 2003. Brassinosteroid effects on precocity and yield of cladodes of cactus pear (*Opuntia ficus-indica* L. Mill). *Scientia Horticulturae*, 97: 65-73.

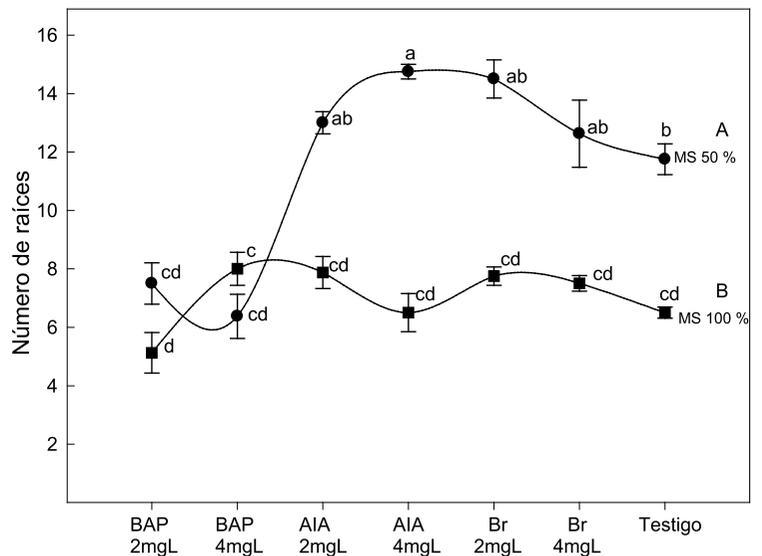


Figura 4. Número de raíces de banano cv Gran enano creciendo *in vitro* en dos medios de cultivo con diferentes concentraciones de reguladores de crecimiento. La línea vertical indica \pm el error de 8 repeticiones. Las letras que no son iguales indican diferencia estadística (Tukey, $p \leq 0.05$ %). CV=17.4 %

Díaz B.R., Héctor E., Torres A., Cabañas M., Garcés N., Izquierdo H. 2004. Empleo de productos bioactivos cubanos como sustitutos de los reguladores del crecimiento en la propagación del plátano macho (AAB). I. Fase de establecimiento *in vitro*. *Alimentaria*, 51(359):103-7.

Garcés P. 2011. Acción de Brassinolinas sobre el Rendimiento y Calidad en Aguacate *Persea americana*. Escuela Politécnica del Ejército. Sangolquí, Ecuador. 31-36.

González O.J.L., Córdova A., Aragón C.E., Pina D., Rivas M., Rodríguez R. 2005. Effect of an analogue of brassinosteroid on FHIA-18 plantlets exposed to thermal stress. *InfoMusa*, 14 (1), 18-20.

Gübbük H., Pekmezci M. 2004. In Vitro Propagation of Some New Banana Types (*Musa* spp.). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 28, 355-361.

Hernández R.M., Moré O., Núñez M. 1999. Empleo de análogos de brasinoesteroides en el cultivo *in vitro* de papa (*Solanum tuberosum* L.). *Cultivos Tropicales*, 20 (4): 41-44.

Hu Y.X., Bao F., Li J. 2000. Promotive effect of brassinosteroids on cell division involves a distinct CycD3-induction pathway in Arabidopsis. *The Plant Journal*, 24: 693-701.

Huang L.C., Murashige T. 1977. Plant Tissue Culture Media: Major constituents, their preparation and some applications. *Methods in Cell Science*, 3, 539-548.

Izquierdo H., González M.C., Núñez M., Proenza R., Álvarez I. 2012. Efectos de la aplicación de un análogo espirostánico de brasinoesteroides en vitroplantas de banano (*Musa* spp.) durante la fase de aclimatización. *Cultivos Tropicales*, 33 (1): 71-76.

Jagatheeswari D., Ranganathan P. 2012. Studies on Micropropagation of *Stevia rebaudiana* Bert. *International Journal of Pharmaceutical & Biological Archives*, 3 (2), 315-320.

Jiménez F.A., Ramírez D., Agramonte D. 2004. Use of Biobras-6 in micropropagation of 'FHIA-21'. *InfoMusa*, 13 (1) 4-6.

- Khalid N. 2011. Effect of Benzylaminopurine (BAP) Pulsing on *in Vitro* Shoot Multiplication of *Musa acuminata* (Banana) cv. Berangan. African Journal of Biotechnology, 10, 2446-2450.
- Koffi M.C., De la Providencia I.E., Annemie Elsen A., Declerck S. 2009. Development of an *in vitro* culture system adapted to banana mycorrhization. African Journal of Biotechnology, 8 (12): 2750-2756.
- Li J., Jin H. 2007. Regulation of brassinosteroid signalling. Trends Plant Sci., 12, 37-41.
- Murashige T., Skoog F. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. Physiologia Plantarum, 15: 437-497.
- Nemhauser J.L., Chory J. 2004. "Bring it on: new insights into the mechanism of brassinosteroid action". Journal of Experimental Botany, 55 (395): 265-270.
- North J., Ndakidemi P., Aubscher C. 2012. Effects of Antioxidants, Plant Growth Regulators and Wounding on Phenolic Compound Excretion during Micropropagation of *Strelitzia Reginae*. International Journal of Physical Sciences, 7, 638-646.
- Núñez V.M., Reyes G.Y., Rosabal A.L., Martínez G.L. 2014. "Análogos espiroestánicos de brasinoesteroides y sus potencialidades de uso en la agricultura". Cultivos Tropicales, 35(2):34-42.
- Salgado G.R., Cortés Rodríguez M.A., Del Río R.E. 2008. Uso de brasinoesteroides y sus análogos en la agricultura. Biológicas, No. 10: 18-27.
- Statistical Analysis System (SAS). 1999-2000. SAS/STAT user's Guide: Ver 8.1 SAS Institute Inc. Cary NC, USA: SAS Institute Inc.
- Suárez L. 2007. Efecto que ejercen las aspersiones foliares de una mezcla de oligogalacturonidos (Pectimorf) y la formulación a base de un análogo de brasinoesteroides (Biobras-16) en dos especies de orquídeas (*Cattleya leuddemanni* y *Guarianthe skinneri*). Cultivos Tropicales, 28 (4):87-91.
- Teixeira Z.M.A., Adam G. 2002. Brassinosteroid phytohormones -structure, bioactivity and applications. Brazilian Journal of Plant Physiology, 14 (3) 143-181.
- Terry E., Ruiz J., Tejeda T., Reynaldo I., Díaz M.M. 2011. Respuesta del cultivo de la lechuga a la aplicación de diferentes productos bioactivos. Cultivos Tropicales, 32(1): 77-82.



CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE POBLACIONES DE MAÍZ NATIVO (*Zea mays* L.) EN CHIAPAS, MÉXICO

MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF NATIVE MAIZE (*Zea mays* L.) POPULATIONS IN CHIAPAS, MEXICO

Martínez-Sánchez, J.^{1*}; Espinosa-Paz, N.¹; Cadena-Iñiguez, P.¹

¹Campo Experimental Centro de Chiapas-INIFAP km 3.0 Carretera Ocozocoautla-Cintalapa, C.P.29140, Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas.

*Autor responsable: martínez.jesus@inifap.gob.mx

RESUMEN

Los estudios de caracterización contribuyen a establecer mejores bases para diseñar estrategias de aprovechamiento, conservación y mejoramiento genético. En este contexto, se caracterizó la variación morfológica de una colección de poblaciones de maíz nativo (*Zea mays* L.) del Centro de Chiapas, México. Se evaluaron 25 poblaciones bajo un diseño de bloques completos al azar en tres ambientes contrastantes. Se registraron 14 variables morfológicas y aplicó un análisis de varianza combinado, análisis de correlación y gráfica biplot con base en los dos primeros componentes principales. Se detectaron diferencias significativas entre poblaciones para todas las variables, lo que se consideró un indicador de diversidad. Las accesiones fueron agrupadas en cuatro grupos, denominados complejo Olotillo que reunió las poblaciones de mayor altura de planta (245 a 295 cm), floración tardía (63 a 68 días) y número bajo de hileras (8 a 9), complejo Tuxpeño cuyas poblaciones presentaron altura superior a la media (244 a 272 cm), floración masculina representativa del clima cálido (60 a 65 días) y valor intermedio de número de hileras (10 a 12), Zapalote grande que fueron poblaciones de ciclo precoz (51-55 DFM) y menor altura de planta (212 a 227 cm); y finalmente Tuxpeño que reunió poblaciones de mayor número de hileras (12.8 a 13.3) con valores intermedios en los caracteres medidos. La variación identificada puede ser la base para mejoramiento genético y diferentes estrategias de conservación.

Palabras clave: maíces nativos, variación morfológica, análisis biplot.

ABSTRACT

Characterization studies contribute to establishing better bases for the design of strategies for exploitation, conservation and genetic improvement. In this context, the morphological variation of a collection of native maize (*Zea mays* L.) populations from central Chiapas, México, was characterized. Twenty-five (25) populations were evaluated under a design of complete random blocks in three contrasting environments. Fourteen (14) morphological variables were found and combined variance analysis, correlation analysis and biplot graphing were applied based on the first two principal components. Significant differences were detected between populations for all the variables, something considered as an indicator of diversity. The accessions were grouped into four groups, named: Olotillo complex, which gathered the populations of greater plant height (245 to 295 cm), late flowering (63 to 68 days), and low number of lines (8 to 9); Tuxpeño, whose populations presented greater height than the mean (244 to 272 cm), masculine flowering representative of the

Agroproductividad: Vol. 10, Núm. 9, septiembre, 2017. pp: 26-33.

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

warm climate (60 to 65 days) and intermediate value of lines (10 to 12); Zapalote Grande, which was populations of precocious cycle (51-55 DFM) and lower plant height (212 to 227 cm); and finally, Tuxpeño that included populations with a higher number of lines (12.8 to 13.3) with intermediate values in the characters measured. The variation identified can be the basis for genetic improvement and different conservation strategies.

Keywords: native maize, morphological variation, biplot analysis.

INTRODUCCIÓN

El estado de Chiapas registra áreas de mayor diversidad del maíz (*Zea mays* L.) en México. A nivel nacional ocupa el primer lugar en superficie sembrada (700,000 ha anuales en promedio) y el quinto lugar en producción de grano (1 188 000 t), con una media de rendimiento de 1.79 t ha⁻¹ (SIAP, 2015). Se estima que 75% de la superficie cultivada con maíz es de variedades criollas o nativas (18 razas) y de generaciones avanzadas de variedades mejoradas (Coutiño *et al.*, 2015); empero, la diversidad genética de las poblaciones del maíz nativo ha sido objeto de poca atención dentro del ámbito científico. La mayoría de los estudios se han enfocado a la identificación de las razas de maíz con base en características de la mazorca y al análisis de las recolectas resguardadas (accesiones) en las bancos de germoplasma nacionales (Perales y Hernández, 2005; Gómez *et al.*, 2010), así como estudios de corte etnográfico (Perales *et al.*, 2005). Sin embargo, es necesario identificar el nivel de variación de poblaciones de maíces nativos en las diferentes regiones, dada la complejidad como resultado de un proceso de selección dirigida por los agricultores para satisfacer sus necesidades de consumo (Flores-Pérez *et al.*, 2015). En el Centro de Chiapas, México, en las áreas de clima cálido, de 48 a 958 m de altitud, se reportan 15 razas cultivadas, sobresaliendo las razas Tuxpeño, Vandeño y Olotillo, pero debido a la complejidad de los sistemas de producción tradicionales, estas y otras razas forman un continuo (Narez-Jiménez *et al.*, 2015). Chavez-Servia *et al.* (2011) sugieren que la alta frecuencia de complejos raciales, probablemente es el producto de la recombinación genética que se lleva a cabo mediante el flujo de polen entre localidades vecinas y el movimiento de semilla que hacen los agricultores, ya sea entre vecinos o con agricultores de regiones muy apartadas. Torres

(2015) estudió la diversidad de siete razas de maíz de Chiapas utilizando datos morfológicos y moleculares mediante micro satélites (SSRs). Encontró que diferentes poblaciones de las razas Tepecintle y Zapalote Grande formaron grupos definidos permitiendo diferenciarlas por separado; el resto de las razas que fueron clasificadas a priori, en cierto grupo racial, se ubicaron con otros, lo que indica una complejidad genética mayor. Por ello, para diseñar el mejoramiento genético y la conservación de algunas poblaciones de maíz nativo en las condiciones de la agricultura tradicional, es conveniente conocer de manera detallada la variación entre poblaciones, y al mismo tiempo evaluar su potencial agronómico y estabilidad (Martínez *et al.*, 2016). Por otro lado, la caracterización morfológica ha demostrado ser una técnica útil para estudiar la diversidad existente entre razas, dentro de razas y entre poblaciones de maíz nativo de regiones específicas (Flores-Pérez *et al.*, 2015). Con base en lo anterior, el presente trabajo se realizó con el objetivo de caracterizar la variación morfológica de una colección de poblaciones de maíz nativo, del Centro de Chiapas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se recolectaron 25 muestras poblacionales de maíz nativo, con agricultores de nueve localidades pertenecientes a cuatro municipios; 18 fueron de grano blanco, cinco de amarillo, una de rojo y una de azul (Cuadro 1). Cada muestra se integró de 2 a 4 kg de semilla. En este estudio cada muestra se asume como población independiente por la diferenciación y manejo que hace el agricultor. Los experimentos fueron conducidos en tres localidades (ambientes) del Centro de Chiapas: Ocozocoautla de Espinosa (16° 46' N y 93° 26' O, altitud de 800 m) en un suelo de textura arenosa, Úrsulo Galván, Villaflores (16° 17' N y 93°26' O, altitud de 726 m) en un suelo de textura arenosa y Vista Hermosa, Cintalapa (16° 32' N y 93° 58' O, altitud de 690 m) en un suelo de textura franco-arenoso. El riesgo de sequía intraestival para estos ambientes con base en el índice de humedad disponible se clasifica como moderado, deficiente y muy deficiente, respectivamente (López y Villar, 1991). Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron las 25 poblaciones de maíz recolectadas. La unidad experimental consistió de cuatro surcos de 5.0 m de longitud y 0.8 m de ancho, con una población final de 88 plantas, que correspondieron a una densidad de 50 000 plantas ha⁻¹. Las siembras del ensayo en cada ambiente contrastante por sequía intraestival se realizaron el 02, 15 y 20 de julio de 2015 en Ocozocoautla de Espinosa, Úrsulo Galván y Vis-

Cuadro 1. Poblaciones de maíz (*Zea mays* L.) y localidades de recolecta en Chiapas, México.

Colecta	Nombre común	Municipio	Localidad	Altitud (m)	Latitud norte	Longitud oeste	Color de grano
CECECH-1	Jarocho	Villaflores	Guadalupe Victoria	580	16°27'	93°7'	Blanco
CECECH-3	Tuxpeño	Villaflores	Chanona	663	16°20'	93°25'	Blanco
CECECH-4	Tuxpeño	Suchiapa	Suchiapa	500	16°36'	93°03'	Blanco
CECECH-6	Sesentano	Villaflores	Cristóbal Obregón	642	16°25'	93°26'	Blanco
CECECH-7	Napalú	Suchiapa	Suchiapa	500	16°36'	93°03'	Blanco
CECECH-8	Jarocho	Suchiapa	Suchiapa	500	16°36'	93°03'	Amarillo
CECECH-10	Jarocho	Villaflores	Guadalupe Victoria	580	16°27'	93°7'	Blanco
CECECH-11	Rojo Criollo	Villaflores	Cristóbal Obregón	642	16°25'	93°26'	Rojo
CECECH-12	Chimbo	Suchiapa	Suchiapa	500	16°36'	93°03'	Amarillo
CECECH-13	Olotillo	Suchiapa	Suchiapa	500	16°36'	93°03'	Blanco
CECECH-15	Napalú	Suchiapa	Suchiapa	500	16°36'	93°03'	Blanco
CECECH-16	Precoz	Villaflores	Cristóbal Obregón	642	16°25'	93°26'	Blanco
CECECH-18	Rocame	Ocozocoautla	Ocozocoautla	800	16°46'	93°26'	Amarillo
CECECH-27	Criollo amarillo	Ocozocoautla	La Naranja	793	16°47'	93°25'	Amarillo
CECECH-30	Maíz azul	Ocozocoautla	La Naranja	793	16°47'	93°25'	Azul
CECECH-31	Criollo amarillo	Ocozocoautla	El Gavilán	755	16°47'	93°27'	Amarillo
CECECH-32	Rocame	Villaflores	Cristóbal Obregón	642	16°25'	93°26'	Blanco
CECECH-33	Maíz blanco	Villaflores	Cristóbal Obregón	642	16°25'	93°26'	Blanco
CECECH-34	Olotillo	Ocozocoautla	El Calvario	561	17°02'	93°31'	Blanco
CECECH-35	Tuxpeño	Cintalapa	Villamorelos	710	16°30'	93°55'	Blanco
CECECH-36	Olotillo	Cintalapa	Villamorelos	710	16°30'	93°55'	Blanco
CECECH-37	Dientilla	Cintalapa	Villamorelos	710	16°30'	93°55'	Blanco
CECECH-38	Opamil	Cintalapa	Villamorelos	710	16°30'	93°55'	Blanco
CECECH-39	Poblano	Cintalapa	Villamorelos	710	16°30'	93°55'	Blanco
CECECH-40	Americano	Cintalapa	Villamorelos	710	16°30'	93°55'	Blanco

ta Hermosa, respectivamente. Las poblaciones de maíz se evaluaron bajo condiciones de temporal.

La caracterización se realizó mediante 14 caracteres morfológicos, el registro de información en campo de cada carácter se hizo con base en los criterios de los descriptores para maíz del International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR, 1991), consistentes en altura de panta y mazorca (AP y AM), longitud del pedúnculo de la espiga (LPE), longitud de espiga (LE), longitud total de espiga (LTE), longitud de la parte ramificada de la espiga (LPRE), número de ramas primarias y secundarias de la espiga (NRP y NRS), longitud de mazorca (LM), diámetro de mazorca (DM), número de hileras (NH) y granos por hilera (GH).

Se hizo un análisis de varianza combinado. Posteriormente, se calcularon los valores estadísticos descriptivos (valor mínimo, máximo, desviación estándar, media

y moda) y los valores promedio de los caracteres registrados en las 25 poblaciones. Se calculó la matriz de correlaciones de Pearson y de los pares de variables con valores altos de correlación (mayor o igual a 0.7) se descartó la menos informativa (Flores-Pérez *et al.*, 2015). Con este criterio se seleccionaron seis variables y se elaboró la matriz de genotipos por caracteres para realizar la gráfica biplot y representar la dispersión entre caracteres con base en los dos primeros componentes principales (Yan y Tinker, 2006). El análisis de varianza, la obtención de estadísticas descriptivas y prueba de correlación se llevaron a cabo con el paquete estadístico SAS (SAS, 2000). El análisis de componentes principales y la gráfica biplot se obtuvieron mediante el lenguaje de programación R.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se detectaron diferencias significativas ($P < 0.01$) entre poblaciones para todas las variables de estudio, para

localidades no hubo diferencias significativas en el número de ramas primarias de la espiga y los días a floración masculina y femenina ($P>0.05$). Finalmente, sólo la altura de planta ($P<0.05$), longitud del pedúnculo de la espiga, longitud y diámetro de mazorca, número de hileras y granos por hilera ($P<0.01$) reportaron diferencias significativas para la interacción poblaciones×localidades (Cuadro 2).

La variabilidad expresada en caracteres morfológicos se puede apreciar en el Cuadro 3, la altura de planta y mazorca variaron de 142 a 390 cm y de 58 a 225 cm, respectivamente. Se aprecia que hubo poblaciones de porte muy alto con más de 350 cm, esta es una característica que se asocia con problemas de acame, sin embargo, los productores las conservan por buena producción de forraje (Muñoz, 2003). Hubo poblaciones de porte bajo que son opciones para enfrentar los nuevos entornos de estrés por sequía ya que requiere menor cantidad de agua para su desarrollo (Ramírez, 2013). El rango para la longitud total de espiga fue de 43 a 73 cm, y muestra la variación para el tamaño de espiga representada por la longitud del pedúnculo de la espiga (11 a 29 cm mínimo), (25 a 50 cm máximo) y la longitud de la parte ramificada de la espiga (7 a 21 cm). En ésta, los rangos para el número de ramas primarias y secundarias fueron de 6

a 16 y de 1 a 5. La no interacción de estas características en la fuente de variación poblaciones por localidades en los análisis de varianza (Cuadro 2), les confiere propiedades deseables, de acuerdo con Rocandio-Rodríguez *et al.* (2014) quien menciona que los caracteres morfológicos que sean menos afectados por el ambiente son más útiles para caracterizar a las poblaciones.

La floración masculina y femenina osciló entre 51 a 68 y de 52 a 70 días, respectivamente. Los resultados sobre la fenología indican que es posible encontrar poblaciones de ciclo precoz y poblaciones con tendencia a ciclo tardío. Actualmente, en muchas localidades donde predomina la siembra de maíces nativos, se siguen conservando maíces de diferente ciclo con el fin de tener opciones de siembra (ciclo tardío en zonas más productivas y precoces en zonas de menor fertilidad con mayores niveles de estrés por sequía), además, la conservación del carácter de precocidad permite ajustes en las fechas de siembra según el comportamiento de las lluvias (Muñoz *et al.*, 2003). La moda para la floración masculina y femenina fueron 60 y 61 días, estos valores son los más representativos para los maíces de clima cálido en el estado de Chiapas. En relación a los componentes del rendimiento, los valores de longitud de mazorca fueron de 6 a 20 cm para longitud de mazorca, de 2 a 5 para

Cuadro 2. Significancia estadística de cuadrados medios del análisis de varianza combinado de 14 variables morfológicas medidas en 25 poblaciones de maíz (*Zea mays* L.) nativo, en el Centro de Chiapas, México.

Variable	Fuentes de variación			Cuadrado medio del error	C.V. (%)
	Poblaciones	Localidades	Poblaciones×Localidades		
AP	3184**	111870.7**	6444*	389.1	8.1
AM	2749.9**	32000.2**	245.7ns	170.3	11.2
LPE	18.6**	339.4**	6.9**	3.2	8.5
LE	48.2**	221.3**	6.1ns	11.6	8.7
LTE	76.7**	1107.9**	16.6ns	19.6	7.4
LPR	22.5**	219.1**	3.6ns	3.7	14.9
NRP	7.7**	8.4ns	1.6ns	2.7	15.0
NRS	2.5**	5.9**	0.5ns	0.5	15.0
DFM	97.7**	1.6ns	1.5ns	1.6	2.7
DFF	109.5**	2.3ns	2.2ns	2.4	3.0
LM	8.5**	607.6**	3.0**	0.5	5.3
DM	0.6**	7.3**	0.2**	0.2	4.3
NH	17.5**	5.0**	0.8**	0.3	4.5
GH	41.4**	2418.3**	35.3**	3.2	5.6

C.V.=coeficiente de variación; * y ** significativo a nivel de $P<0.05$ y $P<0.01$, respectivamente; AP=altura de planta (cm); AM=altura de mazorca (cm); LPE=longitud del pedúnculo de la espiga (cm); LE=longitud de espiga (cm); LTE=longitud total de espiga (cm); NRP=número de ramas primarias de la espiga; NRS=número de ramas secundarias de la espiga; DFM=días a floración masculina; DFF=días a floración femenina; LM=longitud de mazorca; DM=diámetro de mazorca; NH=número de hileras; GH=granos por hilera.

Cuadro 3 Estadísticos descriptivos y promedios de caracteres agronómicos de poblaciones de maíz (*Zea mays* L.) nativo evaluadas en el Centro de Chiapas, México.

Estadístico	AP	AM	LPE	LE	LTE	LPRE	NRP	NRS	DFM	DFF	LM	DM	NH	GH
Media	243.5	116.4	20.9	39.0	59.9	13.0	11.0	2.8	60.4	61.7	13.7	3.9	11.2	32.1
Moda	213.0	89.0	21.0	39.8	57.4	13.6	10.6	2.6	60.0	61.0	16.5	3.7	12.0	36.8
Mínimo	142.4	58.0	11.8	29.0	43.8	7.2	6.8	1.2	51.0	52.0	6.4	2.4	8.0	12.7
Máximo	390.0	225.8	29.6	50.2	76.0	21.8	16.0	5.4	68.0	70.0	20.0	5.4	14.8	48.4
Poblaciones	Promedios generales													
CECECH-1	238.3	105.8	19.6	38.2	57.8	12.3	11.6	2.8	60.0	61.0	12.8	4.0	12.8	31.0
CECECH-3	269.7	129.5	21.5	40.3	61.7	12.5	10.7	2.6	61.0	62.0	13.7	4.1	12.0	33.5
CECECH-4	272.5	137.7	22.2	42.2	64.5	17.5	12.2	2.6	63.0	64.0	13.5	3.9	10.9	29.8
CECECH-6	222.3	92.5	22.1	33.5	55.6	12.5	11.0	3.4	51.0	52.0	12.4	3.4	9.1	28.8
CECECH-7	283.2	156.2	20.4	37.3	57.8	13.6	9.1	3.8	65.0	66.0	15.8	3.9	8.4	30.2
CECECH-8	295.8	165.2	23.5	42.2	65.8	15.6	11.0	3.4	63.0	65.0	16.5	3.8	8.3	34.2
CECECH-10	215.5	88.9	17.8	39.0	56.8	11.7	11.6	2.1	60.0	61.0	14.5	4.5	12.3	36.9
CECECH-11	222.5	103.8	19.7	39.1	58.8	11.4	11.2	2.4	59.0	61.0	14.8	3.4	11.4	30.0
CECECH-12	212.9	91.4	22.3	31.8	54.1	10.2	11.3	2.8	51.0	52.0	12.2	4.0	11.0	28.8
CECECH-13	260.6	136.9	20.2	42.8	63.0	16.3	11.1	3.8	68.0	70.0	14.8	3.2	8.6	30.1
CECECH-15	245.3	147.0	15.9	36.1	52.0	12.2	8.9	3.3	67.0	69.0	14.9	3.6	9.5	29.9
CECECH-16	227.7	98.6	19.8	40.2	60.0	12.0	12.0	2.0	56.0	57.0	13.2	4.4	14.5	36.6
CECECH-18	252.9	131.0	21.3	39.8	61.1	14.4	9.2	2.9	61.0	62.0	12.3	3.9	10.7	29.1
CECECH-27	229.8	104.3	20.0	41.2	61.2	13.0	12.1	2.8	60.0	61.0	11.5	3.6	12.0	30.2
CECECH-30	240.9	118.1	20.5	40.0	60.5	16.5	10.3	4.1	60.8	62.0	15.1	3.8	9.8	31.7
CECECH-31	268.9	133.0	22.1	39.9	62.0	14.3	12.0	3.1	65.0	67.0	15.2	4.3	11.1	39.4
CECECH-32	229.7	106.0	20.0	40.9	60.9	11.9	11.9	1.6	59.0	60.0	14.5	4.7	13.1	34.8
CECECH-33	244.1	101.9	24.4	42.1	66.5	13.0	9.7	2.0	63.0	65.0	13.0	3.9	13.5	29.4
CECECH-34	200.6	87.9	20.6	37.0	57.6	9.9	10.0	1.8	61.0	62.0	13.6	4.0	13.6	32.1
CECECH-35	235.4	101.0	21.4	39.0	60.4	10.9	9.5	2.1	60.0	61.0	13.5	3.9	13.3	34.9
CECECH-36	252.3	117.0	22.7	42.4	65.1	14.2	13.2	2.9	61.0	62.0	13.5	3.9	10.9	34.2
CECECH-37	250.3	124.1	20.9	36.9	57.8	12.8	11.2	2.9	60.0	61.0	13.6	3.8	12.0	32.9
CECECH-38	218.6	94.9	21.4	34.8	56.3	11.2	12.2	2.8	55.0	56.0	12.2	3.9	11.5	29.0
CECECH-39	260.7	127.0	22.6	38.4	61.0	13.5	11.4	3.1	61.0	62.0	12.8	3.8	10.4	33.4
CECECH-40	244.0	116.1	20.8	39.5	60.3	12.0	10.0	2.4	61.0	62.0	13.1	3.8	10.1	33.7

AP=altura de planta (cm); AM=altura de mazorca (cm); LPE=longitud del pedúnculo de la espiga (cm); LE=longitud de espiga (cm); LTE=longitud total de espiga (cm); NRP=número de ramas primarias de la espiga; NRS=número de ramas secundarias de la espiga; DFM=días a floración masculina; DFF=días a floración femenina; LM=longitud de mazorca; DM=diámetro de mazorca; NH=número de hileras; GH=granos por hilera.

diámetro de mazorca, de 8 a 14 para número de hileras y de 12 a 48 para el número de granos por hilera.

En los análisis de correlación, los pares de variables que presentaron valores mayores a 0.7 fueron: AP/AM (0.92), AP/LPE (0.72), AP/LTE (0.74), AP/LPRE (0.72), AM/LPRE (0.70), LPE/LTE (0.80), LE/LTE (0.88), DFM/DFF (0.90), LM/GH (0.84) y DM/GH (0.70). De acuerdo con Flores-Pérez *et al.* (2015), de los pares de variables que presentan correlaciones mayores a 0.7 en valor absoluto, se

descartan las variables menos informativas. Con este criterio, los caracteres seleccionados fueron altura de planta, longitud de espiga, número de ramas primarias y secundarias, días a floración masculina, número de hileras y granos por hilera.

En la gráfica biplot (Figura 1), se observa que los dos primeros componentes principales (CP) explicaron 97.7% de la variación, 95.7% para el Componente 1 y 2.0% para el Componente 2. El biplot de poblaciones por

Cuadro 4. Correlaciones entre 14 variables morfológicas de 25 poblaciones de maíz (*Zea mays* L.) nativo de Chiapas, México, en tres ambientes contrastantes.

	AP	AM	LPE	LE	LTE	LPRE	NRPE	NRSE	DFM	DFF	LM	DM	NH	GH
AP	1.0													
AM	0.92	1.0												
LPE	0.72	0.53	1.0											
LE	0.55	0.47	0.43	1.0										
LTE	0.74	0.58	0.80	0.88	1.0									
LPRE	0.72	0.70	0.49	0.58	0.64	1.0								
NRP	0.17	0.08	0.24	0.18	0.24	0.30	1.0							
NRS	0.45	0.54	0.18	0.10	0.16	0.55	0.10	1.0						
DFM	0.28	0.45	-0.10	0.39	0.20	0.31	-0.20	0.20	1.0					
DFF	0.28	0.45	-0.10	0.38	0.20	0.31	-0.20	0.21	0.90	1.0				
LM	0.66	0.61	0.43	0.39	0.48	0.48	0.06	0.26	0.20	0.21	1.0			
DM	0.29	0.15	0.28	0.22	0.29	0.10	0.14	-0.17	-0.11	-0.12	0.60	1.0		
NH	-0.25	-0.44	-0.02	0.04	0.02	-0.34	0.06	-0.56	-0.26	-0.27	-0.05	0.48	1.0	
GH	0.56	0.43	0.43	0.39	0.48	0.35	0.20	0.07	0.05	0.04	0.84	0.70	0.23	1.0

AP=altura de planta (cm); AM=altura de mazorca (cm); LPE=longitud del pedúnculo de la espiga (cm); LE=longitud de espiga (cm); LTE=longitud total de espiga (cm); NRP=número de ramas primarias de la espiga; NRS=número de ramas secundarias de la espiga; DFM=días a floración masculina; DFF=días a floración femenina; LM=longitud de mazorca; DM=diámetro de mazorca; NH=número de hileras; GH=granos por hilera.

caracteres morfológicos ayuda a entender la relación entre caracteres, así como identificar los que tienen asociación positiva o negativa (Yan y Tinker, 2006). Se observa que los días a floración masculina y la longitud de espiga estuvieron positivamente asociados, la altura de planta se asoció ligera y positivamente con días a floración masculina y longitud de espiga (cuadrantes I y II) pero negativamente con la ramificación de la espiga y los componentes del rendimiento. El número de ramas primarias y secundarias de la espiga se asociaron positivamente con los componentes del rendimiento número de hileras y granos por hilera (Cuadrante III). En la gráfica se observaron cuatro grupos bien definidos y se nota que la dispersión de las poblaciones se asoció a las procedencias y características de planta y mazorca de diferentes razas de maíz (Wellhasuen et al., 1951), en el grupo 1 (denominado complejo Olotillo) se localizaron las poblaciones Napalú-15, Olotillo-13, Napalú-7 y Jarocho-8 del municipio de Suchiapa. Estas poblaciones se identificaron como las de mayor altura de planta (245 a 295), ciclo más largo (63 a 68), bajo número de hileras (8 a 9) y valores opuestos en componentes del rendimiento respecto a las poblaciones que se localizaron en los cuadrantes III y IV. Por sus

características, en estas poblaciones la raza olotillo fue la raza principal, pero con introgresiones de otras razas.

En el grupo 2 (denominado complejo Tuxpeño), se agruparon las poblaciones Blanco-33, Olotillo-36,

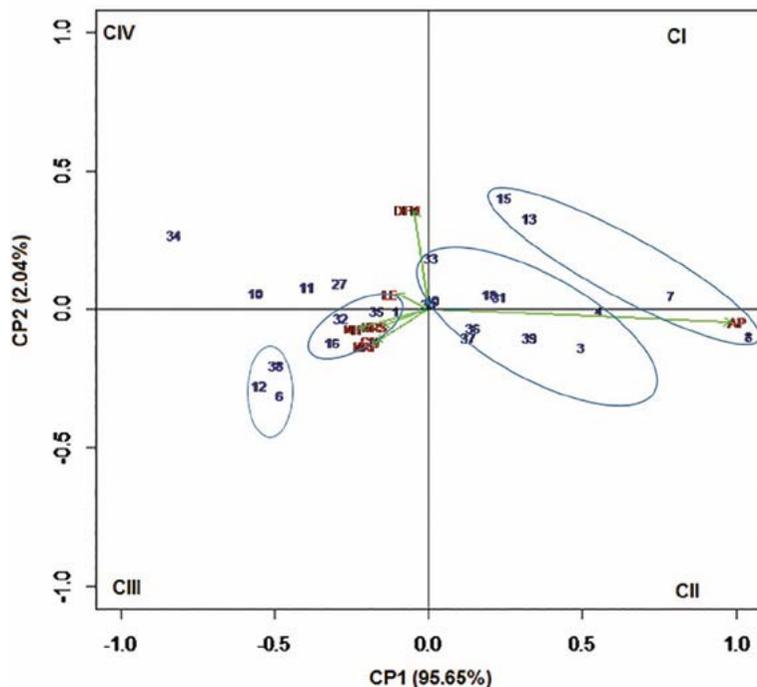


Figura 1. Dispersión de 25 poblaciones de maíz (*Zea mays* L.) nativo de Chiapas con base en los dos primeros componentes principales.

Dientilla-37, Poblano-39 y Americano-40 del municipio de Cintalapa, Rocame-18 y Amarillo-31 de Ocozocoautla, Tuxpeño-3 de Villaflores y Tuxpeño-4 de Suchiapa, estas poblaciones fueron de altura superior a la media (244 a 272 cm), floración masculina representativa del clima cálido (60 a 65 DDS) y valor intermedio de número de hileras (10 a 12). Excepto Tuxpeño-3 y Blanco-33 que presentaron mazorcas representativas de la raza Tuxpeño (Wellhausen *et al.*, 1951) y con mayor número de hileras (12 y 13.5), el resto de las poblaciones fueron complejos raciales integrados por las combinaciones de dos o más razas, principalmente Tuxpeño.

En el grupo 3 (denominado Zapalote Grande) se identificaron poblaciones Sensentano-6, Chimbo-12 y Opamil-38, que fueron poblaciones de ciclo precoz (51-55 DFM), menor altura de planta (212.9 a 227.7 cm) y presentaron valores de número de ramas primarias y secundarias por arriba de la media (11 a 12). Estas poblaciones tuvieron características de planta y mazorca semejantes a las descritas para la raza Zapalote grande. En el grupo 4 (denominado Tuxpeño), se localizaron las poblaciones Jarocho-1, Precoz-16, Rocame-32 y Tuxpeño-35 y fueron las recolectas más representativas de la raza Tuxpeño, identificadas como las de mayor número de hileras (12.8 a 13.3) y valores intermedios en los caracteres medidos en esta evaluación (Cuadro 3), Precoz-16 se clasificó como una población con tendencia a precocidad de la raza Tuxpeño.

Finalmente, en el cuadrante IV se dispersaron recolectas con características distintivas, por ejemplo, la población Azul-30 se asoció con la raza Elotero de Sinaloa y presentó valores intermedios en los caracteres medidos, Rojo-11 de mazorcas largas, Jarocho-10, Amarillo-27 y Olotillo-34 que fueron complejos raciales de dos o más razas, de porte bajo (200.6 a 229.8 cm) y sobresalientes en número de hileras (12.0 y 13.6), posiblemente estas poblaciones son materiales generados por los agricultores de la región de estudio con características y usos especiales y no muy bien documentadas. Las variables seleccionadas para la gráfica biplot, coinciden con las identificadas por otros autores (Chavez-Servia *et al.*, 2011; Diego-Flores *et al.*, 2012; Ferraz *et al.*, 2013), por lo que constituyen un conjunto de variables útiles para definir y clasificar la diversidad entre poblaciones. Torres (2015) reportó un mayor número de variables que contribuyeron a explicar la variabilidad morfológica de siete razas de maíz del estado de Chiapas, pero su estudio incluyó poblaciones de clima cálido, semicálido y templado.

En este estudio las razas Tuxpeño y Olotillo fueron las que se encontraron en mayor frecuencia, solas o en mezclas interracialas. Actualmente, se pueden considerar como las razas más representativas en las regiones de clima cálido del estado de Chiapas, este mismo patrón fue reportado por Sierra-Macias *et al.* (2014), en altitudes de 0 a 1300 m en el estado de Veracruz, México. La raza Olotillo pertenece al grupo de maíces tropicales de maduración tardía, mientras que Tuxpeño se localiza en el grupo de maíces dentados tropicales (Sánchez *et al.*, 2000), pero debido a la complejidad de los sistemas de producción tradicionales, estas y otras razas forman un continuo (Narez-Jiménez *et al.*, 2015). Chavez-Servia *et al.* (2011) sugieren que la alta frecuencia de complejos raciales, probablemente es el producto de la recombinación genética que se lleva a cabo mediante el flujo de polen entre localidades vecinas y el movimiento de semilla que hacen los agricultores ya sea entre vecinos o con agricultores de regiones muy apartadas. Torres (2015) estudio la diversidad de siete razas de maíz de Chiapas utilizando datos morfológicos y moleculares mediante micro satélites (SSRs), y registró que diferentes poblaciones de las razas Tepecintle y Zapalote Grande formaron grupos definidos permitiendo diferenciarlas como grupos separados; el resto de las razas de maíz que fueron clasificadas *a priori*, en cierto grupo racial, se ubicaron con otros, lo que indica mayor complejidad genética. En el estudio de la interacción genotipo-ambiente de estas poblaciones realizado en tres ambientes contrastantes por sequía intraestival, las poblaciones Tuxpeño-3, Precoz-16 y Olotillo-34 fueron las de mayor rendimiento promedio, mientras que las poblaciones Criollo amarillo-31 y Rocame-32 presentaron alto rendimiento de grano y estabilidad (Martínez *et al.*, 2016). Se sugiere iniciar esquemas de mejoramiento genético para estas poblaciones, enfocado a aumentar el rendimiento de grano y la resistencia a sequía. Por otro lado, se tiene que trabajar en la promoción y mejoramiento de las poblaciones de ciclo precoz (Raza Zapalote grande) como alternativa para los nuevos entornos de cambio climático, pronosticados con largo periodos de sequía, calor extremo y precipitaciones irregulares (Hellin *et al.*, 2014). Finalmente, es deseable conservar las poblaciones caracterizadas en este estudio, por lo tanto, se propone establecer un banco de germoplasma en el área de influencia del Campo Experimental Centro de Chiapas.

CONCLUSIONES

Las 25 poblaciones de maíz nativo de Chiapas, presentaron diferencias significativas en 14

características fenológicas, de planta, espiga y mazorca. Las variables seleccionadas para definir y clasificar a las poblaciones fueron: días a floración masculina, altura de planta, longitud de espiga, número de ramas primarias y secundarias de la espiga, número de hileras y número de granos por hilera. Las recolectas fueron agrupadas en cuatro grandes grupos, denominados Complejo Olotillo, complejo Tuxpeño, Zapalote grande y Tuxpeño. La variación identificada puede ser la base para el mejoramiento genético y diferentes estrategias de conservación y aprovechamiento.

LITERATURA CITADA

- Chavez-Servia J.L., Diego-Flores P., Carrillo-Rodríguez J.C. 2011. Complejos raciales de poblaciones de maíz evaluadas en San Martín Huamelulpan, Oaxaca. *Ra Ximhai*. 7(1): 107-115.
- Diego-Flores P., Carrillo-Rodríguez J.C., Chavez-Servia J.L., Castillo-González F. 2012. Variabilidad morfológica en poblaciones de maíz nativo de la mixteca Baja Oaxaqueña, México. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCUIYO*. 48(1):157-171.
- Ferraz T.Y., Permuy A.N., Acosta R.R. 2013. Evaluación de accesiones de maíz (*Zea mays* L.) en condiciones de sequía en dos zonas edafoclimáticas del municipio Gibara, provincia Holguín. *Evaluación morfoagronómica y estudios de la interacción genotipo x ambiente*. *Cultivos Tropicales*. 34(4): 24-30.
- Flores-Pérez L., López P.A., Gil-Muñoz A., Santacruz-Varela A., Chavez-Servia J.L. 2015. Variación intra-racial de maíces nativos del altiplano de Puebla, México. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCUIYO*. 18(1):1-17.
- Gómez M.N.O., Coutiño E.B., Trujillo C.A. 2010. Conocimiento de la diversidad y distribución actual del maíz nativo y sus parientes silvestres en México, segunda etapa 2008-2009. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Región Pacífico Sur. Informe Final Estados: Chiapas, Guerrero y Morelos, proyecto No. FZ016, México, D. F.
- Hellin J., Bellon M.R., Hearne S.J. 2014. Maize landraces and adaptation to climate change in Mexico. *Journal of Crop Improvement*. 28(4): 484-501.
- International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR). 1991. Descriptors for maize. International Maize and Wheat Improvement Center. México City/IBPGR. Rome Italy. 87p.
- López L.A., Villar S.B. 1991. Análisis climático de la región Centro de Chiapas y zonificación de áreas con riesgo de sequía intraestival. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Instituto de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias Centro de Chiapas. Publicación No. 1. 41p.
- Martínez S.J., Espinosa P.N., Villegas A.Y. 2016. Interacción genotipo-ambiente en poblaciones de maíz nativo de Chiapas. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*. 3(1):38-48.
- Muñoz O. A. 2003. Centli Maíz. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. De México. 211p.
- Narez-Jimenez C.A., de la Cruz-Lázaro E., Gómez-Vázquez A., Cruz-Hernández A., Brito-Manzano N. P., Márquez-Quiroz C. 2015. Diversidad morfológica de maíces nativos de la región Grijalva del estado de Tabasco, México. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)*. 32:1-20.
- 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 R. H., Hernández C. J. M. 2005. Diversidad del maíz en Chiapas. *In: Diversidad Biológica en Chiapas*. González-Espinosa M., N. Ramírez-Marcial y L. Ruíz-Montoya (Coords.). Plaza y Valdés S.A de C.V. México, D.F. Pp: 419-440.
- Ramírez C.A. 2013. Selección de maíces criollos de ciclo corto como estrategia frente al cambio climático en Michoacán. *Avances en Investigación Agropecuaria* 17(2): 7-21.
- Rocandio-Rodríguez M., Santacruz-Varela A., Cordova-Tellez L., López- Sánchez H., Castillo-González F., Lobato-Ortiz R., García-Zavala J. J., Ortega-Paczka R. 2014. Caracterización morfológica y agronómica de siete razas de maíz de los Valles Altos de México. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 37(4):351-361.
- Sanchez G.J.J., Goodman M.M., Stuber C.W. 2000. Isozymatic and morphological diversity in the races of maize of México. *Economic Botany*. 54: 43-59.
- SAS. 2000. Statistical Analysis System. Software Release 8.1. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.
- Sierra-Macias M., Andrés-Meza P., Palafox-Caballero A., Meneses-Márquez I., Francisco-Nicolás N., Zambada-Martínez A., Rodríguez-Montalvo F., Espinosa-Calderón A., Tadeo-Robles M. 2014. Variación morfológica de maíces nativos (*Zea mays* L.) en el estado de Veracruz, México. *Agroproductividad*. 7(1):58-65.
- Torres M.B. 2015. Huella genética de razas de maíz del estado de Chiapas mediante micro satélites. Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de Posgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México.
- Yan W., Tinker N.A. 2006. Biplot analysis of multi-environment trial data: principles and applications. *Canadian Journal of Plant Science*. 86: 623-645.
- Wellhausen E.J., Roberts L.M., Hernández-X.E. 1951. Razas de Maíz en México, su Origen, Características y Distribución. Folleto Técnico No. 5. Oficina de Estudios Especiales. Secretaría de Agricultura y Ganadería. México, D.F. 237 p.

ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE FRUTOS DE CHILE "SIETE CALDOS" (*Capsicum annuum*) CULTIVADOS EN CONDICIONES DE CIELO ABIERTO Y CASA SOMBRA

BROMATOLOGICAL ANALYSIS OF "SIETE CALDOS" PEPPER FRUITS (*Capsicum annuum*) GROWN UNDER OUTDOOR AND SHADE HOUSE CONDITIONS

Solís-Marroquín, D.^{1*}; Lecona-Guzmán, C.A.²; Ruiz-Lau, N.³; Ocampo, P.; Rodas-Trejo, J.; Gonzales-Santiago, C.; González-Mejía, O.; Gordillo-Páez, L.¹

¹Escuela de Estudios Agropecuarios Mezcalapa. Universidad Autónoma de Chiapas. ²Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales. Instituto Tecnológico de Tuxtla GTZ. ³Cátedra CONACYT. Carretera Chicoasen-Malpaso. Km24+300. C.P. 29625, Copainalá, Chiapas.

*Autor correspondencia: yrelav0102@gmail.com

RESUMEN

Se evaluaron accesiones de un banco de germoplasma de chiles "siete caldos" (*Capsicum annuum*) de la Escuela de Estudios Agropecuarios de Mezcalapa, Chiapas, México; cultivados bajo condiciones de casa sombra y cielo abierto. Los frutos cosechados de diferentes tonalidades fueron analizados bromatológicamente. Los resultados mostraron que 86% del contenido de humedad de frutos verdes cosechados en cielo abierto no presentan diferencias estadísticas significativas contra frutos de chiles de casa sombra. El 21% del contenido de proteínas, es el valor más alto reportado para frutos de color morado bajo las dos condiciones de cultivo, y los frutos rojos presentaron valores de 8.00% y 7.34%, para cielo abierto y casa sombra respectivamente. Los frutos en tonalidades de color rojo-verde y rojo-oscurro-verde registraron los valores más altos de fibra cruda (16.10% y 16.50%, respectivamente) a cielo abierto y ceniza (9.0%).

Palabras claves: chile, *A. eugenii*, analisis proximal, Chiapas

ABSTRACT

The accessions from a germplasm bank of "siete caldos" peppers (*Capsicum annuum*) from the Escuela de Estudios Agropecuarios de Mezcalapa, Chiapas, México, were evaluated, grown under shade house and outdoor conditions. The fruits harvested from different tonalities were analyzed with food science techniques. The results showed that 86 % of the moisture content of green fruits harvested outdoor do not present significant statistical differences against shade house pepper fruits. Of the protein content, 21 % is the highest value reported for purple color fruits under the two cultivation conditions, and the red fruits presented values of 8.00% and 7.34%, for outdoor and shade house, respectively. The fruits in tonalities of red-green and red-dark-green color showed the highest values of raw fiber (16.10% y 16.50%, respectively) outdoor and ash (9.0%).

Keywords: pepper, *A. eugenii*, proximal analysis, Chiapas.



Agroproductividad: Vol. 10, Núm. 9, septiembre. 2017, pp: 34-40.

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

INTRODUCCIÓN

El género *Capsicum* L., es la tercera solanácea, después del tomate (*Solanum lycopersicum*) y papa (*Solanum tuberosum*), que se cultiva en todo el mundo, por ser una hortaliza que se consume y comercializa en fresco. La creciente demanda y los requerimientos culinarios y nutricionales permiten que sea propicio su cultivo en la modalidad comercial de orgánico, el cual proporciona un buen manejo del suelo, mejor control de plagas de manera que no cause daño al ambiente y se obtienen frutos cosechados con calidad, rendimiento, y libres de residuos de plaguicidas. Para los años 2005-2009 la producción de Chile en China, México, Turquía, Indonesia y Europa fue de un millón de toneladas. En México, en el 2010, se exportó el 99.4% a EEUU y el 0.6% a Canadá (FAO, 2011). El Chile (*Capsicum* spp.) se cultiva en distintos países de los cinco continentes (Nuez *et al.*, 2003). Su demanda para consumo fresco o procesado en los últimos años aumentó (SIAP, 2010). Entre las principales limitantes para producir esta solanácea se encuentra el ataque de insectos fitófagos asociados al cultivo. En México y otras zonas tropicales y subtropicales de América, la plaga de mayor importancia en América es el barrenillo o picudo del Chile (*Authonomus eugenii*; Cano; Coleoptera; Curculionidae) (Abreu y Cruz, 1985, Andrews *et al.*, 1986, Arcos *et al.*, 1998, Toapanta *et al.*, 2005). Esta especie ocasiona pérdidas desde 20% a 100% de la producción (Cortez-Mondaca, 2008). Existe gran cantidad de variedades de Chile, por ejemplo en México, se registran diferentes tamaños, colores, formas y sabores (Rodríguez-Del Bosque, 2005). El Chile es un alimento importante según la historia y cultura (Pedraza y Gómez, 2008), y es considerado uno de los condimentos principales de la comida mexicana. Además, contiene minerales (potasio, hierro, magnesio) y vitaminas A y C, tiamina, riboflavina y niacina (SAGARPA, 2012), además de usos en la industria farmacéutica y militar por el contenido de capsaicina. En Chiapas, México, particularmente en Comitán, existe un Chile denominado siete caldos que por sus características organolépticas lo utilizan como insumo para la elaboración de salsas. Actualmente no se ha caracterizado, pero es una especie conocida coloquialmente como variante de *C. chinense*, que por su pungencia y caracteres morfológicos, presenta una gama de colores que en el presente estudio se analizan bromatológicamente, y se comparan dependiendo de su forma de cultivo: cielo abierto y casa sombra, además de contrastar el contenido nutricional de frutos sanos y los infectados por *A. eugenii*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Semillas del banco de germoplasma de Chile de "siete caldos" (*Capsicum* sp.) de la Escuela de Estudios Agropecuarios de Mezcalapa de Chiapas, México fueron sembrados en charolas de germinación. Se utilizó como sustrato peat moss y se colocó una semilla por cavidad. El sustrato se mantuvo hidratado cubierto con plástico negro para controlar las condiciones de luz y temperatura por 15 días. Una vez germinada las plántulas se rociaron con ácido húmico hasta alcanzar una altura de 15 cm para ser trasplantadas. Se realizó la limpieza del terreno para una casa sombra de 60% y a cielo abierto de forma manual (eliminación de maleza, piedras). Se trazaron tres hileras a una distancia de 40 cm cada una. Para el trasplante se hicieron cepas de 30x30 cm, el cual fue rellenado con una mezcla de bocashi: tierra negra (1:3). Se trasplantaron 100 plántulas para casa sombra y 100 plántulas para cielo abierto. Las condiciones de temperatura fueron de 34.6 ± 2 °C para cielo abierto y 27.7 ± 2 °C para casa sombra.

Las plántulas se regaron cada tercer día con agua corriente y fertilizaron con diferentes productos orgánicos en el siguiente orden: 1) súper magro[®], 2) moringa (*Moringa oleifera*), 3) algas marinas y 4) té de cenizas, con el fin de que las plantas mantuvieran con buen vigor, cada 10 días entre cada producto.

Para el control de malezas, insectos y enfermedades, se eliminó la maleza de forma manual o con la ayuda de un azadón. Se aplicó té de cebolla por la presencia de hongos e incidencias de chapulines, y para prevenir mosquita blanca, se aplicó extracto de pimienta (*Piper nigrum*) para repeler insectos y se colocaron trampas amarillas con vaselina.

Para la cosecha y análisis bromatológico, se tomaron frutos de tres meses de edad después de antesis, en ambas modalidades de cultivo, guiados por las diversas tonalidades que presentaron: Chile morados, verdes, rojos, amarillos, anaranjados, rojo-verde, rojo-oscuro-verde, rojo-quemado-oscuro.

Los frutos se partieron por mitad extrayendo las semillas para su almacenamiento y conservación, mientras que el pericarpio y endocarpio fueron enviados al laboratorio de agua, suelos y planta de la Universidad Autónoma de Chiapas Facultad de Ciencias Agrícolas Campus IV, certificado por la Norma Oficial Mexicana NOM-21-RECNAT-2000 para su análisis bromatológico. Las

determinaciones bromatológicas se reportaron en porcentajes y fueron: Humedad, Nitrógeno, Proteína, Grasa, Fibra Cruda, Cenizas, pH, Acidez Titulable, Grados Brix y Azúcares Totales. Los frutos de chiles que presentaron daño por el picudo del chile también se analizaron.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvo un 100% de germinación de semillas de chile siete caldos, con 80% de supervivencia después del trasplante en condiciones de cielo abierto y 100% en casa sombra, las cuales presentaron buen vigor después de tres meses de edad. En la Figura 1 se observa las condiciones de cielo abierto (A), la planta crecida bajo estas condiciones (B), la diversidad de colores presentados en los frutos (C) y los diversos tamaños de los frutos (D). En la Figura 2, se muestra las condiciones de casa sombra (A), la planta cultivada en estas condiciones (B), los diversos colores de los frutos (C) y la diversidad de tamaños de los frutos (D). Figura 3, muestra los frutos infectados con el picudo o barrenillo del chile bajo condiciones de cielo abierto (A) y casa sombra (B).

Las determinaciones bromatológicas se realizaron de acuerdo a las diferentes tonalidades del fruto: morado, verde, rojo, amarillo, anaranjado, rojo-verde, rojo-oscuro-verde y rojo-quemado-oscuro en frutos cosechados bajo condiciones de cielo abierto (Cuadro 1) y casa sombra (Cuadro 2), así como para los frutos que presentaron daño por el picudo del chile bajo ambas condiciones (Cuadro 3).

Los resultados muestran que los frutos de chiles siete caldos cultivados en condiciones de cielo abierto presentan un porcentaje de humedad



Figura 1. Plantas de chile siete caldos (*Capsicum annuum*) y las diversas tonalidades de sus frutos bajo condiciones de cielo abierto.

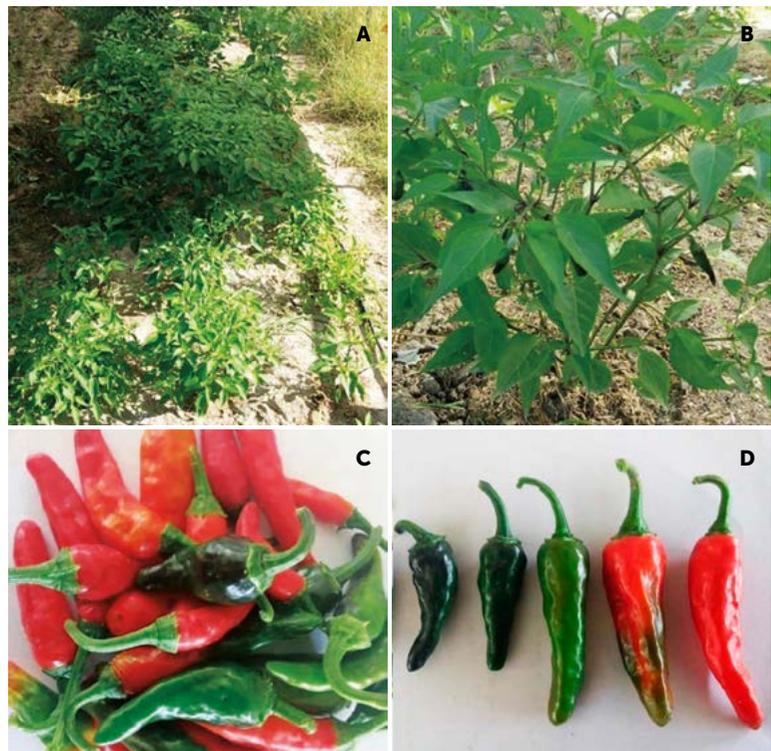


Figura 2. Plantas de siete caldos (*Capsicum annuum*) cultivadas bajo condiciones de casa sombra y sus frutos de diversos colores.

menor que los de casa sombra. Excepto por los chiles verde y rojo-verde que presentaron humedad de 86% y 85%, respectivamente. Dichos datos son parecidos a los obtenidos en casa sombra para las tres tonalidades de fruto. Para el caso de chiles barrenados con *A. eugeni* hubo un descenso

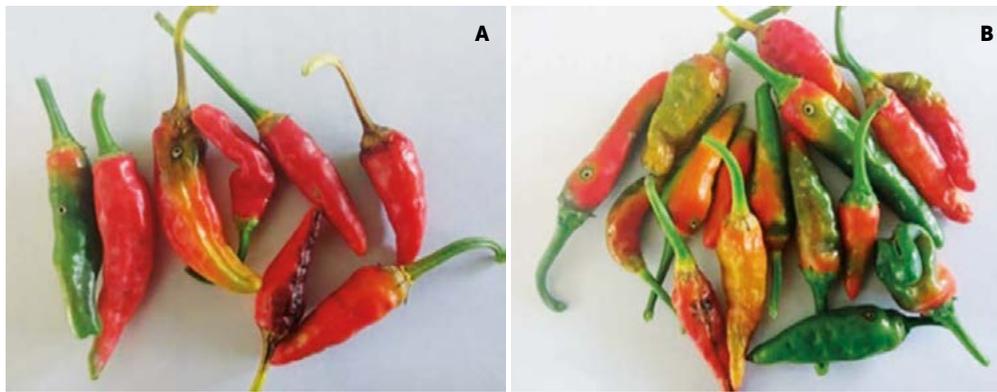


Figura 3. Frutos de Chile siete caldos (*Capsicum annuum*) infectados por *A. eugenii* bajo condiciones de cielo abierto (A) y casa sombra (B).

Cuadro 1. Análisis bromatológico de Chile siete caldos (*Capsicum annuum*) bajo condiciones de cielo abierto.

Color de fruto	Humedad (%)	Proteína (%)	Grasa (%)	Fibra cruda (%)	Cenizas (%)	pH	Acidez Titulable (%)	Grados Brix (%)	Azúcares Totales (mg/mL)
Morado	83.24cd ± 0.006	21.06e ± 0.006	4.50a ± 0.006	13.50c ± 0.000	9.00h ± 0.00	5.57d ± 0.006	0.51c ± 0.006	9.90h ± 0.006	0.83e ± 0.003
Verde	86.23e ± 0.006	18.69d ± 0.006	4.60ab ± 0.006	13.50c ± 0.006	6.50f ± 0.006	5.50e ± 0.006	0.45b ± 0.006	6.40c ± 0.00	0.45d ± 0.003
Rojo	81.43ab ± 0.000	16.69c ± 0.006	8.0f ± 0.006	12.00a ± 0.006	6.00d ± 0.006	5.57f ± 0.006	0.45ab ± 0.006	5.10a ± 0.003	0.44cd ± 0.003
Amarillo	81.04a ± 0.006	15.00b ± 0.006	4.80bc ± 0.006	15.60d ± 0.000	6.10e ± 0.006	5.30c ± 0.006	0.43a ± 0.006	8.30e ± 0.003	0.41a ± 0.003
Anaranjado	82.20abc ± 0.006	13.90a ± 0.012	6.10e ± 0.012	13.80c ± 0.012	5.90c ± 0.006	5.20b ± 0.006	0.50c ± 0.006	9.10g ± 0.007	0.43bc ± 0.003
Rojo-verde	85.08e ± 0.000	15.00b ± 0.000	5.50d ± 0.00	16.10e ± 0.000	5.68b ± 0.000	5.63g ± 0.000	0.49c ± 0.000	6.20b ± 0.00	0.46d ± 0.000
Rojo-oscuro-verde	83.39c ± 0.006	13.50a ± 0.012	5.00c ± 0.006	16.50e ± 0.012	5.63a ± 0.012	5.58f ± 0.006	0.70f ± 0.012	8.50f ± 0.003	0.45d ± 0.006
Rojo-quemado-oscuro	82.35bc ± 0.000	15.20b ± 0.006	5.84e ± 0.012	12.50b ± 0.012	5.7b ± 0.012	5.15a ± 0.006	0.54d ± 0.006	7.79d ± 0.007	0.42ab ± 0.003

Nota: Datos con letras diferentes son estadísticamente significativos. ± Desviación típica.

Cuadro 2. Análisis bromatológico de Chile siete caldos (*Capsicum annuum*) bajo condiciones de casa sombra.

Color de fruto	Humedad (%)	Nitrógeno (%)	Proteína (%)	Grasa (%)	Fibra cruda (%)	Cenizas (%)
Morado	85.67 ^b ± 0.000	3.47 ^d ± 0.000	21.69 ^c ± 0.006	4.50 ^a ± 0.006	13.00 ^a ± 0.006	ND
Verde	85.30 ^b ± 0.006	3.18 ^c ± 0.007	19.87 ^{bc} ± 0.000	6.85 ^c ± 0.000	15.70 ^d ± 0.006	ND
Rojo	85.80 ^b ± 0.288	2.71 ^b ± 0.007	16.94 ^b ± 1.688	7.34 ^d ± 0.000	15.00 ^c ± 0.006	9.00 ^b ± 0.000

Nota: Datos con letras diferentes son estadísticamente significativos. ± Desviación típica. ND: no se determinó.

Cuadro 3. Análisis bromatológico de Chile siete caldos enfermos.

Condición	Humedad (%)	Nitrógeno (%)	Proteína (%)	Grasa (%)	Fibra cruda (%)	Cenizas (%)
Cielo abierto	84.35 ^d ± 0.000	2.72 ± 0.000	17.00 ^c ± 0.010	4.50 ^a ± 0.007	12.31 ^b ± 0.007	ND
Casa sombra	82.10 ^a ± 0.000	2.53 ^a ± 0.000	15.81 ^a ± 0.007	4.83 ^b ± 0.294	13.21 ^b ± 0.007	8.00 ^a ± 0.000

Nota: Datos con letras diferentes son estadísticamente significativos. Se comparó estadísticamente bajo su respectiva condición de cultivo de cielo abierto o casa sombra según sea el caso. ± Desviación típica. ND: No determinado.

en el contenido de humedad comparado con los chiles cultivados en casa sombra, pero para el caso de chile infectado por el picudo en cielo abierto es casi parecida a la humedad del chile morado cultivado en la misma condición. Morales Guzmán (2013) reporta valores de humedad de 91% a 92% para frutos de pimiento morrón (*Capsicum annuum*) para diferentes meses de corte del fruto (agosto, octubre y noviembre); mostrando un contenido de humedad más alto que el obtenido en el chile siete caldos. Para el caso de chile malangueta (*Capsicum frutescens*) la humedad registrada es de 29.4% valor inferior al registrado para chile siete caldos (Rebousas, Valverde y Teixeira, 2013).

El porcentaje de proteínas fue mayor en los chiles morados (21%) bajo las dos condiciones ambientales expuestas. Los chiles verdes y rojos de cielo abierto y casa sombra tienen valores parecidos. Los chiles anaranjados y rojo-oscuro-verde bajo condiciones de cielo abierto presentan 14% del contenido de proteínas, aproximadamente, arrojando los valores más bajos. Mientras que los chiles con daño por el picudo del chile presentaron 17% de contenido de proteínas para el caso de cielo abierto, valor que es comparable con el dato obtenido en el chile rojo bajo condiciones de cielo abierto y casi 16% de proteínas para el dañado por el barrenador en condiciones de casa sombra; valor inferior de los obtenidos en los frutos bajo estas condiciones. En estudios realizados por Rebousas et al. (2013) se registró 4.8% en *Capsicum frutescens* (chile malangueta). Sandoval et al. (2011) reportan para chile piquín 0.19 mg de proteína, Emmanuel-Ikpeme y colaboradores (2014) reportan en *Capsicum annuum* y *C. frutescens* 11% de proteína; valores que son inferiores registrado en chile siete caldos. Para el caso de chile habanero (Pino et al., 2010) el valor reportado es de 14.92% del contenido de proteína dato que es parecido al valor reportado para chile siete caldos con tono rojo-verde y rojo quemado oscuro.

El porcentaje de grasa para los chiles rojos, bajo las dos condiciones sometidas, fue el más alto valor reportado (8% y 7%, cielo abierto y casa sombra, respectivamente). El fruto morado fue el que obtuvo el menor valor de grasa (4.5%), para el caso de cielo abierto y casa som-

bra; seguido del fruto verde, amarillo, rojo-oscuro-verde, rojo-verde, rojo-quemado-oscuro y anaranjado, respectivamente, con valores que incrementan conforme la coloración descrita. El 4.5% del contenido de grasa del fruto del chile siete caldos atacado por el barrenador del chile cultivado en cielo abierto coincide con el mismo 4.5% del contenido de grasa del fruto morado bajo las mismas condiciones de cielo abierto.

Para el caso de frutos tacados por *A. eugeni* bajo condiciones de casa sombra se registraron 4.83% de grasa, que no se compara con ningún valor para los chiles de casa sombra, pues es un dato mayor al determinado en el fruto morado y menor al obtenido con el fruto verde y rojo bajo las mismas condiciones. En el chile malangueta (*Capsicum frutescens*) el porcentaje de lípidos es de 0.63 mostrando que hay menor cantidad de grasa en este tipo de chile (Rebousas et al., 2013). En el caso de chile campana se obtuvo un valor de 1.88 g /100g de grasa cruda para el fruto completo (Ilesanmi, 2014), así mismo *Capsicum annuum* registró 1.75% de grasa, mientras que *C. frutescens* mostró 0.355% de grasa en un trabajo realizado por Emmanuel-Ikpeme et al. (2014); esto demuestra que son valores más bajos que los resultados aquí presentados por el chile siete caldos. Pino et al. (2010) citan 14.92% de contenido de lípidos para el *C. chinense* valor superior al obtenido en el chile siete caldos.

Los valores más altos de fibra cruda, fueron de 16.10% y 16.50%, en los frutos rojo-verdes y rojos-oscuros-verdes, respectivamente, en condiciones de cielo abierto. El valor más bajo, fue de 12% y 12.5% para fruto rojo y rojo-quemado-oscuro, respectivamente, bajo condiciones de cielo abierto. En condiciones de casa sombra el chile morado con 13% de contenido de fibra es casi parecido a los valores de los frutos morado, verde y anaranjado bajo condiciones de cielo abierto. Mientras que el 15.70% de contenido de fibra del fruto verde de casa sombra se parece al valor de 15.60% de contenido de fibra del fruto amarillo de cielo abierto. En *Capsicum annuum* el porcentaje de fibra insoluble es de 13.22 y el de fibra soluble de 9.44%. Para el caso de *C. frutescens* es de 1.02% de fibra insoluble y 0.76% de fibra soluble (Emmanuel-Ikpeme et al., 2014); los datos de *C. annuum* son parecidos a los obtenidos por los chiles siete caldos,



mientras que los de *C. frutescens* son inferiores al valor obtenido en el presente estudio. En el Chile piquín en contenido de fibra es de 33.59 mg (Sandoval-Rangel et al., 2011) haciendo evidente que es mayor al del Chile siete caldos. Mientras que el Chile campana registró 4.73 g 100 g⁻¹ de fibra cruda (Ilesanmi, 2014) mostrando que está por debajo de lo que contiene el Chile siete caldos. Para el Chile habanero (Pérez et al., 2008) se ha registrado 0.737% de contenido de fibra.

En el caso de los diferentes frutos bajo condiciones de cielo abierto, el valor del pH fue de 5 para todos, aumentando en valores decimales de las tonalidades rojo-quemado-oscuro, anaranjado, amarillo, rojo, verde, morado, rojo-oscuro-verde hasta rojo-verde. El porcentaje de acidez titulable fue de 0.70 en el fruto rojo oscuro verde (valor más alto) y 0.43 en el fruto amarillo (valor más bajo). Los valores de °Brix fueron de 5.1 hasta 9.9; siendo el valor más alto para el fruto morado y el más bajo para el rojo. Mientras que los azúcares totales casi oscilan en valores los 0.41-0.46 mg mL⁻¹.

El Chile siete caldos es sus diferentes colores del fruto presenta buen contenido de humedad; lo que puede ocasionar un problema, al ser almacenado en condiciones de poca luz, propiciando el crecimiento de hongos y descomposición. El contenido de proteínas es bastante alto por lo que se sugiere como un aditivo para acompañar a otros alimentos. El Chile es una fuente de alimento que proporciona en menor cantidad los lípidos; pero en relación con otros Chiles, reportados, se encontró un alto contenido. Los valores de fibra obtenida en el Chile siete caldos sugieren que pueden ser buenos alimentos para resistir la digestión y absorción en el intestino delgado del humano por contener fibra. El alto contenido de cenizas permite atribuir que este Chile es rico en sales minerales. Por todo esto, este Chile es recomendado para su uso en la industria alimentaria, para la elaboración de aditivos o como alimento en recetas nutritivas. Para el caso de frutos atacados por el barrenador, aunque posee buena calidad nutricional, este no es visiblemente atractivo al consumidor, sin embargo, su destino puede ser la industria farmacéutica y militar.

CONCLUSIONES

Las determinaciones bromatológicas realizadas a los frutos de Chile siete caldos tanto en condiciones de casa sombra como cielo abierto mostraron un buen aporte nutricional, lo que permite sugerir am-

pliamente su consumo en la industria alimentaria como fruto fresco, deshidratados o en conserva. Para el caso de los frutos infectados por *A. eugenii* los contenidos proximales arrojaron valores que podrían ser utilizados quizá para otro tipo de industria, considerando el rescate de compuestos como pigmentos y capsaicina después de un proceso de extracción y purificación química que cumpla con los estándares de control de calidad grado uso industrial.

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Jorge Luis Salvador Castillo y al M.C. Víctor Manuel Torres Moreno quienes son responsables del Laboratorio de Agua Suelos y Planta de la Universidad Autónoma de Chiapas donde se analizaron las muestras, de manera rápida, para los estudios bromatológicos. Al Ing. Edgar Antonio Mier Fernández por su apoyo en las figuras presentadas.

LITERATURA CITADA

- Abreu E., Cruz C. 1985. The occurrence of the pepper weevil *Anthrenus eugenii* in Puerto Rico. Journal in Agricultural University of Puerto Rico. 69: 223:224.
- Andrews K.L., Rueda A., Gandini G., Evans S., Arango A., Avedillo M. 1986. A supervised control program from the pepper weevil *Anthrenus eugenii* in Honduras, Central America. Tropical Pest Management. 32: 1.4.
- Arcos G., Hernández J.D.E. Uriza O. Pozo, Olivera A. 1998. Tecnología para producir Chile jalapeño en la planicie costera del Golfo de México. INIFAP. PRODUCE. Secretaría de Agricultura. México. Folleto técnico No. 24. 206 p.
- Cortez-Mondaca E. 2008. Picudo del Chile *Anthrenus eugenii* (Coleoptera, Curculionidae). In: Casos de control biológico en México. Arredondo-Bernal.H.C. Y L. A. Rodríguez del Bosque (eds.). Ed. Mundi-Prensa. México. pp. 127- 135.
- Emmanuel-Ikpeme C., Peters H., Okiri O.A. 2014. Comparative evaluation of the nutritional, phytochemical and microbiological quality of three pepper varieties. Journal of Food and Nutrition Sciences. 2(3): 74-80.
- FAO. 2011. Estadísticas de países productores y comercializadores agrícolas. FAOSTAT. Informe estadístico (Consultado el 01 de enero del 2013).
- Ilesanmi A.E. 2014. The contribution of flesh, placenta and seeds to the nutritional attributes of a variety of *Capsicum annum* (Bell pepper). Food Science 68: 22587-22594.
- Nuez F.R., Gil Ortega, Acosta J. 2003. El cultivo de pimientos, chiles y ajíes. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 607 p.
- Pedraza R.L.C., Gómez G.A.A. 2008. Análisis exploratorio del mercado y la comercialización de Chile piquín (*Capsicum annum* var. *aviculare* Dierb.) en México. Tecsis-tecatl: Economía y sociedad de México. 1(5):1-8.
- Pérez A., Palacios B., Castro A. 2008. Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes. Ogali. México.
- Rebouças Tiyoko N.H., Valverde Renata M.V., Teixeira Helmo L. 2013. Bromatología da pimenta malagueta in natura e processada em conserva. Brasil. Horticultura Brasileira 31: 163-165.



- Rodríguez-Del Bosque L.A. 2005. Preferencia del consumidor por el chile piquín en comparación con otros chiles en el noreste de México. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*. 11(002):279-281.
- Rubio-Pino J.L., Iloki-Assanga S.B., Lewis-Lujan L.M., Meza-Cueto C.Y., Gil-Salido A.A., Acosta-Silva, A.L., Lipovka Y. 2010. Caracterización química, nutrimental y evaluación de la actividad biológica *in vitro* de los chiles habanero (*Capsicum chinense*), chiltepin (*Capsicum annuum* var. *Glabriusculum*), morrón verde y rojo (*Capsicum annuum* L.).
- Sandoval-Rangel, A.; Benavides-Mendoza, A.; Alvarado-Vázquez, M. A.; Foroughbakhch-Pournavab R., Núñez-González, M. A. y Robledo-Torres, V. 2011. Influencia de ácidos orgánicos sobre el crecimiento, perfil bromatológico y metabolitos secundarios en chile piquín. *TERRA LATINOAMERICANA* 29 (4): 395- 401.
- SAGARPA. 2012. ¿De dónde viene mi comida? La agricultura, ganadería y Pesca en México y el mundo. Servicio de alimentación agroalimentario y pesca. [http:// www.siap.gob.mx/siaprendes/ contenidos/recursos/libro/dedondevienemicomida.pdf](http://www.siap.gob.mx/siaprendes/contenidos/recursos/libro/dedondevienemicomida.pdf).
- SIAP. 2010. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). Un panorama de cultivo de chile. SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). México. 20 p.
- Toapanta M. A., D. J. Schuster and P. A. Stansly. 2005. Development life history of *Anthonomus eugenii* (Coleoptera: Curculionidae) at constant temperature. *Environ Entomol.* 34: 999: 1008.



GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE VARIEDADES CRIOLLAS DE MAÍZ (*Zea mays* L.) BAJO DÉFICIT HÍDRICO

GERMINATION OF SEEDS FROM CREOLE MAIZE (*Zea mays* L.) VARIETIES UNDER WATER DEFICIT

Espinosa-Paz, N.¹; Martínez-Sánchez, J.¹; Ariza-Flores, R.²; Cadena- Iñiguez, P.¹; Hernández-Maldonado, M.³; Ramírez-Córdova, A.L.³

¹Campo Experimental Centro de Chiapas del INIFAP, km 3 carretera internacional Ocozocoautla-Cintalapa, Ocozocoautla, Chiapas. C.P. 29140. ²Campo Experimental Iguala del INIFAP, Iguala Guerrero. 3UAAAN Centro Académico Regional Chiapas, Cintalapa, Chiapas.
Autor de correspondencia: espinosa.nestor@inifap.gob.mx

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar y seleccionar variedades criollas de maíz (*Zea mays* L.) por tolerancia a la germinación y otras características morfológicas de las plántulas bajo déficit hídrico. Se evaluaron 42 variedades recolectadas en áreas con sequía recurrente en Chiapas, México. El estudio se realizó en el laboratorio de Fisiología Vegetal del Campo Experimental Centro de Chiapas del INIFAP. El déficit hídrico se indujo con Polietileno Glicol PM 8000 (SIGMA) a una concentración de 12.5 g en 100 ml de agua, originando déficit hídrico de -5 barías. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones. El análisis de varianza detectó diferencias estadísticas significativas entre variedades criollas para porcentaje de germinación, longitud de coleoptilo, longitud del mesocótilo y pesos seco total de plántula, bajo déficit hídrico, lo cual indica gran variabilidad genética entre ellas. Se seleccionaron las siguientes variedades criollas: Olotillo, Azul, Amarillo, Tuxpeño, Jarocho y Rocamex, por mayor tolerancia a su germinación y características morfológicas bajo déficit hídrico, mismas que deben usarse en los programas de mejoramiento genético para tolerancia a sequía en la región cálida subhúmeda de Chiapas y de otras regiones con clima similar.

Palabras claves: maíces criollos, velocidad de germinación, estrés, sequía

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate and select Creole maize (*Zea mays* L.) varieties for tolerance to germination and other morphological characteristics of the seedlings under water deficit. Forty-two (42) varieties collected in areas with recurring drought in Chiapas, México, were evaluated. The study was carried out in the Plant Physiology lab of INIFAP's Central Chiapas Experimental Field. The water deficit was induced with polyethylene glycol PM 8000 (SIGMA)

Agroproductividad: Vol. 10, Núm. 9, septiembre, 2017, pp: 41-47.

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

at a concentration of 12.5 g in 100 ml of water, originating a water deficit of -5 baryes. A completely random experimental design with four repetitions was used. The variance analysis detected significant statistical differences between Creole varieties for percentage of germination, length of the coleoptile, length of the mesocotyl, and total dry weight of the seedling, under water deficit, indicating great genetic variability between them. The following Creole varieties were selected: Olotillo, Azul, Amarillo, Tuxpeño, Jarocho and Rocamex, because of their higher tolerance to germination and morphological characteristics under water deficit, which should be used in the programs for genetic improvement for drought tolerance in the sub-humid warm region of Chiapas and other regions with similar climate.

Keywords: creole maize, germination speed, stress, drought.

INTRODUCCIÓN

Durante el proceso de germinación de las semillas, el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) es altamente sensible al déficit hídrico (Espinoza *et al.*, 2015). La germinación y el establecimiento de las plántulas es importante para lograr una buena población de plantas por unidad de superficie, especialmente en aquellos climas donde la disponibilidad de agua en el suelo durante el proceso de germinación está restringida y su efecto sobre el rendimiento puede igualarse al de la sequía intraestival (Biasutti y Galiñanes, 2001). La capacidad de las semillas para germinar en condiciones de poca humedad en el suelo les confiere ventajas ecológicas pues las plántulas se establecen cuando otras especies sensibles al déficit hídrico no lo pueden hacer (Cordero, 1991). De acuerdo a Edmeades *et al.* (1996) la cantidad de agua transpirada, que está directamente relacionada con la biomasa producida, es influida por caracteres que afectan la capacidad de supervivencia, como un alto porcentaje de germinación y la supervivencia de las plántulas bajo sequía. De acuerdo a ello, un ideotipo de maíz tolerante a sequía debe poseer la capacidad de germinar en suelos con poca humedad y presentar alta relación raíz-tallo en el estadio temprano de plántula. El análisis de genotipos seleccionados en ambientes altamente variables y con alta probabilidad de ocurrencia de sequía, podría traer consigo la detección de cambios en ciertas características durante la germinación y crecimiento de la plántula. Estas características podrían ser utilizadas posteriormente como criterios de selección adicionales (Biasutti y Galiñanes, 2001).

Hay poca información científica sobre la reacción de la germinación de las semillas de maíz al potencial de agua (Ψ_A) del sustrato, el Ψ_A del sustrato mínimo requerido para que la germinación se lleve a cabo, la relación y contraste de estos factores en las semillas de los cultivares tolerantes y sensibles a la sequía (Tsoukrianis *et al.*, 2009). Esta información puede ayudar a hacer más eficiente la selección y mejoramiento de cultivares tolerantes a la sequía, por la reducción significativa del tiempo requerido y la cantidad de cultivares que podrían ser evaluados en poco tiempo. La utilización de metodologías encaminadas a buscar resistencia y/o tolerancia a condiciones adversas de los suelos (sequía, salinidad, acidez, etcétera) en los programas de mejora-

miento deben ser fáciles y rápidas de ejecutar y desde el punto de vista económico deben ser baratas, todo esto bajo la premisa de que sean confiables y precisas. Para evaluar la resistencia al estrés hídrico o sequía se han propuesto numerosas técnicas entre las más utilizadas por el poco espacio que ocupan y la facilidad de ejecución aunado a bajos costos está el empleo de soluciones osmóticas que disminuyen el potencial de agua, estas ventajas permiten evaluar una gran cantidad de genotipos en poco espacio y en un menor tiempo (Méndez *et al.*, 2010b).

Respecto al efecto del déficit hídrico en el proceso de la germinación de las semillas de maíz, Aguilar (2011), al comparar genotipos tolerantes y no tolerantes a la sequía, encontró que la fase de la imbibición es la que se retrasa, debido a que se retrasa el proceso de ósmosis al aumentar el déficit hídrico, siendo más marcado este retraso en los genotipos no tolerantes. El primer proceso que se afecta por el déficit hídrico es el crecimiento, el cual se inicia con la germinación de las semillas que comprende las fases de imbibición, metabolismo e inicio del crecimiento de las estructuras que se encuentran en el embrión (Espinoza *et al.*, 2015). En el estado de Chiapas, México, se estima que 75% de la superficie sembrada con maíz es con variedades criollas y que se pueden encontrar hasta 18 razas de las 63 que existen en México (Martínez *et al.*, 2015), además existen generaciones avanzadas de genotipos mejorados (Ortega *et al.*, 2013; Coutiño *et al.*, 2015). Las variedades criollas que conservan los productores han persistido por cientos de años bajo condiciones de déficit hídrico en campo, por lo que se asume que

poseen genes que le confieren tolerancia a este factor, para lograr un rendimiento de grano y consecuentemente, su sobrevivencia (Márquez *et al.*, 2009). Hellin *et al.* (2014) discuten la posibilidad de que existan poblaciones de maíz criollo que son apropiadas de incluir en las estrategias de adaptación al cambio climático en zonas con grandes periodos de sequía. Además, poseen gran diversidad genética que puede usarse en los programas de mejoramiento genético para resistencia a sequía (Martínez *et al.*, 2015). Con base en lo anterior, se evaluaron variedades criollas de maíz recolectadas en 2015 en áreas con sequía intraestival recurrente en la Depresión Central de Chiapas por su tolerancia a la germinación y otras características morfológicas de las plántulas bajo déficit hídrico.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se desarrolló durante los meses de junio y julio de 2015, bajo condiciones de laboratorio. Se utilizaron semillas de 42 variedades criollas de maíz recolectadas en los municipios de Villa Flores, Suchiapa, Ocozocoautla, Cintalapa e Ixtapa, ubicados en la Depresión Central de Chiapas y con sequías recurrentes. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones. Se tuvieron 168 unidades experimentales (UE). Cada UE estuvo constituida por un recipiente de plástico transparente con tapa y capacidad de 250 g. El número de semillas por unidad experimental fue de 100 para aquellas variedades que tenían 100% de germinación, cuando ésta fue menor se hizo el ajuste correspondiente. Las semillas de cada variedad desde su recolecta, se mantuvieron en un cuarto a temperatura de 18 °C para mantener su viabilidad y protegerlas

de plagas de almacén. Para el estudio se seleccionaron semillas que no presentaran algún daño físico o daños por hongos.

Antes de establecer el experimento, se analizó el porcentaje de germinación usando 100 semillas de cada una de las 42 variedades, sumergiéndolas por 15 minutos en una solución de hipoclorito al 15% y después se colocaron en recipientes de plástico con toallitas de papel y se les agregó agua destilada. Dependiendo de estos resultados se hizo el ajuste del número de semillas por unidad experimental. En cada unidad experimental (UE) se colocaron 100 semillas o más dependiendo del porcentaje de germinación que mostró cada variedad en el ensayo de germinación hecho previo al establecimiento del experimento. En cada UE se colocó una toallita de papel absorbente. En seguida semillas las cuales previamente fueron lavadas con una solución de hipoclorito (Merk) y después sumergidas por 10 minutos en una solución con fungicida Benomil (Merk). Posteriormente se les agregó 15 mililitros de la solución de polietilenglicol 8000 (PEG) (Sigma) en concentración de 12.5 (12.5 g 100 ml⁻¹ de agua destilada) que generó una presión osmótica de -5 barias (Espinosa *et al.*, 2015). El PEG es una sustancia inerte usada para simular el déficit hídrico

en la germinación de semillas en el laboratorio (Méndez *et al.*, 2010 a) Se cuantificó el número de semillas germinadas (emergencia de la radícula y coleoptilo) cada 24 horas, el porcentaje de germinación final, longitud del coleoptilo (cm), longitud de la radícula (cm), longitud del mesocótilo (cm), número de raíces seminales y peso seco total por plántula (g). Para cada variable se hizo un análisis de varianza (ANAVA) usando el modelo estadístico del diseño completamente al azar y en caso de diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (variedades) se hizo la prueba de comparación de medias de rango múltiple con el método de Tukey $p \leq 0.05$, usando el paquete estadístico SAS V.9.1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El ANAVA detectó diferencias estadísticas altamente significativas ($p \leq 0.01$) para el porcentaje de germinación, longitud del coleoptilo, longitud del mesocótilo y longitud de la radícula (Cuadro 1), no así para el número de raíces seminales. Lo anterior muestra variabilidad genética entre las variedades criollas de Chiapas, tal como lo señalan Martínez *et al.* (2015), la cual debe aprovecharse en los programas de mejoramiento genético fisiológico para tolerancia a la sequía en maíz como lo señalan Hellin *et al.* (2014).

Cuadro 1. Cuadrados medios, medias, coeficientes de variación y significancia estadística de variables analizadas de las variedades criollas de *Zea mays* L. 2015.

Variables	C.M	Medias	C.V (%)	Significancia
Germinación (%)	359.8	78.6	12.57	**
Longitud del coleoptilo (cm)	1.3	3.5	21.7	**
Longitud de la radícula (cm)	15.8	6.6	18.86	**
Longitud del mesocótilo (cm)	0.2	1	30.59	**
N° de raíces seminales	2.2	6.9	25.1	n.s.
Peso seco total (g)	0.02	0.7	12.57	**

** Altamente significativo ($p \leq 0.01$); n.s. no significativo ($p \leq 0.05$).

Cuadro 2. Porcentaje de germinación y características morfológicas de plántulas de genotipos criollos de maíz *Zea mays* L., bajo déficit hídrico.

Genotipos	Germinación (%)		Longitud (cm)						Peso seco (gr)	
			Coleoptilo		Radicula		Mesocotilo			
Jarocho G.V.	30.25	ab	2.73	bcd	6.55	bcdefghi	0.73	bcde	0.63	abc
Jarocho A.M.	30.25	ab	3.6	abcd	2.48	l	0.78	bcde	0.5	bc
Tuxpeño	30.25	ab	2.9	bcd	9.05	abc	0.6	bcde	0.73	ab
Tuxpeño blanco	42.25	ab	3.9	abc	7.03	abcdefg	0.95	abcde	0.78	a
Morado	39.69	ab	4.15	abc	3.65	hijkl	1.33	abc	0.6	abc
Secentano	49	ab	3.08	bcd	6.83	abcdeghi	0.83	bcde	0.63	abc
Napulu amarillo 1	46.24	ab	4.23	ab	6.3	bcdefghij	1.25	abcde	0.73	ab
Jarocho amarillo	36	ab	3.53	abcd	6.68	bcdefghi	0.8	bcde	0.73	ab
Napulu Amarillo 2	39.69	ab	3.5	abcd	8.05	abcdef	0.93	abcde	0.75	a
Jarocho G.V. 1	36	ab	3.45	abcd	5.43	fghijkl	0.83	bcde	0.63	abc
Rojo Criollo	56.25	ab	5.15	a	10	a	1.68	a	0.65	abc
Chimbo Amarillo	42.25	ab	3.45	abcd	8.8	abcd	1	abcde	0.78	a
Olotillo Blanco S.	30.25	ab	2.78	bcd	5.43	efghijkl	0.75	bcde	0.73	ab
Americano	30.25	ab	3.38	abcd	6.53	bcdefghi	0.75	bcde	0.65	abc
Napulu	30.25	ab	2.78	bcd	6.9	bcdefgh	0.65	bcde	0.7	ab
Precos	46.24	ab	2.75	bcd	8.55	abcde	0.65	bcde	0.68	abc
Comiteco amarillo	53.29	ab	3.38	abcd	6.33	bcdefghij	1.08	abcde	0.73	ab
Criollo rocame	39.69	ab	3.15	bcd	7	bcdefgh	1.3	abcd	0.7	ab
Oloton Z.	46.24	ab	3.6	abcd	7.93	abcdef	0.88	bcde	0.7	ab
Tuxpeño Z.	49	ab	4.08	abc	7.83	abcdef	1.08	abcde	0.68	abc
Criollo Ixtapa	46.24	ab	3.08	bcd	2.98	jkl	1.03	abcde	0.73	ab
Oloton M.	33.64	ab	2.23	cd	5.68	defghijk	0.58	cde	0.65	abc
Olotillo Blanco T.B.	28.09	b	2.28	bcd	5.65	defghijk	0.55	de	0.63	abc
Oloton T.B.	28.09	b	1.9	d	7	bcdefgh	0.5	e	0.68	abc
Olotillo Amarillo	49	ab	3	bcd	5.48	defghijkl	0.95	abcde	0.6	abc
Blanco N.1	42.25	ab	2.75	bcd	3.83	ghijkl	0.65	bcde	0.63	abc
Amarillo N.1	53.29	ab	3	bcd	4.73	fghijkl	0.65	bcde	0.6	abc
Amarillo N.2	30.25	ab	3	bcd	2.15	l	0.55	de	0.45	c
Blanco N.2	42.25	ab	3.08	bcd	6.15	bcdefghij	0.88	bcde	0.75	a
Criollo N.	49	ab	4.05	abc	6.35	bcdefghi	0.9	bcde	0.68	abc
Criollo Crema	33.64	ab	3.03	bcd	6.33	bcdefghij	0.8	bcde	0.73	ab
Rocamex	42.25	ab	2.85	bcd	5.98	cdefghij	0.8	bcde	0.7	ab
Blanco C.O.	42.25	ab	3.18	bcd	5.13	fghijkl	0.78	bcde	0.68	abc
Olotillo	56.25	ab	3.43	abcd	7.9	abcdef	1.03	abcde	0.63	abc
Tuxpeño	39.69	ab	3.38	abcd	8.63	abcde	0.78	bcde	0.58	abc
Olotillo Blanco	60.84	a	3.55	abcd	9.38	ab	1.35	ab	0.78	a
Dientilla	49	ab	2.7	bcd	6.23	bcdefghij	0.68	bcde	0.55	abc
Opamil	39.69	ab	2.8	bcd	8.8	abcd	0.7	bcde	0.63	abc
Poblano	46.24	ab	3.35	abcd	5.83	cdefghijk	0.9	bcde	0.63	abc
Americano V.	46.24	ab	2.73	bcd	4.15	ghijkl	1.03	abcde	0.58	abc
Blanco A.M.	36	ab	2.25	cd	5.55	defghijk	0.58	cde	0.55	abc
Criollo Amarillo	46.24	ab	3.55	abcd	3.48	ijkl	0.93	abcde	0.7	ab
C.V.	12.57		21.7		18.86		30.59		12.57	

Media en columna con la misma letra es estadísticamente igual Tukey $p \leq 0.05$.

La velocidad de emergencia de la radícula y coleoptilo de la semilla de las 42 variedades criollas fue monitoreada durante los días siguientes al establecimiento del experimento iniciando a las 72 horas después. El ANAVA mostró diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) entre las variedades en el número de coleoptilos emergidos a las 72, 94, 120 y 144 horas después de establecido el experimento. Las variedades Criollo Olotillo, Criollo Azul y el Criollo Olotillo Blanco mostraron mayor número de coleoptilos emergidos a las 72, 96 y 120 horas después de establecido el experimento. A las 144 horas sobresalieron las variedades Olotillo Blanco, Olotillo y Criollo Amarillo. En todos los casos sobresalieron las variedades criollas de la raza olotillo. La importancia de una germinación más rápida radica en que la semilla no está expuesta mucho tiempo en el campo y no es atacada por insectos plaga, y además tenga problemas en su germinación por la ausencia de lluvias que pueda ocurrir inmediatamente después de la siembra en campo. Se supone que las semillas de estas variedades sobresalientes no fueron afectadas en su proceso de imbibición y consecuentemente el inicio del crecimiento de las estructuras del embrión por efecto del déficit hídrico. Se asume que esta característica la han adquirido por evolución y adaptación a las áreas con sequía recurrente. Debe interpretarse que también existe variabilidad entre las semillas del mismo genotipo por tratarse de variantes criollas que se han mantenido por polinización libre. La velocidad de emergencia del coleoptilo y de la radícula puede estar asociada con el vigor y la edad de la semilla, aunque también con la precocidad de la planta. Los resultados obtenidos muestran que las semillas de estas variedades están adaptadas al estrés hídrico debido a que el productor las ha seleccionado y conservado bajo condiciones de temporal (lluvias) y en áreas con sequías recurrentes y sin acceso al riego. Por tanto, la importancia agronómica de la velocidad de la germinación radica en que en suelos que retienen poca humedad y cuando la precipitación es errática, se requiere que la semilla no permanezca mucho tiempo en el suelo y que el crecimiento del embrión no sea afectado por el déficit hídrico, por ser este proceso fisiológico el más susceptible al estrés hídrico (Espinosa *et al.*, 2015).

Porcentaje de germinación

El ANAVA mostró diferencias estadísticas altamente significativas ($p \leq 0.01$) entre variedades por su tolerancia a la germinación bajo déficit hídrico (Cuadro 1). Los resultados de las 12 variedades más sobresalientes y de aquella con menor porcentaje de germinación variaron de 28.09 a 60.84%. Las variedades Olotillo y Tuxpeño fueron las más sobresalientes con un 60.84% de germinación, por lo que se asume que tienen genes de tolerancia al déficit hídrico que deben aprovecharse en un programa de mejoramiento genético y fisiológico de la planta de maíz para tolerancia al estrés hídrico, tal como lo sugieren Márquez *et al.* (2009), Hellin *et al.* (2014) y Martínez *et al.* (2015). La capacidad de las semillas para germinar en suelos con poca humedad es un atributo que posee un genotipo tolerante al déficit hídrico (Edmeades *et al.*, 1994) y que debe aprovecharse para localidades donde el temporal (lluvias) se establece de manera irregular (Espinosa *et al.*, 2015). Ante las adversidades del cambio climático, los estudios sobre uso y manejo del agua por las plantas es prioritario para dar soluciones a los productores, debido a que en el estado de Chiapas más del 75% de la superficie sembrada con maíz se realiza

bajo condiciones de temporal (Martínez *et al.*, 2015). La germinación de semillas bajo déficit hídrico bajo condiciones de laboratorio permite en los programas de mejoramiento genético de los cultivos evaluar muchos genotipos en poco espacio, poco tiempo y es una metodología barata, tal como lo señalan Ospina *et al.* (2013).

El ANAVA mostró diferencia estadística significativa, y fueron 12 variedades sobresalientes por su mayor porcentaje de germinación, y las variantes con mayor longitud del coleoptilo fueron Tuxpeño, Azul y Jarrocho. Esta estructura es primordial para la planta de maíz porque es la que emerge hacia la superficie del suelo para que la planta exponga sus hojas a la luz y empiece a realizar el proceso de fotosíntesis y promueva el crecimiento del tallo, hoja y raíz, ya que la semilla contiene pocas reservas alimenticias (Bidwell, 1990). Cuando la semilla se siembra en el suelo a una profundidad mayor de 10 cm, el coleoptilo debe tener la capacidad de crecer para lograr su emergencia del suelo, en su defecto la planta muere por asfixia. Las paredes de las células que forman el coleoptilo son de paredes gruesas y con lignina para darle mayor consistencia y éste pueda romper las capas duras de suelo sobre todos aquellos de textura arcillosa y lograr la emergencia de la plántula (Espinosa *et al.*, 2015). Esta es una de las razones por la que la plántula de maíz emerge de profundidades mayores de 10 centímetros como ocurre con las variedades de maíz criolla "cajete" que se siembra a una profundidad de 20 centímetros en la región Mixteca Alta del estado de Oaxaca, México (Espinosa, 1995), o en el sistema "pul-ha" de la meseta comiteca en Chiapas.



Bajo condiciones de campo, la longitud del coleoptilo tiene mayor importancia, que cuando las semillas germinan en condiciones de laboratorio, debido a que no presentan el fenómeno de emergencia. Parece ser que a una mayor profundidad de siembra corresponde mayor longitud del coleoptilo y mesocótilo en las variedades tolerantes a la sequía. El primer proceso fisiológico afectado por el déficit hídrico en la célula vegetal, es su crecimiento o división celular (incremento en número), debido a que la principal función del agua en las células es mantener su turgencia y ésta promueve el crecimiento de la planta (Aspinall *et al.*, 1994). Por lo tanto, medir el crecimiento (longitud) del coleoptilo bajo condiciones de déficit hídrico es primordial en la selección de variedades.

Respecto a longitud del mesocótilo (Cuadro 1), existieron diferencia estadística significativa entre las 42 variedades resaltando Olotillo Blanco y Rocamex, con valores de 1.3 cm. Estos resultados son de menor magnitud que a los reportados por Gómez (2000) donde la mayor longitud del mesocótilo fue de 4 cm en una variedad experimental con tolerancia a sequía. Lo anterior se explica porque esta autora estudió una variedad en proceso de mejoramiento genético para tolerancia a sequía mientras que, en este estudio, las variedades fueron criollas. Sin embargo, dado que también las variantes Olotillo Blanco y Rocamex, presentaron tolerancia a la germinación de sus semillas bajo presión osmótica (Espinosa *et al.*, 2015), es de suponerse que tienen genes de tolerancia a la sequía, que mediante un mejoramiento genético se puede incrementar (Martínez *et al.*, 2015).

La siembra profunda es un sistema tradicional utilizado en zonas áridas o de baja precipitación pluvial y su éxito depende de tres factores: humedad residual del suelo, técnicas agrícolas adecuadas y variedades de maíz con la capacidad de emerger cuando son sembradas a profundidad debido a la elongación del mesocótilo (Cruz y Sotelo, 2015). Estos mismos autores concluyen que es probable que el factor principal que ha influido sobre la adquisición de una mayor o menor capacidad de desarrollo longitudinal del mesocótilo ha sido la temperatura ambiente de las diferentes zonas de altitud. El mesocótilo es un órgano especializado que existe en las plantas de maíz y el resto de la familia de las gramíneas, que por su ubicación se identifica como la parte del eje principal que conecta la semilla con la plúmula envuelta por el coleoptilo y juega un papel importante en la emergen-

cia de la plántula del maíz, ya que su principal función es empujar hacia la superficie del suelo al coleoptilo y tiene una gran plasticidad sobre la tasa de crecimiento y la longitud a que llega (Paliwal, 2001). Por ejemplo, Espinosa (1995) menciona que las variedades criollas de maíz "cajete" cultivadas en la región de la Mixteca Alta de Oaxaca, sus semillas se siembran a una profundidad de 20 centímetros en humedad residual del suelo y su mesocótilo alcanza una longitud de hasta de 18 centímetros. Maiti y Carrillo (1989), mencionan que la longitud del mesocótilo es una característica que puede ser utilizada como criterio de selección en el mejoramiento genético para lograr una alta emergencia de plántulas y para estudiar el comportamiento de los genotipos bajo diferentes condiciones de estrés y en su crecimiento en etapas adultas. Las variedades clasificadas por Tukey en los grupos a y b coinciden con las variedades de mayor peso seco total de plántula, lo que sugiere que a mayor longitud de mesocótilo, mayor rapidez de crecimiento del coleoptilo, tal como lo manifiestan Maiti y Carrillo (1989).

Referente a la germinación, hubo diferencias significativas, (Cuadro 1), sobresaliendo por su porcentaje de germinación, bajo déficit hídrico, el criollo Olotillo Blanco que registró la mayor longitud de la radícula (9.3 cm). La radícula tiene la función de absorber agua y nutrientes para que el coleoptilo crezca en los primeros días del desarrollo de la plántula de maíz durante los primeros 30 días de su desarrollo, ya que después de este tiempo, el sistema radical verdadero se forma en los primeros nudos del tallo. Por lo tanto, las variedades que logran un crecimiento rápido de su radícula bajo déficit hídrico, sugieren tener cierto nivel de tolerancia, y en un suelo con bajo potencial hídrico durante los primeros días del desarrollo de la planta de maíz, es sumamente importante. Los tratamientos pertenecientes a los grupos ab (Tukey $p \leq 0.05$), se consideraron como los de mayor tolerancia al déficit hídrico inducido por un estrés de -5 barías, esta tolerancia es debido al resultado de cientos de años de especialización adaptativa.

Para el peso seco total de plántula, el ANAVA mostró diferencia estadística altamente significativa ($p \leq 0.01$) para peso seco total de plántula (Cuadro 1). Sobresalieron los criollos Olotillo Blanco y Criollo Blanco con 0.77 y 0.75 g respectivamente. Las variedades Criollo Amarillo y Criollo Rocamex fueron clasificadas en el grupo ab (Tukey $p \leq 0.01$) con un peso total de 0.70 g, seguido por Tuxpeño, Azul, Blanco Olotillo, Poblano, Amarillo y Oloti-

llo Amarillo, ordenados en el grupo abc, con una media de entre 0.67 y 0.60 g. El primer proceso que se afecta por el déficit hídrico es el crecimiento (Bidwell, 1990; Espinosa et al., 2015), por lo tanto, las variedades que presentan un mayor crecimiento expresado en peso seco total de la planta, se consideran tolerantes al déficit hídrico, lo que sugiere mayor capacidad de la planta para acumular materia seca y consecuentemente mayor velocidad de crecimiento.

CONCLUSIÓN

Las mejores variantes criollas fueron Olotillo, Azul, Amarillo, Tuxpeño, Jarocho y Rocamex, por haber mostrado mayor tolerancia a la germinación y características morfológicas bajo déficit hídrico, mismas que se recomiendan usar en los programas de mejoramiento genético para tolerancia a sequía en la región cálida subhúmeda del estado de Chiapas y de otras regiones con clima similar.

AGRADECIMIENTOS

Al INIFAP por el financiamiento del proyecto: Generación de tecnologías para mitigar los efectos de la sequía intraestival en los cultivos estratégicos (maíz, frijol y trigo) en el Sur Sureste de México. Núm. SIGI: 1131532897 del cual formó parte esta investigación.

LITERATURA CITADA

Aguilar B.G. 2011. Efecto de la aplicación de vermicomposta en la mitigación del estrés hídrico en plantas C3 y C4. Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillo Estado de México. 145 p.

Aspinall D.P., Nicholls B., May L.H. 1994. Effects of soil moisture stress on the growth of barley. 1. Vegetative development and grain yield. *Agric. Res.* 3 (4): 115-119.

Biasutti C.A., Galiñanes V.A. 2001. Influencia del ambiente de selección sobre la germinación de semillas de maíz (*Zea mays* L.) bajo estrés hídrico.

Relaciones entre caracteres de plántula con el rendimiento en campo. *Agriscientia*. Vol. XVIII. 37-44.

Bidwell R.G.S. 1990. Fisiología vegetal. Trad. del inglés por Guadalupe Gerónimo Cano y Cano. AGT Editor. México, D. F. 784 p. (1): 107-110.

Cordero S.R.A. 1991. Efecto de estrés osmótico sobre la germinación de semillas de *Tecoma stans* (Bignoniaceae). *Rev. Biol. Trop.* 39 (1): 107-110.

Coutiño E.B., Vidal M.V.A., Cruz V.C., Gómez G.M. 2015. Características eloteras y de grano de variedades nativas de maíz de Chiapas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 6(5):119-127.

Cruz S.C.A., Sotelo J.N. 2015. Estudio de la elongación del mesocótilo en variedades de maíces nativos, teocintles y *Tripsacum*. VI Reunión nacional de maíces nativos. *Acta Fitogenética*. Vol 2 (1): 73.

Edmeades G.O., Lafitte H.R., Bolaños J., Chapman S.C., Bazinger M., Deutsch J.A. 1994. Developing maize that tolerates drought or low nitrogen conditions. *In: G.O. Edmeades & J.A. Deutsch* (Eds.) *Stress tolerance breeding: Maize that resist insects, drought, low nitrogen and acid soils*. CIMMYT, México, D.F. México. Pp 21-84.

Edmeades G.O., Bolaños J., Chapman S.C. 1996. Value of secondary traits in electing for drought tolerance in tropical maize. pp. 426-432. *In: G.O. Edmeades, M. Bänziger, H.R. Mickelson and C.B. Peña-Valdivia* (Eds.). *Development drought and low nitrogen tolerant maize*. CIMMYT, El Batán, México.

Espinosa P.N. 1995. Comportamiento morfológico, anatómico y fisiológico de variedades de maíz cultivadas en tres agrosistemas bajo deficiencia hídrica en la Mixteca Alta de Oaxaca. Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de postgraduados. Montecillo, Estado de México.

Espinosa P.N., Martínez S.J., Santos T.S.A., Cadena I. P. 2015. Selección de variedades nativas de maíz (*Zea mays* L.) por su tolerancia a la germinación bajo presión osmótica. VI. Reunión Nacional de maíces nativos. *Acta Fitogenética*. Vol. 2 (1): 4.

Gardner R.S. 1991. *Soil Physics*. John Wiley & Sons. New York. 328 p.

Gómez A.C.E. 2000. Germinación de semillas y vigor de plántulas de maíz (*Zea mays* L.) bajo presión osmótica. Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. 112 p.

Hellin J., Bellon M.R., Hearne S.J. 2014. Maize landraces and adaptation to climate change in Mexico. *Journal of Crop Improvement*. 28 (4):484-501.

Maiti R.K., de J. Carrillo G.M. 1989. Effect of planting depth on seedling emergence and vigor in sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Seed Sci. Technol.* 17(1):83-90.

Márquez S.F., Sahagún C.L., Barrera G.E. 2009. Nuevo método de mejoramiento genético para resistencia a sequía en maíz. Universidad Autónoma Chapingo. Mimeógrafo.

Martínez S.J., Espinosa P.N., Villegas A.Y. 2015. Interacción genotipo-ambiente de poblaciones de maíz nativo de Chiapas. *Revista Mexicana de Agrosistemas*. Vol. 3 (1): 36-48.

Méndez N.J., Ybarra P.F., Merazo P.J. 2010 a. Germinación y Desarrollo de Plántulas de Tres Híbridos de Maíz bajo Soluciones Osmóticas. V. Polietilenglicol. *Revista Tecnológica ESPOL-RTE*. Vol. 23. No. 1: 49-54.

Méndez N.J., Ybarra P.F., Merazo P.J. 2010 b. Germinación y Desarrollo de Plántulas de Tres Híbridos de Maíz bajo Soluciones Osmóticas. VI. Comparación entre cinco soluciones osmóticas. *Revista Tecnológica ESPOL-RTE*. Vol. 23No. 1: 55-60.

Muñoz O.A., Pérez G.J., López P.A., Salvador R.J. 1991. Maíz de cajete: agrosistema y resistencia a sequía. *In: Antología sobre Pequeño Riego*, Vol. III. *Sistemas de Riego no Convencionales*. J Palerm (ed). Colegio de Postgraduados, Texcoco, México. pp: 137-164.

Ortega C.A., Herrera H.M.J., Preciado O.R. 2013. Diversidad y distribución del maíz nativo y sus parientes silvestres en México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Libro Técnico. Núm. 7. 263 p.

Ospina V.J.P., López M.N., Guzmán P.O.A. 2013. Efecto del potencial hídrico en la germinación de semillas de trigo (*Triticum* spp) con tolerancia y sensibilidad a la sequía. *Agron.* 21(1):37-47.

Paliwal N.S. 2001. Maíz en los trópicos: mejoramiento y producción. Edit.1. Agriculture and consumer protection department, FAO. 33p.

Tsougkrianis N., Peña-Valdivia, C.B., Trejo-López C., Molina-Galán, J.D. 2009. El potencial de agua del sustrato en la germinación de maíces con tolerancia y sensibilidad a la sequía. *Agricultura técnica en México*. Vol. 35 Núm. 4: 363-369.

USO DEL ANCHO DE CADERA PARA ESTIMAR EL PESO VIVO EN NOVILLAS TROPICALES DE REEMPLAZO

USE OF THE HIP WIDTH TO ESTIMATE THE LIVE WEIGHT IN REPLACEMENT HEIFERS IN THE TROPICS

Pérez-Hernández F.¹; García-Herrera R.¹; Salazar-Cuytun R.²; Cruz-Sánchez O.¹; Piñeiro-Vázquez, A.²; Casanova-Lugo F.³; Magaña-Monforte J.²; Chay-Canul, A.^{1*}

¹División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carr. Villahermosa-Teapa, km 25, CP 86280. Villahermosa, Tabasco, México. ²Instituto Tecnológico de Conkal. Departamento de Posgrado e Investigación. Avenida Tecnológico s/n C.P. 97345. Conkal, Yucatán. México. ³Instituto Tecnológico de la Zona Maya, Carretera Chetumal-Escárcega km. 21.5, Ejido Juan Sarabia, C.P. 77960, Othón P. Blanco, Quintana Roo, México.

Autor de correspondencia: aljuch@hotmail.com

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar la relación entre el peso corporal (PV) y el ancho de cadera (ANCAD) en novillas de reemplazo criadas en el trópico húmedo. Los PV y ANCAD se determinaron en 200 novillas cruzadas. La relación entre PV y ANCAD se estimó mediante modelos de regresión. El coeficiente de correlación entre el PV y el ANCAD fue de 0.97 y las ecuaciones de regresión tuvieron un coeficiente de determinación de 0.95. En el presente estudio, el modelo exponencial fue el que presentó el mejor ajuste. La ecuación fue $PV (kg) = 0.33 \times ANCAD^{1.83}$ ($P < 0.0001$, $r^2 = 0.95$, $CME = 369.29$, $DER = 19.21$ y $n = 200$). El Cuadrado medio del error (CME) varió de 369.29 a 424.14 con desviaciones estándares residuales (DER, kg) de 19.21 a 20.59, representando desde 6.8% a 7.3% del PV promedio. El ANCAD permite predecir con precisión el PV de novillas cruzadas mantenidas bajo condiciones de trópico húmedo, el error de predicción correspondió a 6.8 % del PV promedio.

Palabras clave: peso vivo, medidas biométricas, novillas tropicales.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the relationship between the body weight (BW) and the hip width (HW) in replacement heifers bred in the humid tropics. The BW and HW were determined in 200 crossbred heifers. The relationship between the BW and the HW was estimated through regression models. The correlation coefficient between the BW and the HW was 0.97 and the regression equations had a coefficient of determination of 0.95. In this study, the exponential model was the one that presented the best adjustment. The equation was $BW (kg) = 0.33 \times HW^{1.83}$ ($P < 0.0001$, $r^2 = 0.95$, $MES = 369.29$, $SRD = 19.21$ and $n = 200$). The mean error square (MES) varied from 369.29 to 424.14 with standard residual deviations (SRD) (SRD, kg) of 19.21 to 20.59, representing 6.8 % to 7.3 % of the average BW. The HW allows predicting with precision the BW of crossbred heifers kept under conditions of the humid tropics, the prediction error corresponded to 6.8 % of the average BW.

Keywords: live weight, biometric measures, tropical heifers.

Agroproductividad: Vol. 10, Núm. 9, septiembre. 2017, pp: 48-52.

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



INTRODUCCIÓN

El monitoreo del crecimiento de las novillas de reemplazo es una actividad importante para lograr el peso óptimo para el primer servicio, y subsecuentemente el primer parto sin poner en riesgo el comportamiento reproductivo posterior (Dingwell *et al.*, 2006; Bretschneider *et al.*, 2014;). Se ha establecido que a través del peso vivo (PV) se determina con mayor precisión el crecimiento (Wood *et al.*, 2015; Dingwell *et al.*, 2006), y generalmente se determina con la ayuda de básculas, sin embargo, no en todas las unidades de producción se cuenta con éstas (Dingwell *et al.*, 2006; Wood *et al.*, 2015; Lukuyu *et al.*, 2016; Wood *et al.*, 2015; Lukuyu *et al.*, 2016; Tebug *et al.*, 2016). Aunque existen varias técnicas para medir o estimar el peso corporal de los animales; se ha reportado que la báscula, aunque es el método más exacto, es menos preferido por los productores porque es lento, costoso y estresante para los animales (Wangchuk *et al.*, 2017). Por lo tanto, es importante desarrollar otros métodos que sean de bajo costo y fácil manejo (Dingwell *et al.*, 2006; Oliveira *et al.*, 2013). Es por ello que se han desarrollado métodos alternos para la determinación del PV (Dingwell *et al.*, 2006; Bretschneider *et al.*, 2014), tales como, el uso de medidas biométricas (MB) corporales del perímetro torácico (PT), el ancho de cadera (ANCAD), largo del cuerpo (LC), altura a la cruz (ACr) y altura al anca (AA), entre otras que pueden ser utilizadas para la estimación del PV en novillas (Heinrichs *et al.*, 1992; Dingwell *et al.*, 2006; Reis *et al.*, 2008; Lesosky *et al.*, 2012; Bretschneider *et al.*, 2014; Lukuyu *et al.*, 2016). Sin embargo, en las regiones tropicales y en novillas cruzadas existe poca información que reporten ecuaciones de predicción utilizando MB (Vinay-Vadillo *et al.*, 2015). Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar la relación entre el PV y ANCAD en novillas cruzadas de reemplazo en condiciones de trópico húmedo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los animales incluidos en el presente estudio fueron procedentes de dos explotaciones de México; la primera ubicada en Rancho La Candelaria de Cumuapa tercera sección, en Cunduacán, Tabasco; y la segunda de Rancho La Esperanza ubicada en el km 10 de la carretera Juárez-Reforma, de Juárez, Chiapas. Ambas unidades se dedican al ordeño.

Los datos del ancho de la cadera (distancia entre la tuberosidad coxal izquierda y derecha (ANCAD) y el peso vivo (PV) se registró en 100 novillas cruzadas de Sardo negro, Suizo Americano y Simmental con diferente grado de encaste en estas razas, y en 100 novillas Gyr cruzadas con Holandés. Las novillas tenían una edad de entre 6 y 22 meses en pastoreo en praderas de pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) y de pasto húmedo (*Brachiaria humidicola*) sin suplementación. Para esta medición se utilizó una forcípula de 65 cm (Haglof®, Suecia). Las mediciones se

expresaron en cm y se realizó de acuerdo a lo descrito por (Bretschneider *et al.*, 2014). Las novillas se pesaron en una báscula fija de plataforma con capacidad de 1500 kg y precisión de 1 kg (Figura 1).

Las relaciones entre el PV y la ANCAD fueron estimados por medio de modelos de regresión. Se analizó el modelo lineal, cuadrático y potencial utilizando los PROC REG, PROC GLM y el PROC NLIN del SAS (SAS Ver. 9.3, 2010) respectivamente. El mejor modelo fue elegido teniendo como criterio el mayor coeficiente de determinación (R^2) y el menor cuadrado medio del error (CME). El coeficiente de correlación (r) entre las variables se determinó por medio del PROC CORR del SAS (SAS Ver. 9.3, 2010).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores promedios con \pm desviación estándar, y mínimos y máximos del PV y ANCAD de las novillas se muestran en el Cuadro 1. El PV varió de 128 kg a 550 kg, mientras que la ANCAD varió de 27 cm a 58 cm (Figura 2). El coeficiente de correlación (r) entre el PV y ANCAD

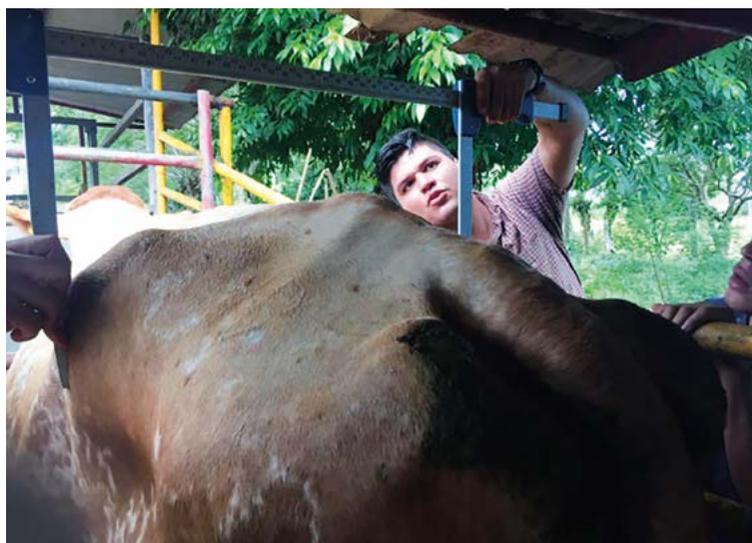


Figura 1. Determinación del ANCAD para estimar el peso vivo (kg) de novillas tropicales de reemplazo utilizando una forcípula.

Cuadro 1. Valores mínimos y máximo del peso vivo (kg) y ancho de la cadera en novillas cruzadas mantenidas en condiciones de trópico húmedo.

Variables	N	Promedio±DE	Máximo	Mínimo
PV (kg)	200	281.60±89.80	550.00	128.00
ANCAD (cm)	200	39.20±6.50	58.00	27.00

PV: Peso vivo; ANCAD: Ancho de la cadera; DE: desviación estándar

fue de 0.97 ($P<0.001$). En novillas Holstein de reemplazo, Bretschneider *et al.* (2014) encontraron un valor de $r=0.97$ y $r^2=0.94$ en el PV y ANCAD, similar al valor encontrado en el presente estudio ($r^2=0.95$). También, Franco *et al.* (2017) obtuvieron una $r=0.83$ y una r^2 de 0.83 entre el PV y ANCAD en novillas Holstein cruzadas; estos autores concluyen que aunque ANCAD fue altamente correlacionadas con PV, mostró un bajo r^2 con alto coeficiente de variación cuando se compara con otras variables, tales como el LC, ACr y AA. Heinrichs *et al.* (1992) reportaron alta correlación entre el PV y el ANCAD; y observaron que la predicción del PV basado en el ANCAD se ajustó a un modelo cuadrático.

En el presente estudio, el modelo exponencial fue el que presentó el mejor ajuste (Cuadro 2, Figura 3). La ecuación fue $PV (kg)=0.33 \times AC^{1.83}$ ($P<0.0001$, $r^2=0.95$, $CME=369.29$, $DER=19.21$ y $n=200$). El Cuadrado medio del error (CME) varió de 369.29 a 424.14 con desviaciones estándares residuales (DER, kg) de 19.21 a 20.59 (Cuadro 2), representando de 6.8% al 7.3% del PV promedio. Al utilizar el PT y la ACr para estimar el PV de vacas lecheras en sistemas de bajos insumos en Senegal, Tebug *et al.* (2016) reportaron que la r^2 vario de 0.77 a 0.94; así mismo citan que la DER de los modelos desarrollados fue de 9.4% a 12.33% (29.27 kg a 39.24 kg). Bretschneider *et al.* (2014) obtuvieron valores de 5.8% (15.95 kg) en DER y su modelo correspondió al del peso vivo promedio.

Aunque para la predicción del PV en novillas de diferentes razas se han utilizado diferentes MB, tales como

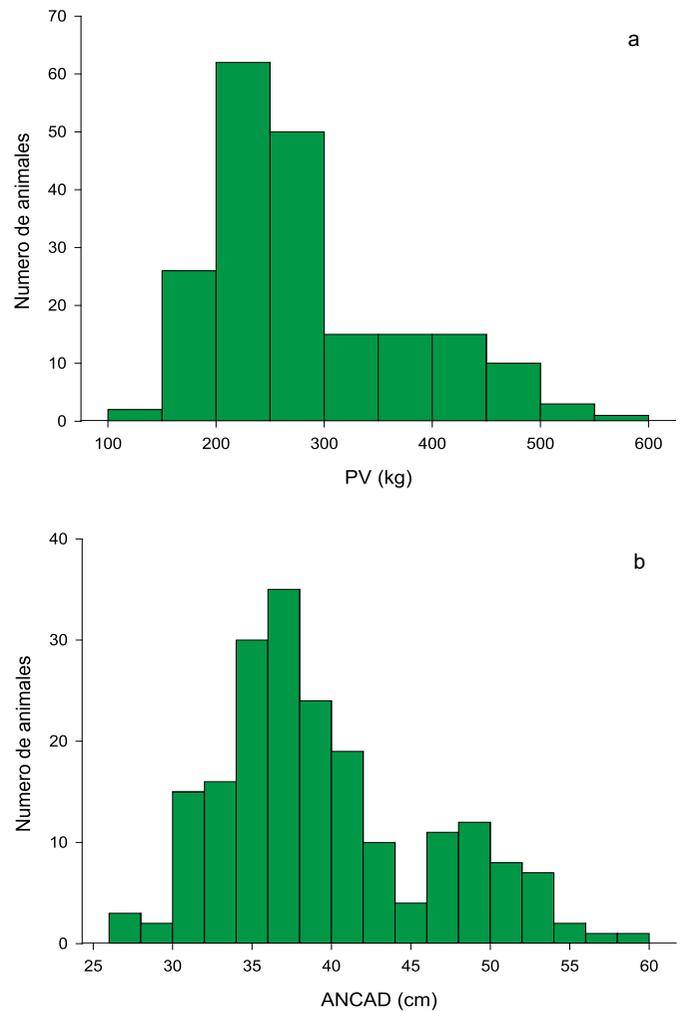


Figura 2. Histograma de frecuencias del PV (a) y el ANCAD (b) en novillas tropicales de reemplazo.

el perímetro torácico (PT), el ancho de cadera, largo del cuerpo y altura a la cruz, (Dingwell *et al.*, 2006; Lesosky *et al.*, 2012; Bretschneider *et al.*, 2014; Lukuyu *et al.*, 2016); autores como Bretschneider *et al.* (2014) reportan que el ANCAD puede indicar el desarrollo óseo de los animales y que el PV está influenciado por la condición corporal, por lo tanto, las mediciones anatómicas, como indicadores del tamaño del esqueleto, puede reflejar el verdadero tamaño de novillas de reemplazo mejor que

Cuadro 2. Ecuaciones de regresión para estimar el peso vivo (kg) en novillas cruzadas mantenidas en condiciones de trópico húmedo a través del y ancho de la cadera.

Modelo	Ecuación	n	R ²	CME	DER	P
Lineal	$PV (kg): -244.79 (\pm 8.96^{***}) + 13.42 (\pm 0.22^{***}) \times ANCAD$	200	0.95	424.14	20.59	<.0001
Cuadrático	$PV (kg): 13.70 (\pm 48.35^{ns}) + 0.57 (\pm 2.37^{ns}) \times ANCAD + 0.16 (\pm 0.03^{**}) \times ANCAD^2$	200	0.95	369.35	19.22	<.0001
Exponencial	$PV (kg): 0.33 (\pm 0.04^{***}) \times ANCAD^{1.83 (\pm 0.03^{***})}$	200	0.95	369.29	19.21	<.0001

PV: Peso vivo; ANCAD: Ancho de la cadera; R²: Coeficiente de determinación; CME: Cuadrado medio del error; DER: desviación estándar residual; P: valor de P: *** $P<0.001$; ** $P<0.01$; $P<0.05$; ns: no significativo.

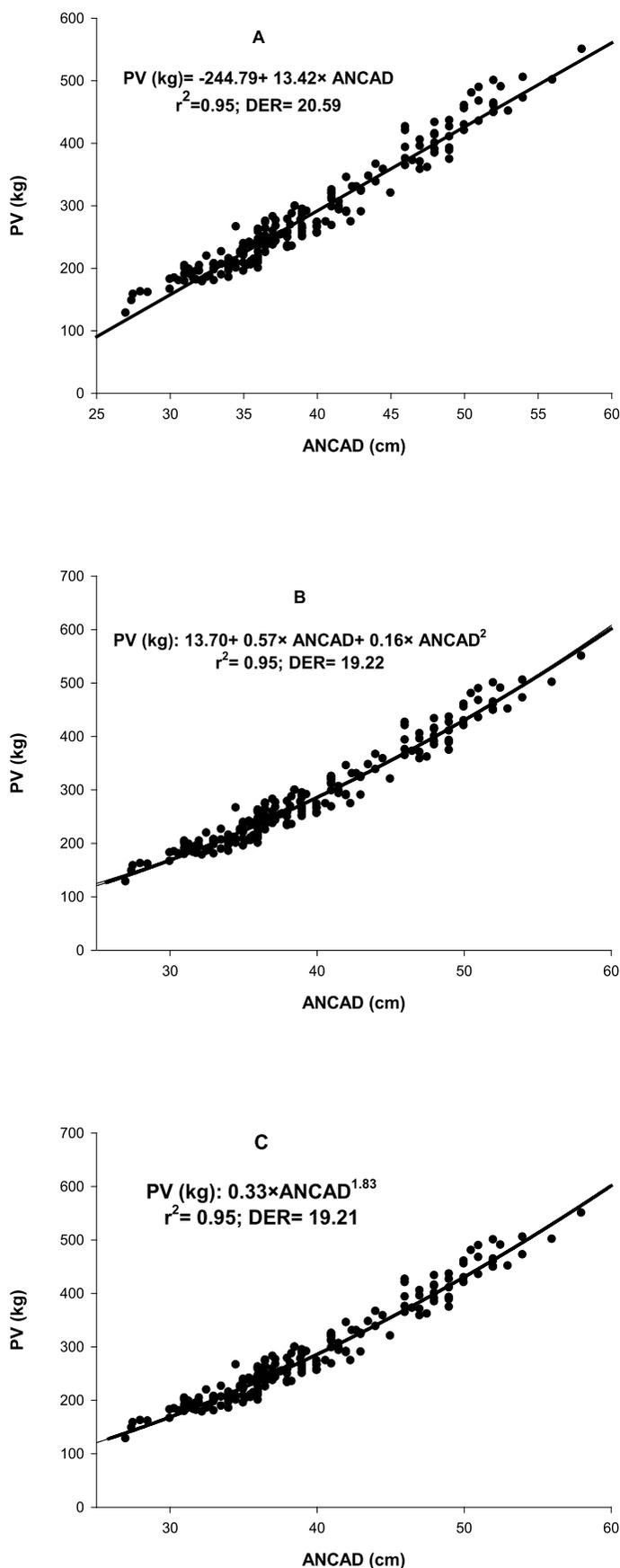


Figura 3. Curvas de regresión del peso vivo de novillas tropicales de reemplazo: lineal (A), cuadrático (B) y potencial (C).

PV. También reporta que el registro del ANCAD es una alternativa que puede ser fácil de registrar sin excesiva manipulación y manejo del animal.

También, Heinrichs *et al.* (1992) y Reis *et al.* (2008) reportan que la precisión de la estimación del PV utilizando MB, pueden ser afectadas por la raza, edad, tamaño corporal, condición corporal y estado fisiológico. Aunque el modelo propuesto predice con precisión aceptable el PV de las novillas de reemplazo, se requiere que este modelo sea evaluado utilizando un conjunto de datos independientes, lo que contribuiría a su plena aceptación y recomendación (Oliveira *et al.*, 2013; Franco *et al.*, 2017).

CONCLUSIONES

El ancho de cadera facilita la proyección del peso vivo de novillas cruzadas mantenidas bajo condiciones de trópico húmedo, el error de predicción correspondió a 6.8% del PV promedio. El pesaje de bovinos bajo condiciones de campo requiere de infraestructura disponibles que para pequeños productores es algo incosteable, sin embargo, con la medición del ANCAD se puede estimar el PV de los animales de manera rápida y bajo costo; lo que puede contribuir de manera relevante al establecimiento de metas para disminuir la edad del primer servicio y primer parto.

AGRADECIMIENTOS

A los Sres. Ever Velasco y Miguel Magaña Núñez, por las facilidades otorgadas para realizar el presente estudio.

LITERATURA CITADA

- Bretschneider G., Cuatrin A., Arias D., Vottero D. 2014. Estimation of body weight by an indirect measurement method in developing replacement Holstein heifers raised on pasture. *Archivos de Medicina Veterinaria*. 46: 439-443.
- Dingwell R.T., Wallace M.M., McLaren C.J., Leslie C.F., Leslie K.E. 2006. An evaluation of two indirect methods of estimating body weight in Holstein calves and heifers. *Journal of Dairy Science*. 89: 3992-3998.
- Franco M.O., Marcondes M.I., Campos J.M.S., Freitas D.R., Detmann E., Valadares-Filho S. C. 2017. Evaluation of body weight prediction Equations in growing heifers. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*. 39, 201-206.
- Heinrichs A. J., Rogers G. W., Cooper J. B. 1992. Predicting body weight and wither height in Holstein heifers using body measurements. *Journal of Dairy Science*. 75: 3576-3581.
- Lesosky M., Dumas S., Conradie I., Handel I.G., Jennings A., Thumbi S., Toye F., Bronsvort B.M.C. 2012. A live weight-heart girth relationship for accurate dosing of east African shorthorn zebu cattle. *Tropical Animal Health and Production*. 45: 311-316.

- Lukuyu M.N., Gibson J.P., Savage D.B., Duncan A.J., Mujibi F.D.N., Okeyo A.M. 2016. Use of body linear measurements to estimate liveweight of crossbred dairy cattle in smallholder farms in Kenya. SpringerPlus. 5:63. doi:10.1186/s40064-016-1698-3
- Oliveira A. S., Abreu D. C., Fonseca M. A., Antoniassi P. M. B. 2013. Short communication: Development and evaluation of predictive models of body weight for crossbred Holstein-Zebu dairy heifers. Journal of Dairy Science. 96: 6697-6702
- Reis G.L., Albuquerque F.H.M.A.R., Valente B.D., Martins G.A., Teodoro R.L., Ferreira M.B.D., Madalena F.E. 2008. Predição do peso vivo a partir de medidas corporais em animais mestiços Holandês/Gir. Ciência Rural. 38: 778-783.
- SAS 9.3 Software. 2010. Institute Inc., Cary, North Carolina, USA.
- Tebug S. F., Missohou A., Sabi S. S., Juga J., Poole E.J., Tapio M., Marshall K. 2016. Using body measurements to estimate live weight of dairy cattle in low-input systems in Senegal, Journal of Applied Animal Research, doi: 10.1080/09712119.2016.1262265
- Vinay-Vadillo J.C., Piña-Cárdenas B.A., Peraza-Mercado G., Cantón-Castillo J.J.G., Hernández-Bautista J. 2015. Estimating the body weight of cattle in tropical dual purpose system by using zoometric measurements. Research Opinions in Animals and Veterinary Science. 5: 483-488.
- Wangchuk K., Wangdi J., Mindu M. 2017. Comparison and reliability of techniques to estimate live cattle body weight, Journal of Applied Animal Research, DOI: 10.1080/09712119.2017.1302876
- Wood S., Reyher K.K., Barrett D.C. 2015. Comparison of visual assessment and heart girth tape measurement for estimating the weight of cattle in clinical practice. Veterinary Journal. 203: 337-338.



LA HISTORIA DEL CULTIVO DE RAMBUTÁN (*Nephelium lappaceum* L.) EN MÉXICO

HISTORY OF THE RAMBUTAN CROP (*Nephelium lappaceum*) IN MEXICO

Castillo-Vera, A.^{1*}; López-Guillén, G.²; Sandoval-Esquivel, A.²

¹Ecología de Artrópodos y Manejo de Plagas, El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Carretera Antigua Aeropuerto Km. 2.5, Tapachula, Chiapas, 30700 México. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Rosario Izapa, Km. 18 Carretera Tapachula-Cacahoatán, Tuxtla Chico, Chiapas, C. P. 30780, México.

*Autor de correspondencia: acastill@ecosur.mx

RESUMEN

El rambután (*Nephelium lappaceum* L.) es un fruto exótico con demanda a la alza, cuya presencia en México se ha intentado escasamente explicar con base a algunas aproximaciones de la realidad. En el presente trabajo se realiza un recuento ordenado de hechos relacionados con la introducción del rambután a México, realizando entrevistas a personas que formaron parte de esta historia en el Soconusco, Chiapas, y complementada con información bibliográfica. La presencia de esta especie en México, es consecuencia de una serie de eventos aislados ocurridos durante un período de casi 60 años, desde el primer intento de introducción en 1959. En este lapso de tiempo se introdujo rambután a México al menos por cinco ocasiones, principalmente a la región del Soconusco, Chiapas, lo que explica la alta diversidad genética de la fruta producida en México. La técnica de propagación por injertos y la búsqueda de vías de comercialización fueron factores determinantes para el establecimiento y diseminación de este cultivo, con gran potencial económico para México.

Palabras clave: entrevistas, introducción, propagación, establecimiento, diseminación.

ABSTRACT

Rambutan (*Nephelium lappaceum*) is an exotic fruit with increasing demand, whose presence in México has scarcely been attempted to be explained based on some approaches to reality. In this study an ordered recounting of facts related to the introduction of rambutan in México is presented, by doing interviews with people who were part of this history in Soconusco, Chiapas, and complemented with bibliographical information. The presence of this species in México is consequence of a series of isolated events that took place during a period of almost 60 years, since the first attempt to introduce it in 1959. In this lapse of time rambutan was introduced into México at least five times, primarily in the region of Soconusco, Chiapas, which explains the high genetic diversity of the fruit produced in México. The technique of graft propagation and the search for commercialization paths were defining factors for the establishment and dissemination of this crop, with great economic potential for México.

Keywords: interviews, introduction, propagation, establishment, dissemination.



Agroproductividad: Vol. 10, Núm. 9, septiembre. 2017, pp: 53-57.

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

INTRODUCCIÓN

El rambután (*Nephelium lappaceum* L.) (Sapindáceas) es una especie exótica originaria de Malasia e Indonesia, aunque su cultivo se ha extendido a Las Filipinas, Singapur, Tailandia, Vietnam, India, Siria, Zaire, Sudáfrica, Madagascar y Australia (Tindall, 1994). En América lo cultivan países del trópico húmedo, tales como Colombia, Ecuador, Honduras, Costa Rica, Trinidad y Tobago, Cuba y México (Morton, 1987; Pérez y Pohlan, 2004). La manera como esta especie llegó a México ha sido presentada en distintas versiones aisladas de historia que parecen contradictorias (Vanderlinden *et al.*, 2005), debido quizá al gran número de eventos que la conformaron. El objetivo de este trabajo fue documentar la historia de la llegada del rambután a México, mediante la entrevista a distintos personajes claves en su establecimiento, propagación, manejo agronómico, producción y comercialización en la región del Soconusco, Chiapas, México. Las preguntas realizadas a cada persona fueron preparadas previamente y sus respuestas fueron grabadas en audio para su posterior análisis.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los primeros árboles de rambután sembrados en México fueron obtenidos de semillas procedentes de Malasia, traídas en 1959 al Centro Cuarentenario Experimental de Plantas Exóticas "El Palmar" en Tezonapa, Veracruz, bajo la jefatura de Miguel Ángel Cordera. Actualmente en El Palmar, aún se conservan algunas selecciones de frutos ácidos (2 y 42) y dulces (15, 19, 40 y 52), como una evidencia de este evento histórico; sin embargo, por la trascendencia de los hechos podemos considerar que la verdadera historia del rambután en México comienza en el patio trasero de una casa de la Estación Experimental Rosario Izapa del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), actualmente INIFAP, en Tuxtla Chico, Chiapas. Aún se conserva el árbol madre que produjo las primeras frutas de rambután dulce, de gran aceptación para consumo, y que continúa produciendo frutos grandes, rojos y dulces. Al parecer, este árbol fue obtenido de una semilla, aunque la información sobre el origen y procedencia de este material es desconocido. Esta historia comienza en la década de 1960, cuando en el Campo Experimental Rosario Izapa, también se encontraban instaladas las oficinas del Instituto Mexicano del Café (INMECAFE), y el Ing. Óscar del Arco quien trabajaba para dicha institución, en el Campo Experimental Rosario Izapa, sembrando dos plantas de rambután en el patio trasero de la vivienda. Al dejar la vivienda, a inicios de los años setentas, la ocupa el Ing. Jorge Soto Rosiles, quien encuentra en el patio trasero a dichos arbolitos con cerca de tres años de edad. A más de cincuenta años de este suceso, estos árboles siguen produciendo frutos rojos, grandes, dulces y tienen pulpa blanca (arilo) que se despega fácilmente de la semilla. La semilla de este árbol sirvió para dispersar al rambután hacia los huertos de traspatio de la región. El material distribuido y multiplicado por semilla no despertó ningún interés comercial porque la fruta resultó ser muy variable en color (verde, amarillo o rojo), y sabor (ácido, agridulce, insípido y dulce), e incluso con una gran proporción alta de plantas masculinas que no producían fruta.

En 1975, el material cuarentenado en El Palmar fue trasladado al Jardín Agrícola Tropical Puyacatengo en Tabasco, y al Campo Experimental Rosario Izapa en Chiapas. El Ing. Juan Quilantán Carreón y Óscar López Hernández viajaron a Tezonapa, Veracruz para trasladar este material a Tuxtla Chico, Chiapas. Roberto Montes de Oca, fue quien entregó 25 accesiones amarillas obtenidas de semilla en el Campo Experimental El Palmar. Veinte de estos arbolitos fueron sembrados en terrenos del INIFAP, muy cerca de la represa, y los otros cinco, fueron sembrados en un terreno propiedad del Raúl Huinaque Hernández, ubicado en Cacahoatán, Chiapas. Los árboles procedentes de El Palmar resultaron ser hermafroditas, y produjeron frutos ácidos y no despertaron interés para el consumo humano.

En 1988, el Biol. Guillermo Fraire Vázquez realizó un experimento para analizar a los segregantes obtenidos del árbol sembrado en la vivienda del Ing. Jorge Soto (Fraire, 2001). A partir de las semillas producidas por uno de los árboles en 1988 se obtuvieron más de cien árboles hermafroditas. La calidad de la fruta producida fue muy variable y una vez caracterizada, destacaron tres materiales seleccionados como RI-104, RI-133 y RI-148 ("RI" de Rosario Izapa, seguido por el número de la selección). Actualmente existe un área mayor a dos hectáreas denominada "Colección de Genotipos de Rambután", dedicada para guardar los materiales obtenidos durante los trabajos realizados por Guillermo Fraire. Estos árboles han sido la principal fuente de semillas y de germoplasma dispersado hacia los cultivos de traspatio en municipios de Cacahoatán, Tuxtla Chico,

Huehuetán, Tapachula y otros municipios circunvecinos.

Óscar López, menciona que en 1993, el Dr. Eduardo Álvarez Luna y el Dr. Richard A. Hamilton, asesores del Centro de Internacional de Investigación y Capacitación Agropecuaria (CIICA), introdujeron a la región unas cuantas varetas de las variedades Seechompoo y Smooth procedentes de Hawaii. Este material fue injertado por Óscar López bajo la supervisión del Dr. Alfredo Sandoval Esquivel, usando materiales locales como patrones. En retribución, la mitad de las plantas injertadas fueron donadas a Alfredo Sandoval. Se desconoce el destino de las plantas que fueron sembradas en el CIICA; y únicamente existe una planta en Rosario Izapa. Óscar López conservó ambas variedades en su casa, a partir de las cuales se propagaron por toda la región. La variedad Smooth con fruto redondo, rojo y espinaretos verdes no resultó atractiva, aún con su delicioso sabor agridulce. La marcada alternancia productiva de la variedad Smooth, no generó interés, y algo similar ocurrió con la variedad Seechompoo, con un fruto alargado, grande y rosa, destinado a exportación, ya que sus espinaretos se deterioran rápidamente. Otros inconvenientes de la variedad Seechompoo fueron la incompatibilidad del material injertado con el patrón, y en zonas bajas, el fruto no desarrolló semilla (partenocarpico).

En 2003, se introdujeron materiales procedentes del Jardín

Botánico "Lancetilla", localizado en Tela Honduras, por el Ing. Rubén Darío Joo Ayar, quien intercambió varetas las variedades Smooth, Seechompoo y otras dos variedades presentes en el Soconusco, Chiapas por varetas de variedad R132, R135, R136, R134, R167 de origen malayo y la variedad Jitlee (originaria de Singapur). El material introducido por Rubén Joo fue injertado por Óscar López y sembrado en los ranchos de ambos. En esta época surgen las variedades criollas conocidas como "Pita Amarilla" y "Pita Verde". La variedad "Pita Amarilla" con fruto grande, redondo, rojo, dulce y arilo que despega fácilmente de la semilla fue sembrada en el huerto de Óscar López. La variedad "Pita Verde" con un fruto de sabor agridulce bien balanceado, de tamaño grande y alargado, fue sembrado en Rancho La Chinita de Rubén Joo, ubicado en Huehuetán, Chiapas (Figura 1).

La técnica de propagación como detonante del cultivo

La propagación del rambután por medio de semilla genera >50% de árboles que no producen fruta ("árboles machos") y la calidad de

la fruta es muy heterogénea. En consecuencia, la propagación vegetativa resulta ser el método más adecuado. La falta de un método o técnica de injerto de rambután fue el principal limitante para la expansión de áreas de cultivo en México. En 1976, personal del INIFAP (Ing. Juan Hernández Ovalle, Juan Gutiérrez Labias y Óscar López) realizaron los primeros intentos de propagación del rambután por medio de injertos, con 16 años de resultados infructuosos. En 1991, Alfredo Sandoval toma como referencia el libro: "Las frutas de Malasia en color" (Chin y Yong, 1980) y logra los primeros injertos de rambután en el Soconusco. Alfredo Sandoval logró producir las primeras 20 plantas de rambután injertadas, con el apoyo técnico de Óscar López Hernández, a partir del material obtenido en la "Colección de Genotipos de Rambután" del INIFAP. Los primeros arbolitos de rambután multiplicados por injertos fueron sembrados en el jardín de la casa "Los Cerritos", propiedad del ex Gobernador de Chiapas Patrocinio González Garrido. Otros dos arbolitos fueron sembrados en el Campo Experimental Rosario Izapa, en la casa que ocupaba el Dr. Ismael Méndez López, dos más en la casa de Óscar López y dos en casa de Alfredo Sandoval.

La técnica de injerto de yema por el método de parche replicada por el personal del INIFAP aumentó el interés por cultivar el rambután en esta región. En 1994, Alfredo Sandoval presenta un trabajo titulado:



Figura 1. Comerciante local vendiendo frutos de rambután (*Nephelium lappaceum* L.) en Cacahoatán, Chiapas, México.

“Épocas de Injertación de Rambután (*Nephelium lappaceum* L.) en la Costa de Chiapas”, en la I Reunión Internacional y II Reunión Nacional, titulada: “Frutales Nativos e Introducidos”, con sede en el Colegio de Posgraduados (Sandoval, 1994). El mismo año, Alfredo Sandoval y Óscar López ofrecen cursos de capacitación para injertar rambután a los técnicos injertadores del Centro Estatal de Investigación y Desarrollo de la Producción Hortofrutícola y de Plantaciones Agroindustriales del Estado de Chiapas, CEIDEPACH, lo cual contribuyó al surgimiento de viveristas de rambután en la región, entre los que destacan José de Jesús Maldonado, Ángel Barrios y Manuel Grajales. Las actividades de difusión de la técnica de propagación del rambután por injertos, permitió establecer áreas de cultivo homogéneas y la expansión de las áreas sembradas con este frutal.

Establecimiento de los primeros cultivos

En 1990, se establece la primera huerta comercial de rambután en México por Alfonso Pérez Romero, en el rancho “San Alberto”, de Cacahoatán. Alfonso Pérez, sembró inicialmente una hectárea de rambután, a partir de semillas obtenidas de un par de árboles hermafroditas, que el mismo había sembrado en los años ochenta, y afirma que estos árboles fueron propagados a partir de semillas, mismas que él introdujo a México procedentes de Asia y Sudamérica, aunque su origen geográfico es incierto. En este rancho se inició la siembra de materiales injertados cinco años más tarde, con la técnica difundida por personal de INIFAP y actualmente se registran 40 hectáreas de rambután. En 1993, se estableció la segunda huerta comercial, y las primeras diez hectáreas con material injertado, en el rancho La Chinita propiedad de Rubén Joo, en Huehuetán. El material usado para injertar estas plantas fue obtenido y seleccionado en el Campo Experimental Rosario Izapa por Guillermo Fraire e injertado por Óscar López Hernández. En este mismo año se establece la tercera huerta comercial de rambután propiedad de Alfonso Espino Ramírez, en el municipio de Metapa de Domínguez, con una superficie de 20 hectáreas. Esta última se estableció con plantas injertadas por Óscar López y material obtenido del Campo Experimental de Rosario Izapa. En 1994, Óscar López establece su propia huerta en el municipio de Cacahoatán.

Diseminación del cultivo

Aunque en la actualidad en el Soconusco el cultivo de rambután está ampliamente distribuido, datos oficiales reportan 737 ha cultivadas en el estado de Chiapas con

una producción aproximada de 8,730.27 t anuales (SIAP, 2015), sin embargo, el área sembrada con rambután incrementa progresivamente en los municipios de Cacahoatán, Frontera Hidalgo, Suchiate, Metapa, Huehuetán y Tuxtla Chico, debido al precio local de la fruta, su alta productividad y demanda en países como EE.UU., Canadá, Japón y Guatemala, además, del mercado nacional. También se han establecido plantaciones comerciales de rambután en otros estados de la República Mexicana (Huatulco y Tuxtepec, Oaxaca; Teapa, Tabasco; La Costa Chica, Guerrero; Colima, Colima; Huasteca Potosina, San Luis Potosí) con materiales obtenidos en la región del Soconusco (Román, 2002). También se ha extendido a Campeche, Guerrero, Oaxaca, Nayarit, Tabasco y Michoacán con materiales procedentes de Chiapas (Román, 2002; Hernández, 2010; Martínez Bolaños et al., 2006). Además, se han trasladado materiales con fines de investigación del Campo Experimental Rosario Izapa (RI-104, RI-144 y RI-148) al Campo Experimental Huichihuyán en la Huasteca Potosina (Huehuetlan, Axtla y Xilitla) (De la Garza Núñez, 2002) y al Campo Experimental Cotaxtla en 2012. Por su parte, Alfonso Pérez exportó 20,000 plantas al Peten, Guatemala para el establecimiento de huertas comerciales.

Comercialización del fruto

La corta vida de anaquel del fruto de rambután limita su comercialización. La primera exportación de fruto fresco a Miami y Florida, EUA, la hizo Jesús García en 1996, quien envió por vía aérea 200 kg que obtuvo en huertas de traspatio de Cacahoatán. Posteriormente esta misma persona, realizó otros envíos de frutos frescos a EUA, los cuales obtuvo de la Colección de Genotipos de Rambután establecida en el Campo Rosario Izapa. Sin embargo, debido a que el rambután se consideró como un fruto hospedero potencial de la Mosca del Mediterráneo, los envíos de fruta fresca fueron restringidos (Pérez y Pohlen, 2005). Alfonso Pérez, es uno de los más importantes promotores de este cultivo y buscador de vías de comercialización para la fruta. Al instrumentar el Dispositivo Nacional de Emergencia para erradicar brotes de Mosca del Mediterráneo en Chiapas, el 26 de octubre del 2000, se excluye oficialmente al rambután como fruta hospedero de la Mosca del Mediterráneo (DOF, 2000). En el año 2002, Alfonso Pérez asistió a un evento binacional entre México y Japón de productos agrícolas donde estableció contacto con una persona interesada en importar el rambután producido México a Japón, exportando por primera vez 200 kg de frutos de rambután cosechados en la región Soconusco. En el año 2003,

se cancela la ley que prohibía la exportación de rambután a Japón y a los EE.UU. (Pérez Romero y Pohlan, 2005), lo cual permitió a Alfonso Pérez exportar oficialmente en julio de 2004, 1088 kg de origen mexicano por vía aérea con destino a Miami, EUA. En el año 2005, Alfonso Pérez Romero realiza su primer embarque vía terrestre de rambután (17 t) hacia las principales comercializadoras de EUA, a través de la empresa Productos Agrícolas Amex (Pérez-Romero, 2013). En el año 2010, se funda la primer Sociedad Rural de Productores de Rambután del Soconusco y actualmente existen más de tres organizaciones locales en dicha región que comercializan los frutos.

Potencial del cultivo

La popularidad del rambután inició con la dispersión de semilla y algunas varetas, y en la actualidad los retos implícitos a la propagación de plantas se han vencido con la multiplicación vegetativa vía injerto. Según SIAP (2015), la superficie sembrada con rambután en México es de 883.46 ha, por orden de prioridad en los estados de Chiapas, Tabasco, Oaxaca, Michoacán y Nayarit. Ciertamente, quedan por resolver problemas que aún están limitando el interés por este cultivo, como la falta de una selección de materiales de mayor calidad, de tecnologías apropiadas de manejo agronómico, de estrategias para su comercialización, de tecnologías para incrementar la vida de anaquel y métodos de control de plagas emergentes. No obstante, el rambután ha mostrado ser detonante económico para el Soconusco, por lo que algunos productores lo llaman el oro rojo. Cultivares con una calidad homogénea del fruto, es uno de los mayores retos, pero se tiene

como ventaja una amplia riqueza genética presente en la región, su adaptación a nuestras condiciones agroclimáticas y ubicación geográfica, que pueden ser elementos importantes para competir en los mercados internacionales y colocar al rambután como una alternativa económica y ecológicamente viable en nuestro país.

AGRADECIMIENTOS

A Jesús García, Óscar López Hernández y Ángel Barrios, así como también, al Biol. Guillermo Fraire Vázquez, Ing. Rubén Darío Joo Ayar e Ing. Alfonso Pérez Romero, por la información proporcionada durante las entrevistas.

LITERATURA CITADA

- Chin H.F., Yong H.S. 1980. Malaysian fruits in colour. Tropical Press SDN. BHD., Jalan Riong, Kuala Lumpur, Malaysia. 126p.
- De la Garza-Nuñez, J.A. 2006. El Rambután, el frutal con perspectivas de producción para la huasteca potosina. Desplegable para productores No. 1. INIFAP-CIRNE, Campo Experimental Huichihuayan.
- DOF. 2000. Dispositivo Nacional de Emergencia del artículo 46 de la Ley Federal de Sanidad Vegetal. (http://dof.gob.mx/nota_to_imagen_fs.php?codnota=2062636&fecha=26/10/2000&cod_diario=150355 [último acceso: enero 11, 2017]).
- Hernández-Arenas, 2010. Caracterización cualitativa de frutos de rambután (*Nephelium lappaceum* L.) almacenamiento, poscosecha y patógenos asociados. Colegio de Posgraduados. Tesis Doctoral. 50 p.
- Fraire-Vázquez G. 2001. El Rambután: alternativa para la producción frutícola del trópico húmedo en México. Folleto 1, INIFAP, Chiapas, México, 41 p.
- Morton J.F. 1987. Rambutan. In: fruits and warm climates. (<http://newcrops.hort.purdue.edu/newcrop/morton/rambutan.html> [último acceso: enero 11, 2017]).
- Pérez-Romero R.A., Pohlan J. 2004. Prácticas de cosecha y poscosecha del rambután en el Soconusco, Chiapas. LEISA Revista de Agroecología. 20(3): 1-5.
- Pérez-Romero A., Pohlan J. 2005. Frutos de rambután (*Nephelium lappaceum* L.) no son hospederos de moscas de la fruta: *Anastrepha* spp. y *Ceratitis capitata* (Wied.) resultados de 10 años en el Soconusco, Chiapas, México. Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics Volume 106 (2): 143-153.
- Pérez-Romero A. 2013. Chiapas uno de los principales productores de rambután en el mundo (<http://www.periodicoenfoque.com.mx/2013/08/chiapas-uno-de-los-principales-productores-de-rambutan-en-el-mundo/#sthash.177sA0i8.dpuf> [último acceso: enero 11, 2017]).
- Román R.F. 2002. Un estudio de comercialización para la posible producción del cultivo de rambután en el Estado de Oaxaca (Doctoral dissertation, Universidad Tecnológica de la Mixteca. http://jupiter.utm.mx/~tesis_dig/7664.pdf. [último acceso: enero 11, 2017]).
- SIAP. 2012. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola 2012 en México. El cultivo de rambután. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México, D.F. (en línea). Disponible en <http://www.siap.gob.mx/>. (Revisado el 7 de Marzo de 2017).
- Sandoval-Esquivel A. 1993. Nuevas alternativas para la diversificación de la fruticultura tropical. Folleto Informativa No. 1, SARH, INIFAP-CIRPS. 15 p.
- Sandoval-Esquivel A. 1994. Situación de los cultivos alternativos de Chiapas y Oaxaca. Memoria: Taller de Cultivos Alternativos Tropicales. Compiladores J.I. López A. et al. 16-18 marzo Villahermosa, Tabasco. pp. 14-15.
- Sandoval-Esquivel A. 1994. Etapas de injertación de Rambután (*Nephelium lappaceum* L.) en la Costa de Chiapas. En: memorias de la I Reunión Internacional y II Reunión Nacional sobre Frutales Nativos e Introducidos. Montecillo, Mex. Centro de Fruticultura, C.P., p 272-276.
- Tindall H.D. 1994. Rambutan cultivation. Plant production and protection Paper 121. FAO. Rome, Italy, 163 pp.
- Vanderlinden E. J. M., Pohlan H. A. J., Janssens M. J. 2004. Culture and fruit quality of rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) in the Soconusco region, Chiapas, Mexico. Fruits, 59(5), 339-350.

VARIACIÓN MORFOLÓGICA A NIVEL INTER E INFRAESPECÍFICO EN *Sechium* spp.

MORPHOLOGICAL VARIATION AT INTER AND INFRAESPECIFIC LEVEL IN *Sechium* spp.

Avendaño-Arrazate, C.H.^{1,4}; Cadena-Iñíguez, J.^{2,4}; Cisneros-Solano, V.M.^{3,4}; Ramírez-Rodas, Y.C.⁵; Mejía-Montoya, G.B.⁵

¹Investigador del Campo Experimental Rosario Izapa (CERI)-Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)-Carretera Tapachula-Cacahoatán, Tuxtla chico, Chiapas. CP. 30780. ²Postgrado en Innovación en Manejo de Recursos Naturales, Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí, Iturbide 73, Salinas de Hidalgo, SLP, 78600, México. ³Centro Regional Universitario Oriente-Universidad Autónoma Chapingo. ⁴Grupo Interdisciplinario de Investigación en *Sechium edule* en México, A.C. (GISEM). ⁵Colaboradoras de investigación del CERI-INIFAP.

*Autor de correspondencia: jocadena@gmail.com

RESUMEN

El origen de la variación se aborda desde la perspectiva del proceso de domesticación y la influencia del ambiente, las culturas y los sistemas de producción como entes generadores de variantes en chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Sw), cuya variación morfológica es dinámica y su proceso de evolución es continua; y se atribuye tanto al consumidor como el cambio climático, la presión generadora de variantes de interés antropocéntrico y adaptación a nuevos ambientes o condiciones. Se realizó una serie de cruzamientos interespecíficos entre los tipos silvestres: *S. edule*, *S. compositum* y *S. chinantense*, registrando que la variación morfológica en chayote es dinámica y su proceso de evolución es continua, prueba de ello es que los silvestres, semidomesticados y domesticados coexisten y se están cruzando de manera natural, promoviendo así nuevas variantes.

Palabras clave: chayote, Mesoamérica, especies, sub especies.

ABSTRACT

The origin of variation is addressed from the perspective of the domestication process and the influence of the environment, cultures and production systems as entities that generate variants in chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Sw), whose morphological variation is dynamic and evolutionary process is continuous; and this is attributed both to the consumer and to climate change, the pressure that generates variants of anthropocentric interest and adaptation to new environments or conditions. A series of inter-specific crosses were carried out between the wild types: *S. edule*, *S. compositum* and *S. chinantense*, showing that the morphological variation in chayote is dynamic and its evolutionary process is continuous, proof of this is that the wild, semi-domesticated and domesticated variants coexist and are crossbreeding naturally, thus promoting new variants.

Keywords: chayote, Mesoamerica, species, sub-species.

Agroproductividad: Vol. 10, Núm. 9, septiembre. 2017, pp: 58-63.

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



INTRODUCCIÓN

El estudio y entendimiento de la variación infraespecífica en *Sechium* ha sido abordado desde diferentes puntos de vista, desde el botánico (Lira-Saade, 1996), pasando por el taxonómico (Lira et al., 1999), morfológico (Cadena et al., 2010), bioquímico (Cadena et al., 2011), citológico (Lira et al., 1999) y molecular (Avendaño et al., 2012; Cadena et al., 2007). Diferentes estudios han contribuido a tratar de explicar la variación registrada en este complejo tanto en México como en Centroamérica y Sudamérica (Maffioli, 1981; Engels, 1983; Newstrom, 1991; Lira-Saade, 1996). Estos estudios han abordado principalmente la variación en fruto (tamaño, forma, color, sabor, presencia o ausencia de espinas), características de hojas y guías, así como, respuesta de la especie a diferentes ambientes con base en aspectos morfo-anatómicos, fisiológico y bioquímicos (Cadena-Iñiguez et al., 2001). En 2102, Avendaño et al. (2012) concluyen que existe una amplia variación dentro del complejo infraespecífico e interespecífico de *Sechium* de México y además, de que su diversidad genética no es aleatoria, ya que se pueden distinguir los grupos varietales con base en el tamaño, color y ausencia o presencia de espina de los frutos, esto con base en marcadores isoenzimáticos. Sin embargo, esta variación no ha sido explotada en su totalidad para el beneficio de las comunidades de México, ya que sólo uno o dos grupos varietales (*virens levis* y *nigrum spinosum*), son utilizados para su comercialización a gran escala; por lo que

actualmente, existe necesidad por parte de los investigadores principalmente de México por conocer el origen de la variación en *Sechium*, ya que esto permitiría desarrollar protocolos y metodologías para, potenciar y aprovechar los usos terapéuticos, medicinales y alimenticios de éste género, que durante cientos de años ha coexistido con comunidades rurales de México.

Origen de la variación morfológica en *Sechium* spp.

En los seres vivos existen factores que inducen variación con el fin de que la especie sobreviva a los cambios de su entorno, estos factores son, selección, mutación, migración y deriva genética; además de éstos, en *Sechium* el dinamismo de la ruta evolutiva se ha desarrollado mediante el proceso mismo de la domesticación (Cadena et al., 2007), el ambiente donde se desarrollan, procesos culturales y los sistemas de producción que le ha permitido al hombre aprovechar a esta especie a gran escala (Figura 1).

La selección como factor de variación en *Sechium*

La selección natural ha jugado un papel muy importante para la aparición de variantes, que se han adaptado a los diferentes ambientes de México. Siendo el chayote una planta sensible al fotoperíodo; la temperatura, la precipitación, humedad relativa y altitud han determinado que ciertas variantes de chayote predominen en regiones cálidas, semitempladas y templadas (Cadena-Iñiguez et al., 2007). Por otra parte, la presión de selección que el hombre ha ejercido, ha sido muy importante para la aparición de variantes, reflejado en la cantidad y densidad de espinas en el fruto; de colores claros presentes en el trópico húmedo a colores oscuros en las zonas templadas. Además, de la presión de selección a caracteres de interés antropocéntrico, tales como cantidad de estropajo, el sabor amargo a dulce, neutro y la forma y tamaño del fruto (Cadena-Iñiguez et al., 2011). Sin lugar a dudas, la preferencia del consumidor en el mercado también ha ejercido un papel importante en la aparición de variantes y desplazamiento de otras; de verde oscuro a verde claro, con espinas o sin espinas.

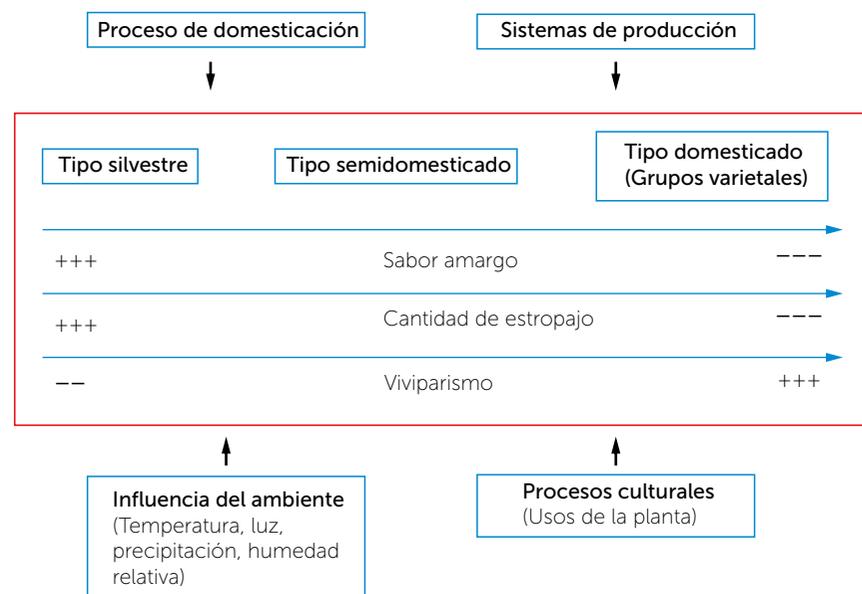


Figura 1. Posible origen de la variación morfológica a nivel infraespecífico en *Sechium* spp. (Adaptado de Cadena-Iñiguez, 2005).

silvestre (Figura 2 y 3) que se caracteriza por un sabor amargo muy pronunciado, alto contenido de estropajo, sin viviparismo (germinación de la semilla dentro del fruto y adherido a la planta (Figura 4), y la raíz de gran tamaño como fuente de reserva (geófita) y estrategia de sobrevivencia como planta semiperenne. Los tipos semidomesticados se caracterizan principalmente por presentar frutos de pequeños a medianos, con menor nivel de viviparismo y presencia de estropajo (Figura 4). Finalmente, los tipos domesticados a través de los grupos varietales que se han formado, se caracterizan por presentar frutos sin estropajo, sabor neutro a dulce y frutos de grandes a muy grandes. También, se observa una tendencia a la cantidad y densidad de espinas (Figura 5) (Avendaño *et al.*, 2010; Cadena-iñiguez *et al.*, 2010).

La mutación y migración como factores de variación en *Sechium*, han permitido la aparición de variantes adaptadas a nuevos ambientes. *S. edule* es originario del bosque mesofilo de montaña o neblina, sin embargo, lo han desplazado a regiones extremadamente cálidas, tales como Actopan, Veracruz, y Santa María del Río, San Luís Potosí. Este desplazamiento y grado de adaptación se debe principalmente a su plasticidad, que le permite desarrollarse y mantenerse en dichos ambientes "extremos", sin embargo, han provocado cambios drásticos en su morfología, tal es el caso del "chayote blanco" en Actopan, Veracruz, que se debe a un desorden eco fisiológico, ya que al sembrarlo nuevamente en condiciones favorables para la es-



Figura 2. Frutos de chayote silvestre (*S. edule*, *S. chinantlense*, *S. compositum*) de México.

pecie el color del fruto es normal. En otros ambientes, como los climas fríos o templados (valles altos), el chayote ha desarrollado formas, densidad y tamaño de espinas, además de colores oscuros en fruto y raíces grandes como fuente de reserva.

Las culturas de México como factores de variación en *Sechium*

Las diferentes culturas de México han jugado un papel determinante en la aparición de variantes en *Sechium*. Al respecto Juárez *et al.* (2014), encontraron que los campesinos y vendedoras Zapotecas de Valles Centrales de Oaxaca, México, han desarrollado criterios para seleccionar plantas de

chayote en base a sus características morfológicas (Figura 5). En la selección de la semilla consideran el tamaño, color, textura, consistencia y cantidad de estropajo. Estos son adquiridos en el mercado local o en huertos vecinos de la misma región. Los frutos se clasifican por su tamaño, en "pequeños" cuando miden en promedio de 12.0 cm de longitud y poseen una guía de aproximadamente 20 cm de largo; estos se siembran cubriendo todo el fruto en el suelo, mientras que los "grandes", miden en promedio 16.9 cm, en cuyo caso se elimina el



Figura 3. Variación morfológica en frutos de chayote silvestre de *S. compositum*.



Figura 4. Viviparismo en los tipos de chayote silvestre, semidomesticado y domesticado de México.



Figura 5. Variación morfológica a nivel infraespecífico de chayotes semidomesticado y domesticado.

mesocarpio para extraer la semilla también llamada "pepita". Estos autores también reportan amplia variabilidad morfológica en Valles Centrales de Oaxaca, y consideran que se puede deber a diferencias edáficas y climáticas de la región, así como a los movimientos y criterios de selección de semilla que practican los productores, además de entrecruzamientos al ser una especie alógama. Las culturas mesoamericanas sin lugar a dudas han jugado y siguen jugando un papel muy importante en la aparición de nuevas variantes, debido al desplazamiento y selección de variantes de acuerdo a su uso (Cadena *et al.*, 2010).

Sistemas de cultivo, como generadores de variantes en *Sechium*

Los diferentes sistemas de manejo de chayote en México; también han ejercido un impacto en la generación de nuevas variantes, ya que las preferencias del consumidor y del mercado han preferido ciertos tipos (*virens levis*) y desplazamiento de otras (*nigrum levis*) (Cadena *et al.*, 2007). El chayote al ser una planta de polinización cruzada de manera natural se generan nuevas formas (Figura 6 y 7) y en los sistemas de manejo, a través de la selección continua por parte de los campesinos, productores e investigadores mediante sistemas formales o informales de mejoramiento genético, se han seleccionado variantes que se distinguen por su alto rendimiento, forma y sabor.

Al respecto, Avendaño *et al.* (2014), encontraron que la percepción del consumidor respecto al chayote ha cambiado afectando los patrones de consumo. Esta situación ha impactado con la diversidad de formas, colores y sabores presentes en los tipos de chayote que se consumen en México y en el extranjero. Actualmente, las de mayor demanda son el chayote verde liso (*virens levis*) para exportación y en segundo lugar el verde espinoso (*nigrum espinosum*) cuya distribución y consumo se localiza en valles altos de México.

Como resultado del proceso de



Figura 6. Formación de híbridos a partir de tipos silvestres de *Sechium* (*S. chinantense* x *S. edule*).

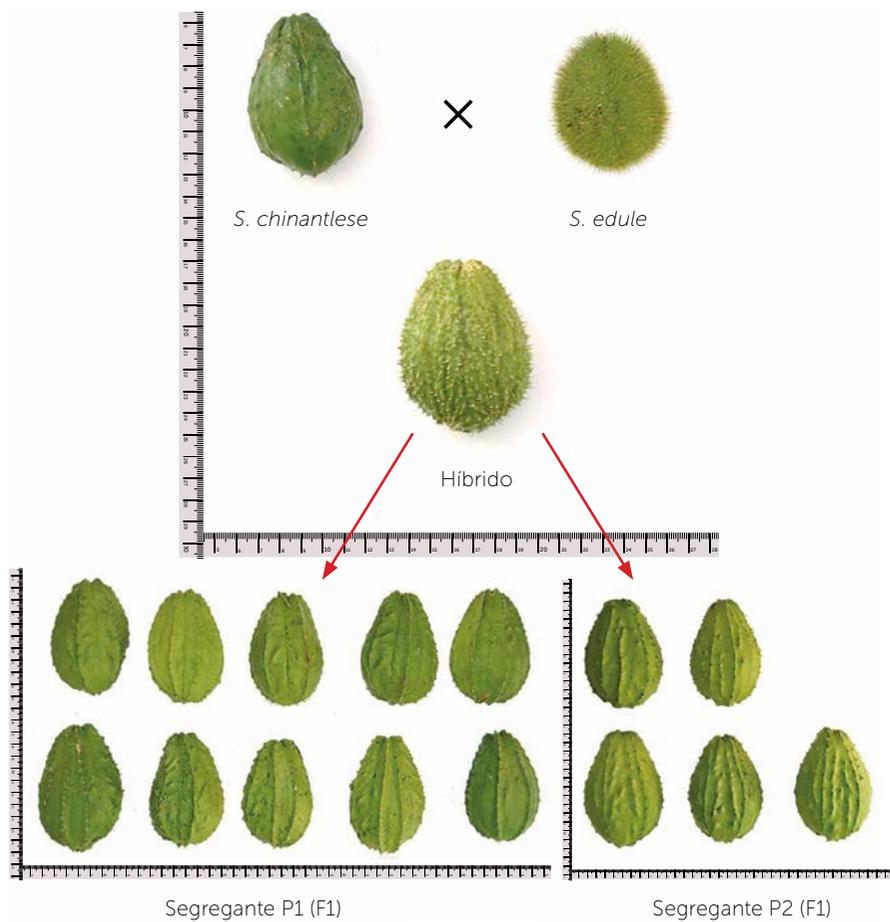


Figura 7. Formación de híbridos a partir de tipos silvestres de *Sechium* (*S. chinantlese* × *S. edule*) y sus segregantes.

cruzamiento controlado en el complejo interespecífico de *Sechium*, se han obtenido nuevas variantes biológicas, que en la mayoría de los casos la progenie supera a los progenitores, sobre todo en tamaño y peso del fruto (Cuadro 1), esto se debe a que al ser consideradas especies diferentes (*S. edule* y *S. chinantlese*) la distancia genética es amplia y como resultado del cruzamiento se tiene una heterosis alta. Este comportamiento ha sido reportado en muchas especies (Cheres et al., 2000; Monforte et al., 2005). Los frutos del segregante P2 superó en cuatro veces a ambos progenitores res-

pecto al peso del fruto y en longitud lo duplicó (Cuadro 1), y en cuanto a la forma y presencia de espinas en algunos frutos del segregante P1 (Figura 7) se parecen morfológicamente a *S. compositum* (Figura 2), este comportamiento de los segregantes de P1 y P2 (Figura 7) sugiere que la variación infraespecífica en *Sechium* pueda provenir de una sola especie (*S. edule*) y que las otras consideradas como especies (*S. chinantlese* y *S. compositum*) se traten de subespecies y que el proceso de domesticación en el complejo infraespecífico de *Sechium* aún no concluye.

CONCLUSIONES

La variación morfológica en *Sechium* es dinámica y su proceso de evolución es continua, prueba de ello es que los tipos silvestres, semidomesticados y domesticados coexisten y se están cruzando de manera natural, promoviendo así nuevas variantes que tanto el consumidor como el ambiente, son fuerzas generadoras de nuevas

variantes de interés antropocéntrico.

LITERATURA CITADA

Avenidaño-Arrazate C.H., Cadena-Iñiguez J., Arévalo-Galarza M.L.C., Cisneros-Solano V.M., Morales-Flores F., Ruiz-Posadas L.M. 2014. Mejoramiento genético participativo en chayote. *Revista Agroproductividad* 7(6):30-39.

Avenidaño-Arrazate C.H., Cadena-Iñiguez J., Arévalo-Galarza L., Cisneros-Solano V.M., Aguirre-Medina J.F., Moreno-Pérez E., Cortés-Cruz M., Castillo-Martínez C.R., Ramírez-Vallejo P. 2012. Variación genética en el complejo infraespecífico de chayote evaluada mediante sistemas isoenzimáticos. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, Brasília. 47(2):244-252.

Cuadro 1. Comportamiento de progenitores y su progenie en *Sechium* spp., 2015-2017.

	PF	LF	AF	GF	Año
Progenitor Se	63.14 ± 12.38	6.14 ± 0.42	5.12 ± 0.41	4.58 ± 0.35	2015
Progenitor Sch	54.52 ± 9.52	6.67 ± 0.40	4.68 ± 0.28	3.30 ± 0.31	2015
Híbrido	77.98 ± 16.95	7.12 ± 0.47	5.42 ± 0.39	4.06 ± 0.37	2016
Segregante P1 (F1)	131.69 ± 26.09	9.37 ± 0.46	6.38 ± 0.42	4.76 ± 0.29	2017
Segregante P2 (F1)	247.59 ± 51.75	11.35 ± 1.16	7.35 ± 0.59	5.45 ± 0.43	2017

Se=*Sechium edule*, Sch=*Sechium chinantlese*, PF=Peso del fruto (g), LF=Longitud del fruto (cm), AF=Ancho del fruto (cm), GF=Grosor del fruto (cm), ± desviación estándar.

- Avendaño-Arrazate C.H., Cadena-Iñiguez J., Arévalo-Galarza M.L., Campos-Rojas E., Cisneros-Solano V.M., Aguirre-Medina J.F. 2010. Las variedades del chayote mexicano, recurso ancestral con potencial de comercialización. Grupo Interdisciplinario de Investigación en *Sechium edule* en México. México. 88 p.
- Cadena-Iñiguez J., Avendaño-Arrazate C.H., Aguirre-Medina J.F., Arévalo-Galarza M.L.C., Cisneros-Solano V.M., Campos-Rojas E. 2010. El chayote *Sechium edule* (Jacq.) Sw. Importante recurso fitogenético mesoamericano. *Agroproductividad* 3(2):26-34.
- Cadena-Iñiguez J., Arévalo-Galarza M.L.C., Avendaño-Arrazate C.H., Ruíz-Posadas L.M., Soto-Hernández M., Santiago-Osorio E., Acosta-Ramos M., Aguirre-Medina J.F., Cisneros-Solano V., Ochoa-Martínez D.L. 2007. Production, genetics and postharvest management and pharmacological characteristics of *Sechium edule* (Jacq.) Sw. (Review). *Fresh Produce Journal* (Global Science Books) 1(1):41-53.
- Cadena-Iñiguez J., Soto-Hernández M., Arévalo-Galarza M.L., Avendaño-Arrazate C.H., Aguirre-Medina J.F., Ruíz-Posadas L.M. 2011. Caracterización bioquímica de variedades domesticadas de chayote *Sechium edule* (Jacq.) Sw. Comparadas con parientes silvestres. *Revista Chapingo Serie Horticultura XVII* (2): 45-55.
- Cadena-Iñiguez J., Soto-Hernández M., Torres-Salas A., Aguiñiga-Sánchez I., Ruíz-Posada L., Rivera-Martínez A.R., Avendaño-Arrazate C.H., Santiago-Osorio E. 2013. The antiproliferative effect of chayote varieties (*Sechium edule* (Jacq.) Sw.) on tumour cell lines. *Journal of Medicinal Plants Research* 7(8): 455-460.
- Cadena-Iñiguez J., Avendaño-Arrazate C.H., Ruíz-Posadas L.M., Soto-Hernández M., Zavaleta-Mancera H.A., Aguirre-Medina J.F., Luna-Cavazos M., Arévalo-Galarza L. 2008. The inphraespecific variation of *Sechium edule* (Jacq.) Sw., in the Veracruz State, Mexico. *Genetics Resources and Crop Evolutions*. 55:163-170.
- Cheres M.T., Miller J.F., Crane J.M., Knapp S.J., 2000. Genetic distance as a predictor of heterosis and hybrid performance within and between heterotic groups in sunflower. *Theor Appl Genet* 100: 889–894.
- Cruz-León A, Querol-Lipovich D. 1985. Catálogo de recursos genéticos de chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Sw.) en el Centro Regional Universitario Oriente de la Universidad Autónoma Chapingo. UACH, Chapingo, pp. 5-25.
- Engels J.M.M.1983. Variation in *Sechium edule* in Central America. *Journal of the American Society of Horticultural Science* 108: 706-710.
- Juárez H.L.F., Campos A.G.V., Avendaño A.C.H., Enríquez del V.J.R., Villegas A.Y. 2014. Conocimiento y comercialización de chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Sw.) en los mercados de Valles Centrales de Oaxaca, México. *Rev. Bras. de Agroecología*. 9(3): 90-103
- Lira R., Castrejón J., Zamudio S., Rojas Z.C. 1999. Propuesta de ubicación taxonómica para los chayotes silvestres *Sechium edule*, cucurbitaceae de México. *Acta Botánica Mexicana* 49:47-61.
- Lira-Saade R.1996. Chayote. *Sechium edule* (Jacq.) Sw. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy, 57 p.
- Maffioli A. 1981. Recursos genéticos de *Sechium edule* (Jacq.) Sw. (Cucurbitaceae). CATIE, Unidad de Recursos Genéticos, Turrialba, Costa Rica, 151 p.
- Morforte A.J., Iban E., Silvia A. 2005. Inheritance mode of fruit traits in melon: Heterosis for fruit shape and its correlation with genetic distance. *Euphytica* 144: 31. doi:10.1007/s10681-005-0201-y.
- Newstrom L.E. 1991. Evidence for the origin of chayote *Sechium edule* (Cucurbitaceae). *Economic Botany* 45: 410-428.

RENDIMIENTO Y ADAPTACIÓN DE LA VARIEDAD DE FRIJOL ROJO INIFAP (*Phaseolus vulgaris* L.) EN CHIAPAS, MEXICO

YIELD AND ADAPTATION OF THE INIFAP RED BEAN VARIETY (*Phaseolus vulgaris* L.) IN CHIAPAS, MÉXICO

Villar-Sánchez, B.¹; Tosquy-Valle, O.H.²; López-Salinas, E.²

¹Campo Experimental Centro de Chiapas, INIFAP. Km 3.5 Carr. Ocozocoautla-Cintalapa. C.P. 29140, Ocozocoautla, Chis. ²Campo Experimental Cotaxtla, INIFAP. Km 34.5 Carr. Veracruz-Córdoba, mpio. de Medellín de Bravo, Ver. Apdo. Postal 429, C. P. 91700, Veracruz, Ver., México. Tel. 01 229 2622232 y 33.

*Autor de correspondencia: villar.bernardo@inifap.gob.mx

RESUMEN

En Chiapas, México, existe interés para cultivar frijol de grano rojo (*Phaseolus vulgaris* L.), por lo que a partir de 2003 se iniciaron trabajos de investigación que llevaron a liberación a la variedad de frijol Rojo INIFAP. El objetivo del trabajo es mostrar los resultados de productividad, reacción al virus del mosaico amarillo dorado (VMADF) y adaptación en suelos ácidos, de esta variedad en Chiapas y Veracruz, evaluando 10 ambientes de Chiapas y uno en Veracruz, bajo temporal y humedad residual. Durante 2005, se evaluó en Chiapas su reacción al VMADF; y en 2006, en invernadero, se evaluó su adaptación en suelos ácidos de Veracruz y Villahidalgo, Chiapas, con y sin enmienda de cal; y de 2005 a 2007 se validó en 13 ambientes de Chiapas y uno en Veracruz. La variedad Rojo INIFAP y la línea EAP 9508-48 de comparación, obtuvieron rendimientos promedio superiores al criollo Coloradito; la nueva variedad fue la de mayor rendimiento, y mostró estabilidad en su comportamiento productivo ($bi=1$ y $S^2di=0$). Rojo INIFAP registro la menor incidencia del VMADF (24%) en plantas dañadas y rendimiento de 950 kg ha^{-1} , mientras que el criollo Coloradito registró incidencia de 89% y rendimiento de 319 kg ha^{-1} . En suelo ácido, Rojo INIFAP produjo biomasa similar al criollo Sesentano, mientras que con la enmienda de cal, sólo la nueva variedad incrementó la biomasa en más de 90%. En parcelas de validación, la nueva variedad superó en rendimiento al criollo Coloradito en todos ambientes de evaluación, con un promedio de 1201 kg ha^{-1} , superior en 37.4%.

Palabras clave: rendimiento, grano, Chiapas, INIFAP.

ABSTRACT

In Chiapas, México, there is interest to grow red grain bean (*Phaseolus vulgaris* L.), which is why research began since 2003 that led to the liberation of the INIFAP Red bean variety. The objective of this study is to show the results in productivity, reaction to the bean golden yellow mosaic virus (BGYMV) and adaptation in acid soils of this variety in Chiapas and Veracruz, evaluating 10 rainfed environments in Chiapas and one in Veracruz, and residual moisture. During 2005, its reaction to BGYMV in Chiapas was evaluated; and in 2006, its adaptation was evaluated in greenhouses in acid soils of Veracruz and Villahidalgo, Chiapas, with or without lime amendment; and from 2005 to 2007 it was validated in 13 environments in Chiapas and



Agroproductividad: Vol. 10, Núm. 9, septiembre. 2017, pp. 64-70.

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

one in Veracruz. The INIFAP Red variety and the EAP 9508-48 line for comparison obtained average yields higher than the Coloradito Creole; the new variety was the one with highest yield, and it showed stability in its productive behavior ($bi=1$ and $S^2di=0$). INIFAP Red recorded the lowest incidence of BGYMV (24 %) in damaged plants and yield of 950 kg ha⁻¹, while the Coloradito Creole showed incidence of 89 % and yield of 319 kg ha⁻¹. In acid soil, INIFAP Red produced biomass similar to the Sesentano Creole, while with the lime amendment, only the new variety increased the biomass in more than 90 %. In validation plots, the new variety outperformed the Coloradito Creole in yield in all the environments evaluated, with an average of 1201 kg ha⁻¹, higher in 37.4%.

Keywords: yield, grain, Chiapas, INIFAP.

en suelos ácidos de la variedad de frijol Rojo INIFAP en áreas tropicales de Chiapas y Veracruz, México.

MATERIALES Y METODOS

Durante el periodo de 2003 a 2005, la variedad Rojo INIFAP se evaluó en un ensayo uniforme de rendimiento de frijol de grano rojo, el cual se condujo bajo condiciones de humedad residual, temporal y riego, en 10 ambientes del estado de Chiapas, México, ubicados en la región conocida como depresión central (15° 40' y 16° 50' N, y 92° 00' y 94° 00' O), a una altitud promedio de 700 m, además de un ambiente de la zona centro de Veracruz, México (18° 50' N, y 96° 10' O), a una altitud de 15 m (García, 1987) (Cuadro 1).

El ensayo estuvo conformado por 16 genotipos, incluido un criollo local conocido como Coloradito como testigo, por ser el material de grano rojo actualmente sembrado en la región de estudio (SAGARPA, 2014). Se utilizó el diseño experimental bloques completos al azar con tres repeticiones y parcelas de tres surcos de 5.0 m de longitud, separados a 0.6 m, donde la parcela útil correspondió al surco central completo. En todas las evaluaciones los genotipos se establecieron a una densidad de población de 250,000 plantas ha⁻¹. Como variable de respuesta se consideró el rendimiento de grano en kg ha⁻¹, ajustado a 14% de humedad. Se realizaron análisis de varianza individuales del rendimiento obtenido en cada localidad y un análisis de varianza combinado de los once ambientes de evaluación. En los casos en que se detectó significancia, para comparación medias se aplicó la prueba de Tukey 5% de probabilidad de error. También se realizó un análisis

INTRODUCCION

En el del estado de Chiapas, en las regiones Altos y Frailesca, existen áreas donde se siembran materiales criollos de frijol de grano rojo (*Phaseolus vulgaris* L.), los cuales se comercializan en mercados locales, en la capital del estado (INEGI, 2009) y poblaciones fronterizas con Guatemala, donde también se comercializa grano de frijol rojo con Centroamérica (Paz *et al.*, 2007). Aunque estos genotipos tienen adaptación específica, son de bajo potencial de rendimiento y susceptibles a enfermedades. En esta entidad existe creciente interés por parte de los agricultores por la siembra de frijol de este tipo de color de grano, lo cual obedece al establecimiento cada vez mayor de inmigrantes centroamericanos en el estado, que culturalmente consumen frijol de grano rojo, y por lo tanto aumenta su demanda (Villar *et al.*, 2010). Aumentar la superficie de siembra y el rendimiento de frijol de grano rojo, representa una oportunidad de exportación para el estado de Chiapas, considerando la demanda que hay en El Salvador, Honduras y Nicaragua, así como en los Estados Unidos de América, donde radican habitantes de dichos países (Paz *et al.*, 2007). En el Programa de Frijol del Campo Experimental Centro de Chiapas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), se han generado variedades mejoradas de frijol negro utilizando el método de introducción (Villar y López, 1993; López *et al.*, 1997; Villar *et al.*, 2009). A partir del año 2003 se iniciaron trabajos de evaluación de líneas avanzadas de frijol de grano rojo, introducidas del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), a través de la Escuela Panamericana de Agricultura de Honduras (EPA), en los cuales se identificaron materiales sobresalientes en cuanto a su rendimiento, adaptación y tolerancia a factores bióticos y abióticos, y con el tipo de grano que demanda el consumidor (Buerkert *et al.*, 1990; Viana y Villar, 2001). De estos estudios se generó la variedad Rojo INIFAP, a partir de la cruza MD-23-24×MD 30-37×RS 3 realizada en el CIAT y se introdujo a México en 2003 con el código PRF 9653-16B-3. De 2003 a 2005, esta línea se evaluó en ensayos uniformes de rendimiento; y en 2006 se en condiciones de invernadero en suelo ácido, y de 2005 a 2007 se validó en terrenos de agricultores, para ser liberada en el siguiente año como variedad mejorada con el nombre de Rojo INIFAP (Villar *et al.*, 2011). El objetivo de este trabajo es mostrar los resultados de productividad, reacción al virus del mosaico amarillo dorado y adaptación

Cuadro 1. Condiciones agroclimáticas de los sitios de evaluación del ensayo uniforme de rendimiento de frijol rojo en Chiapas y Veracruz, México, Período 2003-2005.

Localidad	Municipio/estado	Condición de humedad	Año	Textura	Precipitación anual (mm)
1 Llano Grande	Jiquipilas, Chis.	Riego	2003	Arcillosa	1009.2
2 Ocozocoautla-1	Ocozocoautla, Chis.	Temporal	2003	Arcillosa	1291.0
3 Ocozocoautla-2	Ocozocoautla, Chis.	Humedad residual	2003	Arcillosa	1291.0
4 Villahidalgo-1	Villaflores, Chis.	Humedad residual	2003	Arenosa	144.5
5 Ocozocoautla-3	Ocozocoautla, Chis.	Temporal	2004	Arcillosa	977.4
6 Villahidalgo-2	Villaflores, Chis.	Temporal	2004	Arenosa	1045.3
7 A.B. Bonfil	Ocozocoautla, Chis.	Humedad residual	2004	Franca	982.4
8 La Herradura	Arriaga; Chis.	Humedad residual	2004	Franca	1045.3
9 C. E. Cotaxtla	Medellín, Ver.	Humedad residual	2004	Franco	1336.0
10 Ocozocoautla-4	Ocozocoautla, Chis.	Temporal	2004	Arcillosa	1045.3
11 Ocozocoautla-5	Ocozocoautla, Chis.	Humedad residual	2005	Arcillosa	823.0

de parámetros de estabilidad de rendimiento, utilizando el modelo propuesto por Eberhart y Russell (1966), y la adaptación y estabilidad de los genotipos se clasificaron con base en los coeficientes de regresión y desviaciones de regresión (Carballo y Márquez, 1970).

Evaluación de incidencia y reacción al VMADF

En una parcela conducida durante el ciclo otoño-invierno de 2005, bajo condiciones de humedad residual, en la localidad de Ocozocoautla, Chiapas, se evaluó la reacción de la variedad Rojo INIFAP y el criollo Coloradito (testigo regional), al virus del mosaico amarillo dorado de frijol (VMADF), enfermedad de gran importancia por los daños que provoca a las plantas de frijol, principalmente cuando se presenta durante la etapa vegetativa del cultivo (López *et al.*, 2003; Villar *et al.*, 2003). Cada genotipo ocupó una superficie total de 22.5 m²; y las plantas que presentaron síntomas de la enfermedad se contabilizaron a partir de la etapa V4, y continuaron en las etapas R5 y R6 (Fernández *et al.*, 1985); las lecturas se expresaron en porcentaje, respecto a la población total.

Evaluación en suelos ácidos

En invierno-primavera de 2006, se condujeron dos ensayos en condiciones de invernadero en los que se evaluó y comparó la variedad Rojo INIFAP con el criollo Sesentano, genotipo que tiene buena adaptación a los suelos ácidos del estado de Chiapas (López *et al.*, 1998); en uno de ellos, se utilizó suelo con pH de 4.3 de Isla, Veracruz, y otro de pH 4.5 de Villahidalgo, Chiapas. En ambos ensayos se aplicaron dos tratamientos al suelo: 1. Sin estrés por suelos ácidos (2 t ha⁻¹ de cal agrícola) y 2. Con estrés por suelos ácidos (sin enmienda de

cal) (Thung *et al.*, 1985). El diseño estadístico utilizado fue completamente al azar, con tres repeticiones y arreglo de tratamientos en factorial 2x2, considerando seis macetas con 2.0 kg de suelo cada una, por unidad experimental. Se cuantificó la producción de biomasa de las seis macetas y se obtuvo el promedio por parcela, el cual se sometió a análisis de varianza por tipo de suelo utilizado en cada localidad, y para la separación de promedios se aplicó la prueba de Tukey al 5% de probabilidad de error.

Evaluación en parcelas de validación

De 2005 a 2007, la variedad Rojo INIFAP se validó, junto con el criollo Coloradito, bajo condiciones de temporal y humedad residual, en 13 ambientes de Chiapas y otro de Veracruz. La superficie por parcela fue variable, de acuerdo a la disponibilidad de semilla. El manejo agronómico del cultivo se realizó siguiendo las recomendaciones de López *et al.* (1994) y Villar *et al.* (2002). En todas las parcelas, durante la etapa de madurez del cultivo, se realizaron cuatro muestreos al azar por genotipo, de un surco de 5 m de longitud y separación entre surcos de 0.60 m cada uno (3 m²). Las plantas de cada muestreo se cosecharon y trillaron, y el grano obtenido se limpió, se ajustó a 14% de humedad. Para la comparación de promedios de rendimiento se utilizó la prueba t de Student, además se obtuvieron los porcentajes de incremento de rendimiento de la nueva variedad, con respecto al testigo regional.

RESULTADOS Y DISCUSION

Evaluación de Rojo INIFAP en ensayos uniformes

En el Cuadro 2 muestra que de los 11 ambientes de pue-

ba, sólo se detectó significancia en las localidades de Ocozocoautla 1 y 2, en condiciones de temporal y humedad residual en 2003, respectivamente, así como en esta misma localidad con humedad residual en 2005. En estos tres ambientes, Rojo INIFAP se ubicó en el grupo sobresaliente de rendimiento de grano. De acuerdo al análisis combinado, el rendimiento varió significativamente entre ambientes y genotipos ($p \leq 0.01$), pero no en la interacción de ambos factores. Lo anterior obedeció a diferencias en la disponibilidad de humedad para el cultivo en los ambientes de evaluación, y probablemente al potencial genético de los genotipos.

En el mismo Cuadro 2, se observa que el mayor rendimiento promedio se obtuvo en los ambientes de A. B. Bonfil y C. E. Cotaxtla, bajo

condiciones de humedad residual en 2004, principalmente por una adecuada distribución de la lluvia durante las etapas vegetativa y reproductiva del cultivo, en donde las plantas recibieron un total de 286 mm y 534 mm de precipitación, respectivamente, durante el ciclo del cultivo, seguido de Llano Grande, en la cual el ensayo se condujo bajo condiciones de riego en 2003. Por el contrario, los menores rendimientos se obtuvieron en Ocozocoautla-2 en 2003 y Ocozocoautla-5 en 2005, ambas con humedad residual. En la primera localidad, debido a problemas de exceso de humedad durante la etapa vegetativa del cultivo, que provocó un deficiente desarrollo de las plantas; y en la segunda por sequía, ya que las plantas de frijol sólo recibieron 84 mm de precipitación pluvial durante todo su ciclo de cultivo.

En el factor genotipo, aunque 14 materiales se ubicaron en el grupo sobresaliente de rendimiento de grano, sólo la variedad Rojo INIFAP (línea PRF 9653-16B-3) y la línea EAP 9508-48, obtuvieron rendimiento significativamente superior al testigo criollo Coloradito, el cual fue el de menor rendimiento, junto con la línea MR 12439-31-7 (Cuadro 2). De acuerdo con los parámetros de estabilidad propuestos por Eberhart y Russell (1966), de los 16 genotipos evaluados en los 11 ambientes, 14 fueron estables en su comportamiento, ya que sus coeficientes de regresión y desviaciones de regresión fueron: $b_i=1$ y $S^2d_i=0$, y dentro de esta categoría se ubicaron la variedad Rojo INIFAP (línea PRF 9653-16B-3) y el criollo Coloradito. La línea PPB 12-28-MC mostró buena respuesta en ambientes desfavorables, pero resultó inconsistente ($b_i <$

Cuadro 2. Rendimiento de grano (kg ha^{-1}) de 16 genotipos de frijol rojo (*Phaseolus vulgaris* L.) evaluados en 11 ambientes en el periodo 2003-2005.

Genotipo	Localidades de evaluación*											Promedio (kg ha^{-1})
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Rojo INIFAP	1502a	918ab	518ab	671a	783a	649a	1817a	1184a	2031a	679a	417a	1016a
EAP 9508-48	1589a	779ab	544a	629a	856a	673a	1849a	1052a	1869a	647a	458a	995a
PPB 12-28-MC	1430a	828ab	495ab	701a	754a	626a	1962a	884a	1911a	662a	383ab	968ab
PRF 9657-53-14	1462a	952a	458ab	453a	888a	630a	1721a	1064a	1725a	684a	337abc	943abc
UPR 9806-43-2	1413a	710ab	425ab	685a	719a	644a	1955a	1072a	1651a	725a	286abc	935abc
EAP 9510-28	1653a	948a	428ab	506a	828a	643a	1662a	737a	1715a	739a	316abc	925abc
DOR 364	1387a	849ab	372ab	624a	631a	565a	1682a	1020a	1991a	642a	365abc	921abc
BCH 9732-7A	1174a	760ab	378ab	566a	728a	586a	1820a	927a	1938a	767a	375abc	911abc
PRF 904-34	1644a	729ab	446ab	545a	683a	631a	1690a	1008a	1640a	745a	210c	907abc
EAP 9503-32B	1182a	940a	372ab	675a	743a	651a	1741a	969a	1647a	697a	325abc	904abc
PTC 9557-10	1667a	841ab	370ab	543a	845a	627a	1730a	609a	1604a	697a	293abc	893abc
PRF 9806-18	1220a	781ab	426ab	506a	813a	652a	1736a	880a	1749a	719a	298abc	889abc
PPB 11-96-MC	1378a	686ab	383ab	641a	857a	642a	1853a	625a	1460a	720a	318abc	869abc
PPB 11-88-MC	1324a	627b	455ab	522a	752a	633a	1668a	933a	1400a	701a	327abc	849abc
C. Coloradito (TL)	847 a	839ab	242b	458a	786a	550a	1703a	1017a	1478a	691a	316abc	811bc
MR 12439-31-7	1307a	649ab	242b	384a	700a	584a	1435a	830a	1507a	664a	230bc	776c
ANVAS	ns	**	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	**
Prom. (kg ha^{-1})	1387b	802cd	410f	569e	773d	624e	1751a	926c	1707a	699de	328f	907

* 1=Llano Grande; 2=Ocozocoautla-1; 3=Ocozocoautla-2; 4=Villahidalgo-1; 5=Ocozocoautla-3; 6=Villahidalgo-2; 7=A.B. Bonfil; 8=La Herradura; 9=Cotaxtla; 10=Ocozocoautla-4; 11=Ocozocoautla-5.

1; $S^2_{di} > 0$), mientras que el genotipo DOR 364 respondió mejor en ambientes favorables en forma consistente ($b_i > 1$; $S^2_{di} = 0$) (Cuadro 3).

Los resultados de la evaluación de líneas introducidas en los ensayos uniformes, permitió identificar genotipos de frijol con adaptación y mayor potencial de rendimiento, que el criollo utilizado por los productores de la región, con características de tipo y color de grano que demandan los consumidores de la entidad, Centro y Norteamérica (Paz et al., 2007).

Evaluación de incidencia y reacción al VMADF

El Cuadro 4 muestra, que aunque en ambos genotipos la incidencia del virus del mosaico amarillo dorado del frijol (VMADF) se incrementó con el tiempo de evaluación, en todos los casos, el criollo Coloradito presentó la mayor incidencia y al final de las lecturas, los resultados indicaron que la variedad Rojo INIFAP (línea PRF 9653-16B-3) mostró la menor incidencia con 24% de plantas que presentaron síntomas de la enfermedad y un rendimiento de grano estimado de 950 kg ha⁻¹, mientras que el testigo regional presentó incidencia de 89% con síntomas intensos del VMADF y rendimiento de 319 kg ha⁻¹ (CIAT, 1987). Lo anterior indica que Rojo INIFAP, representa una alternativa viable, para disminuir pérdida por VMADF en las siembras de humedad residual (López et al., 2002; Villar et al., 2003).

Evaluación en suelos ácidos

Se detectaron diferencias altamente significativas entre tratamientos al suelo/genotipo, y en la interacción de ambos factores, tanto en el suelo de Isla, Veracruz, como

de Villahidalgo, Chiapas. El Cuadro 5 muestra que en el suelo de Villahidalgo, se obtuvo la mayor producción de biomasa, debido principalmente a que su pH es cercano a 5 y tiene un porcentaje de saturación de aluminio menor de 10%, en tanto que en el suelo de Isla, además de pH menor a 5, tiene baja saturación de bases y un porcentaje de saturación de aluminio mayor a 10%. En ambos tipos de suelo, la variedad Rojo INIFAP obtuvo la mayor producción de biomasa, debido a su alto potencial de rendimiento y adaptación en ambientes con estrés por suelos ácidos.

La interacción significativa entre ambos factores, indicó que en condiciones naturales de suelo ácido, ambos genotipos produjeron una cantidad similar de biomasa, tanto en el suelo de Isla, como de Villahidalgo; en cambio, sin estrés por suelo ácido, sólo la variedad Rojo INIFAP respondió significativamente a la aplicación de 2 t ha⁻¹ de cal, cuyos porcentajes de incremento en producción de biomasa fueron mayores a 90% en los dos tipos de suelo (Cuadro 5). Una mayor producción de biomasa en suelo ácido, sugiere genotipos más rendidores y eficientes para absorber calcio y magnesio y otros nutrientes del suelo (Rao, 2000). Los resultados indican que Rojo INIFAP tiene adaptación similar a la del criollo Sesentano en suelos ácidos, pero responde mejor a la aplicación de cal, para eliminar el estrés de estos suelos (Villar et al., 2003).

Cuadro 3. Rendimiento promedio y parámetros de estabilidad de 16 líneas de frijol rojo (*Phaseolus vulgaris* L.) en 10 localidades del sureste de México.

Genotipo	Promedio	b _i	S ² _{di}	Clasificación
EAP 9510-28	925	0.97	-27202	Estable
EAP 9508-48	995	1.07	-43362	Estable
EAP 9503-32B	904	0.88	-39466	Estable
Rojo INIFAP	1016	1.11	-37380	Estable
PRF 9657-53-14	943	1.00	-39190	Estable
PTC 9557-10	893	1.04	-20731	Estable
PRF 9806-18	889	0.99	-42537	Estable
PPB 11-88-MC	849	0.89	-39378	Estable
PPB 11-96-MC	869	0.94	-26034	Estable
BCH 9732-7A	911	1.10	-35380	Estable
PRF 904-34	907	1.00	-34110	Estable
UPR 9806-43-2	935	1.01	-35974	Estable
MR 12439-31-7	776	0.86	-15765	Estable
PPB 12-28-MC	968	0.88	-41535	RMAD y C
DOR 364	921	1.15	-42169	RMBA y C
Testigo local	811	1.10	-33596	Estable

RMAD y C=Responde mejor en ambientes desfavorables y consistente. RMBA y C=Responde mejor en ambientes favorables en forma consistente.

Cuadro 4. Incidencia de la enfermedad por virus del mosaico amarillo dorado de frijol (VMADF) en dos variedades de *Phaseolus vulgaris* L., en la depresión central del estado de Chiapas.

Genotipo	días después de la siembra y % de incidencia		
	20	30	40
Rojo INIFAP	3	10	24
Criollo Coloradito	18	28	89
Promedio	11	19	57

Evaluación en parcelas de validación

En todos los sitios de validación, la variedad Rojo INIFAP fue superior en rendimiento al criollo Coloradito. En condiciones de temporal, con la

Cuadro 5. Producción de biomasa de frijol (g parcela⁻¹) de dos variedades de *Phaseolus vulgaris* L., en suelos ácidos, con y sin aplicación de cal. Ciclo invierno-primavera de 2006.

Genotipo	Isla, Veracruz		Promedio (g)	Incremento (%)	Villahidalgo, Chiapas		Promedio (g)	Incremento (%)
	Sin cal	Con cal			Sin cal	Con cal		
Rojo INIFAP	26.48 a	51.3b a	38.94 a	94.07	49.90 a	101.56 a	75.73 a	103.53
Sesentano	24.02 a	27.45 b	25.73 b	14.28	43.61 a	34.89 b	39.25 b	-19.99
Promedio (g)	25.25 b	39.42 a			46.75 b	68.22 a		

nueva variedad se obtuvo en promedio 29% más rendimiento de grano, en tanto que con humedad residual el incremento fue de 51%. El rendimiento promedio general de Rojo INIFAP superó en 37.4% al del criollo Coloradito (Cuadro 6), con lo cual se corroboró la mayor productividad y adaptación de la nueva variedad, en comparación al testigo tradicional del productor.

CONCLUSIONES

Rojo INIFAP, mostró alto rendimiento y estabilidad en las diferentes

condiciones de humedad en las que fue evaluada y validada en los estados de Chiapas y Veracruz, mayor tolerancia al virus de mosaico amarillo dorado y mejor respuesta a la aplicación de cal en suelos ácidos, que los criollos regionales.

LITERATURA CITADA

- Buerkert A.C., Cassman G.K., De la Piedra C.R., Munns N.D. 1990. Soil acidity and liming effects on stand, nodulation and yield of common bean. *Agron. J.* 82:749-754.
- Carballo C.A., Márquez S.F. 1970. Comparación de variedades de maíz del Bajío y la Mesa Central por su rendimiento y estabilidad. *Agrociencia* 5(1):129-146.
- CIAT. 1987. Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol. Schoonhoven, A. van y A. Pastor-Corrales, M. A. (Comps.). Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. 56 p.
- Eberhart S.A., Russell W.A. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 6(1):36-40.
- Fernández F., Geps P., López M. 1985. Etapas de desarrollo en la planta de frijol. p. 61-78. *In:* López, M., F. Fernández y A. van Schoonhoven (eds.). Frijol: Investigación y Producción.

Cuadro 6. Rendimiento de grano (kg ha⁻¹) de la variedad de frijol Rojo INIFAP *Phaseolus vulgaris* L., en parcelas de validación. Ciclos P-V y O-I de 2005-2006.

Localidad/Estado	Año	Condición de humedad	Rojo INIFAP	Criollo Coloradito	Incremento (%)
Jiquipilas, Chis.	2005	Temporal	1400	1120	25.0
Ocozocoautla, Chis.	2005	Temporal	1000	896	11.6
Michoacán. La Trinitaria, Chis.	2007	Temporal	820	810	1.2
La Sombrilla. La Trinitaria, Chis.	2007	Temporal	1300	1000	30.0
Santa Rita. La Trinitaria, Chis.	2007	Temporal	1120	967	15.8
Lázaro Cárdenas. La Trinitaria, Chis.	2007	Temporal	2550	1598	59.6
1º de mayo. La Trinitaria, Chis.	2007	Temporal	1470	1100	33.6
Promedio			1380 *	1070	29.0
Ocozocoautla, Chis.	2005	HR	740	580	27.6
Medellín de Bravo, Ver.	2005	HR	1910	917	108.3
Villahidalgo, Chis.	2006	HR	772	496	55.6
Las Flores, Jiquipilas, Chis.	2007	HR	920	697	32.0
Llano Grande, Ocozocoautla, Chis.	2007	HR	1200	597	101.0
Gpe. Victoria, Ocozocoautla, Chis.	2007	HR	850	790	7.6
El Cheyenne, Ocozocoautla, Chis.	2007	HR	765	665	15.0
Promedio			1022*	677	51.0
Promedio general			1201**	874	37.4

HR=Humedad residual. * Diferencia significativa según la prueba t de Student. ** Diferencia altamente significativa, según la prueba t de Student.



- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia.
- García E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 4ª. ed. UNAM. México, D. F. 130 p.
- INEGI. 2009. Anuario estadístico de Chiapas. <http://www.bing.com/search?q=anuario+estadistico+de+Chiapas+2009&FORM=MSNH74&mkt=es-MX&estado=0&web> [consultado el 21 de junio de 2010].
- López-Salinas E., Acosta-Gallegos J.A., Becerra-Leor E.N., Beebe S.E. 1997. Registration of Negro Tacaná common bean. *Crop Sci.* 37(3):1022.
- López S.E.; Durán P.A.; Becerra L.E.N., Esqueda E.V.A., Cano R.O. 1994. Manual de producción de frijol en el estado de Veracruz. SARH. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Cotaxtla. Veracruz, México. Folleto para productores Núm. 7. 29 p.
- López S.E., Acosta G.J., Durán P.A., Garza G.R., Fraire G. 1998. Modelo de informe técnico anual para los países. Tipo PPO. Programa Cooperativo Regional de Frijol para Centroamérica, México y El Caribe. Veracruz, Ver., México. 21 p.
- López E., Tosquy O.H., Villar B., Becerra E.N., Ugalde F.J. 2003. Adaptación, resistencia múltiple a enfermedades y tolerancia a suelos ácidos en genotipos de frijol. *Agron. Mesoam.* 14(2):151-155.
- López S. E., Acosta G.J.A., Cumplán G.J., Cano R.O., Villar S.B., Becerra L.E.N. 2002. Adaptación de genotipos de frijol común en la región tropical húmeda de México. *Agric. Téc. Méx.* 28(1):35-42.
- Paz M.T., Flores S., Delmelle G. 2007. Informe de cadena de frijol rojo en Nicaragua. International Food Policy Research Institute. 34 p. <http://www.ruta.org/downloads/CDCAFTA/documentos/ni/InformeFinalCadenaDeFrijolNicaragua.pdf> [Consultado el 2 de julio de 2010].
- SAGARPA. 2014. Estadísticas agropecuarias del estado de Chiapas. www.oedrus-chiapas.gob.mx [Consultado el 20 de noviembre mes de 2014].
- Thung M., Ortega J., Eraso O. 1985. Tamizado para identificar frijoles adaptados a suelos ácidos. p. 313-346. *In: Frijol: Investigación y Producción.* López, F. M. y A. van Schoonhoven (eds.) CIAT, Cali, Colombia.
- Viana R.A., Villar S.B. 2001. Adopción de variedades mejoradas de frijol en la región de la Frailesca, Chiapas, México. Folleto Técnico No. 1. INIFAP. CIRPAS. Campo Experimental Centro de Chiapas. Ocozocoautla de Espinosa, Chis., México. 25 p.
- Villar S.B. 1988. Estabilidad del rendimiento y reacción a enfermedades de variedades de frijol en el Centro de Chiapas. *Rev. Fitotec. Mex.* 11(1):74-80.
- Villar S.B., López S.E., Tosquy V.O.H. 2009. Negro Grijalva, nuevo cultivar de frijol para el trópico húmedo de México. *Agricultura Técnica en México.* 35(3):349-352.
- Villar S.B., López S.E. 1993. Negro INIFAP: Nueva variedad de frijol para Chiapas y regiones similares. *Rev. Fitotec. Mex.* 16(2):208-209.
- Villar S.B., Garrido R.E., López L. A., Cruz, Ch.F.J. 2002. Manual para la producción de frijol en el estado de Chiapas. Publicación Especial No. 1. INIFAP. CIRPAS. Campo Experimental Centro de Chiapas. Ocozocoautla de Espinosa, Chis., México. 165 p.
- Villar S.B., López S.E., Acosta G.J. 2003. Selección de genotipos de frijol por rendimiento y resistencia al mosaico dorado y suelos ácidos. *Rev. Fitotec. Mex.* 26(2):109-114.
- Villar S.B., López S.E., Tosquy V.O.H., Ugalde A.F.J. 2010. Rojo INIFAP, nueva variedad de frijol de grano rojo para el trópico de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 1(5):681-686.
- Villar S.B., López S.E., Tosquy V.O.H., Ugalde A.F.J. 2011. Rojo INIFAP. Nueva variedad de frijol de grano rojo para el estado de Chiapas. Folleto Técnico Núm. 11. SAGARPA. INIFAP. CIRPAS. Campo Experimental Centro de Chiapas. Ocozocoautla de Espinosa, Chis., México. 20 p.



LA PRODUCCIÓN DE TLACOYOS COMO ALTERNATIVA DE DESARROLLO EN SAN MIGUEL TIANGUIZOLCO, PUEBLA, MÉXICO

THE PRODUCTION OF TLACOYOS AS A DEVELOPMENT ALTERNATIVE IN SAN MIGUEL TIANGUIZOLCO, PUEBLA, MEXICO

Pérez-Hernández, L.M.¹; Almeraya-Quintero, S.X.^{1*}; Guajardo-Hernández, L.G.¹

¹Colegio de Posgraduados. Carretera México-Texcoco Km. 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México. C.P. 56230. Tel 01 595 95 2 02 00. Ext. 1876. Postgrado en Socio economía, Estadística e Informática – Desarrollo rural.

*Autor de correspondencia: xalmeraya@colpos.mx

RESUMEN

Los habitantes de comunidades rurales buscan mejorar sus condiciones de vida a través de la realización de actividades alternativas a las tradicionales, que les permitan dar valor agregado a los productos locales, y garantizar ingresos que permitan la supervivencia de sus familias. Es el caso de la producción de tlacoyos en la comunidad de San Miguel Tianguizolco, Huejotzingo, Puebla, México, donde las mujeres se han dedicado a esta actividad por más de 30 años. Esta investigación tuvo como objetivo describir el proceso de producción de tlacoyo en esta localidad, tratando de identificar oportunidades de mejora en cada etapa. Los resultados indican que la producción del tlacoyo se hace de manera tradicional, lo que ha permitido su permanencia en el mercado; sin embargo, hay oportunidad de hacer más eficiente el proceso introduciendo mejoras en el diseño de los espacios, infraestructura y prácticas de calidad.

Palabras clave: maíz, alimento tradicional, transformación.

ABSTRACT

The inhabitants of rural communities seek to improve their living conditions, through activities that are alternative to traditional ones, which allow them to add value to local products, to guarantee income that allows the survival of their families. This is the case of the production of tlacoyos in the community of San Miguel Tianguizolco, municipality of Huejotzingo, state of Puebla, Mexico, where women have been engaged in this activity for more than 30 years. This research aims to describe the process of production of tlacoyo in this locality, trying to identify opportunities for improvement in each stage. The results indicate that the production of tlacoyo is done in a traditional way that has allowed its permanence in the market, however, there is an opportunity to streamline the process with the implementation of improvements in the design of spaces, infrastructure and quality practices .

Key words: corn, traditional food, transformation.



Agroproductividad: Vol. 10, Núm. 9, septiembre. 2017, pp: 71-77.

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

INTRODUCCIÓN

Ante la crisis económica que afecta al campo mexicano, las comunidades rurales se encuentran en la búsqueda de alternativas sociales y productivas, que respondan a los retos que representa el esquema económico imperante, al respecto Barkin (2006) señala que frente a la promoción gubernamental de la organización corporativa de la producción rural, se está viendo la consolidación de una dinámica nueva en muchas comunidades rurales que reclaman su derecho y su capacidad para crear sus propias alternativas, proponiendo distintas estrategias para fortalecer su autonomía económica y política.

Los habitantes de las comunidades rurales siguen realizando sus actividades productivas tradicionales, como la producción de maíz y frijol; pero además están generando nuevas oportunidades productivas que les permitan llegar a otros mercados para complementar su economía. Según Parrot *et al.* (2002), mientras la liberación del comercio y la estandarización de los alimentos continúa, existe de manera simultánea, un reconocimiento y un retorno al consumo de alimentos con identidad local, fomentando demanda de los mercados urbanos a consumir productos tradicionales, tales como las tortillas hechas a mano, tamales, mole y otras comidas de las comunidades rurales, vendidas en mercados por los propios actores rurales en muchas partes del país. La venta directa de productos campesinos sigue ofreciendo un complemento significativo para las comunidades que luchan por defender "la economía del maíz" (Barkin 2002). Tal es el

caso del tlacoyo, producto distintivo de San Miguel Tianguizolco, municipio de Huejotzingo, Puebla, México (Figura 1). De acuerdo con el Diccionario Enciclopédico de Gastronomía Mexicana (2017), el nombre del tlacoyo proviene del náhuatl **nacatlaoyo** y es una tortilla gruesa de masa de maíz en forma oblonga, romboide o triangular que se rellena de pasta de haba, alverjón, asientos de chicharrón o frijol. Se cuece en comal y se adereza con salsa, nopales cocidos, cilantro y cebolla picada. Es una preparación de origen prehispánico (exceptuando los ingredientes actuales de origen Europeo), típica del centro de México



Figura 1. Tlacoyos elaborados en San Miguel Tianguizolco.

(Estado de México, Morelos, Puebla, Tlaxcala y Veracruz), muy arraigada en las comunidades campesinas, cuya preparación y combinación de ingredientes varía de acuerdo con el gusto y las costumbres de cada región.

De acuerdo con Padilla (2006), las prácticas y los saberes que componen las cocinas tradicionales regionales constituyen parte del patrimonio intangible de las sociedades y comunidades; y son pieza fundamental de las economías locales, tal es el caso de la producción de tlacoyos en la localidad en mención, cuyos habitantes realizan esta actividad económica desde hace tres décadas, que les ha permitido mejorar

sus ingresos económicos, y asegurar el bienestar de sus familias. En esta comunidad se producen tlacoyos de diferentes ingredientes (Frijol, chicharrón, haba, requesón y alverjón) y se comercializan en el Estado de México y la Ciudad de México, lo cual representa buena parte de los ingresos familiares e incentiva el desarrollo del territorio, de ahí el interés y la importancia de su análisis, por lo que el objetivo del presente estudio, se centró en describir y analizar el proceso de producción de tlacoyo en San Miguel Tianguizolco, Huejotzingo, Puebla, México, con el propósito de identificar oportunidades de mejora en cada etapa, y hacer más eficiente su proceso e impacte en la calidad final del producto.

MATERIALES Y MÉTODOS

San Miguel Tianguizolco es una localidad que pertenece al municipio de Huejotzingo, se encuentra ubicado a 2350 m de altitud, en la parte del centro oeste del estado de Puebla. (Pueblos de América, 2017). De la población económicamente activa, el 48.9% se dedica a actividades del sector primario, y 31% y 19% a actividades del sector secundario y terciario respectivamente (Foro México, 2017). Se obtuvo información de primera mano a través de entrevistas al azar a 24 productoras de la localidad, donde se indagó sobre el proceso de producción de los tlacoyos; cabe señalar que no existe un padrón de productoras y productores que se dediquen a esta actividad, por lo que se acudió con las referencias de los propios habitantes de la comunidad. A través de observación participante se siguió el proceso con dos productoras de tlacoyos. La información obtenida

de las entrevistas, se procesó en IBM SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) v22.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La producción de tlacoyos en San Miguel Tianguizolco, es una actividad realizada por las mujeres, quienes a través de ésta, han mejorado sus ingresos y garantizado su subsistencia familiar. La muestra de productoras de tlacoyos (n=24), tienen en promedio 45 años de edad, y el rango oscila de 23 a 67 años. Su promedio de escolaridad es de seis años, aunque una de ellas no sabe leer ni escribir; lo que confirma lo señalado por Suarez *et al.* (2011), al decir que a pesar de que el analfabetismo ha disminuido a lo largo de los años, el grado de escolaridad de la población rural se encuentra en la educación básica. La principal actividad de las entrevistadas fue la producción de tlacoyos, aunque también se dedican a labores del hogar (40%), comercio (16%), empleadas (4%), además de señalar, que en promedio 2.5 personas dependen de ellas económicamente, lo que deja ver la importancia de la actividad que realizan como fuente de ingreso y su participación cada vez más activa en la economía familiar. Las productoras señalaron tener conocimiento de que esta actividad se realiza en la comunidad desde hace más de 30 años; es decir, producir tlacoyos para la venta, porque el consumo de este alimento en la comunidad es parte de la cocina tradicional, aunque las entrevistadas en particular, la han realizado durante 19 años en promedio, en un rango de entre 2 y 40 años de antigüedad. El 70% de las productoras señaló que por lo menos un integrante de la familia, además de ellas, colaboran en el proceso de producción, generalmente el cón-

yuge o algún hijo o hija, quien no recibe pago por su trabajo, sin embargo, 35% de las productoras señaló que contrata mano de obra familiar (hermana, tía, prima) para realizar el trabajo, y otro 35% mencionó que contrata mano de obra no familiar.

Proceso de producción del tlacoyo

Cartier (1987) señala que todo proceso de producción es un sistema de acciones dinámicamente interrelacionadas orientado a la transformación de ciertos elementos "entradas", denominados factores, en ciertos elementos "salidas"; para la elaboración de tlacoyo se siguen diferentes etapas en las que el maíz es transformado junto con el frijol o el ingrediente principal, para obtener el tlacoyo como producto final. La Figura 2 muestra el proceso productivo del tlacoyo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), por ser el de mayor demanda, aunque también se elaboran con otros ingredientes en menor cantidad.

Recepción de materia prima

La información recabada mostró que 54.17% de las productoras compran el maíz (*Zea mays* L.) con productores de la región, quienes lo llevan hasta la casa de la productora, lugar donde se elaboran los tlacoyos. El 70% de

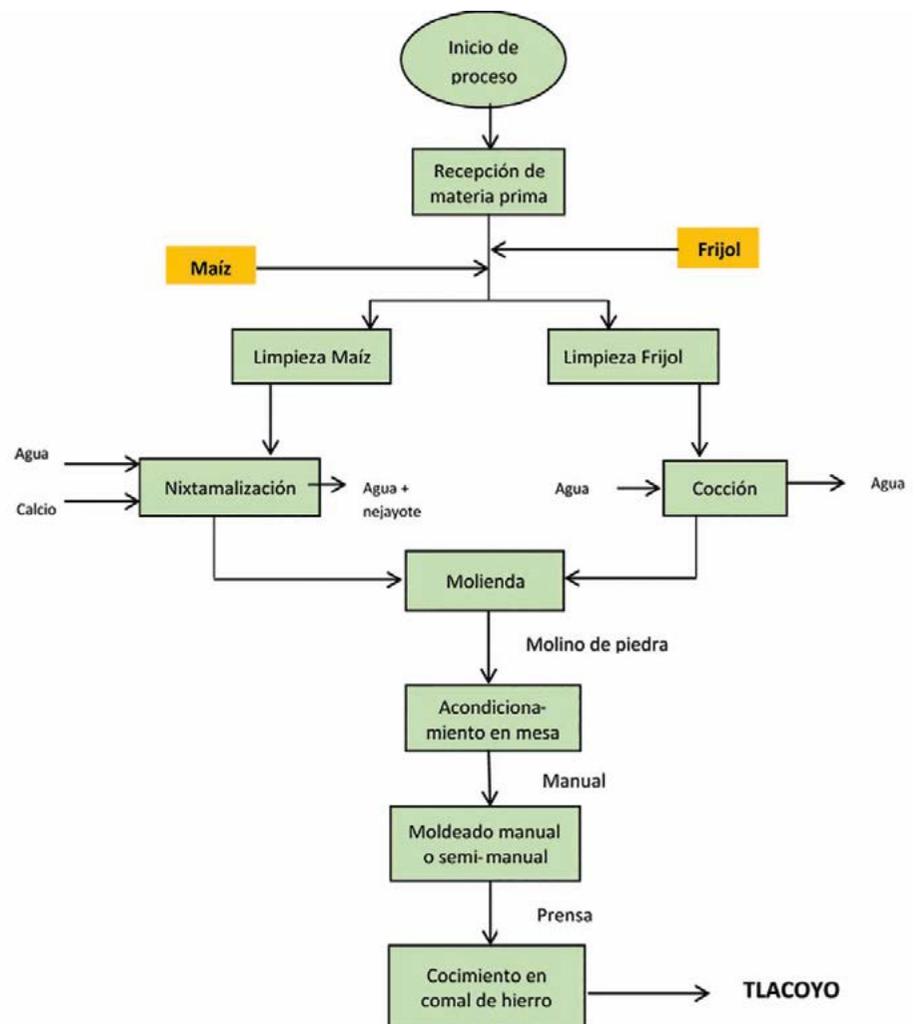


Figura 2. Diagrama de proceso de producción de tlacoyo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Fuente: Elaboración propia, 2017.

la muestra señaló que el maíz más empleado es el azul, por ser el de mayor demanda. En promedio las productoras compran 96 kg de maíz por semana. Al igual que el maíz, el frijol y el alverjón (*Pisum sativum* L.) se obtienen con productores de la región, mientras que el chicharrón (piel de puerco dorada) y el requesón (ricota obtenida de un segundo proceso del suero de leche de vaca) se compran en tiendas de la localidad, que son traídos de la cabecera municipal. Las entrevistadas señalaron que compran los insumos donde les den mejor precio, no se considera la calidad como un parámetro para la decisión de compra; en el caso de maíz, el más barato es de menor tamaño y contiene mayor cantidad de basura, lo que tiene efecto en el peso; sin embargo, esto no sucede con quienes son productores de maíz, pues hay un mayor control de la calidad.

Limpieza de insumos

Una vez adquirido el maíz, pasa por un proceso de limpieza que se hace a través de un cernidor para quitar basura, piedras, olotes y hoja de maíz (Figura 3). Una vez que el maíz es cernido, se vacía en costales para pasar a la siguiente etapa.

Aun cuando el maíz pasa por este proceso, si está muy sucio es probable que quede basura, lo que va en detrimento de la calidad del producto. Este aspecto no es considerado por las productoras, pues el mercado a donde va dirigido el tlacoyo, no exige parámetros de calidad específicos, sin embargo, como lo señala Muchnik (2006), los productores enfrentan dos desafíos: por un lado mejorar la calidad respetando la reglamentación vigente para la producción de alimentos, además de conservar al mismo tiempo la



Figura 3. Limpieza y cernidor para limpieza del maíz (*Zea mays* L.).

identidad de sus productos. En el caso del frijol, éste se limpia a mano para quitar piedras y basura al igual que el alverjón, en cuanto al chicharrón y el requesón, no pasan por esta etapa.

Nixtamalización

De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana 147-SSA1-1996, se denomina Maíz nixtamalizado o nixtamal, al maíz sano y limpio que se ha sometido a cocción parcial con agua en presencia de hidróxido de calcio (cal) (Diario Oficial de la Federación, 1999). Según Rooney (1999), el proceso de nixtamalización consiste en la cocción del maíz grano con suficiente agua (1 Kg de maíz por 2-3 litros de agua), con cal a temperatura menor a la ebullición, por 30-60 minutos. El calcio desempeña un papel importante durante la nixtamalización del grano de maíz, ya que facilita la remoción del pericarpio durante la cocción y el reposo, controla la actividad microbiana, mejora el sabor, aroma, color, vida de anaquel y el valor nutrimental del producto. Después de cocer el maíz con cal, el producto obtenido, llamado nixtamal, se deja enfriar y se lava

con agua para eliminar el exceso de calcio, para pasar a la molienda. En la comunidad de estudio, la nixtamalización se realiza de manera tradicional, con variantes en la concentración de cal y agua, pero el proceso no se diferencia considerablemente del mencionado (Figura 4). Para la cocción se utiliza leña como material combustible.

Con relación en la información recabada de los productores entrevistados, se registró que en promedio nixtamalizan 36 Kg de maíz por día. En el caso del frijol, se cuecen en el mismo espacio que el maíz (Figura 5), un día antes de llevar a la molinenda. Se utiliza leña como combustible en la mayoría de los casos, 8% de las entrevistadas señaló que usa gas como combustible, y 8% indicó que usa otro combustible en esta etapa del proceso productivo. Aun cuando hay espacios destinados para realizar esta etapa de la elaboración del tlacoyo, no se cuentan con las condiciones adecuadas, que permitan hacer más eficiente los tiempos y movimientos del proceso, lo que provoca lentitud y desgaste físico para las productoras, por la posición que deben adoptar para lavar



Figura 4. Proceso de nixtamalización del maíz (*Zea mays* L.) y cocción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).

el nixtamal y escurrir el frijol ya que todo se hace a nivel del suelo.

Molienda

Una vez que el nixtamal está frío y lavado, queda listo para introducirse en el molino que consta de una tolva que da acceso a dos piedras volcánicas, una fija y otra movida por el motor, que al girar una contra la otra se muele el nixtamal que pasa por ambas, para obtener una pasta suave y cohesiva conocida como masa. En la comunidad de estudio, el 84% de las productoras señalaron que acuden a los molinos locales a moler el maíz nixtamalizado ya que no cuentan con molino propio, solo una de las entrevistadas señaló que compra la masa, el resto realiza el procedimiento para producirla (Ver Figura 5).

En cuanto a la cantidad de maíz que ocupan, señalan que se requiere en promedio de 1.35 kg de maíz para producir 1 kg de masa. El mismo

molino es utilizado para la molienda del frijol, haba (*Vicia faba* L.) y alverjón. Existen varios molinos en la comunidad, por lo que las productoras acuden al más cercano a su domicilio. Aunque 54% señaló que al tener uno, evitaría depender de los horarios y la carga de trabajo de los molinos públicos.

Acondicionamiento en mesa

Una vez obtenida la masa de maíz se procede a su acondicionamiento en mesa, el cual consiste en agregar agua a la masa para lograr la textura adecuada que permita la elaboración de los tlacoyos (Figura 6).

Las productoras ocupan 34 kg de masa por día y 3.2 kg de frijol en promedio, aunque estas cantidades varían de acuerdo a la cantidad de tlacoyos que se quiera elaborar, dependiendo de la época del año.

Moldeado manual o semi-manual

La elaboración del tlacoyo consiste en aplanar suavemente una porción de masa, e introducir una porción de frijol molido, se forma una especie de rombo de forma manual



Figura 5. Molino público en San Miguel Tiaquiizolco, Puebla, México.



Figura 6. Acondicionamiento de la masa, y moldeado de los tlacoyos con prensa.

y se coloca en la prensa para ser aplanado y adquiera el tamaño deseado para su cocción. Dicho procedimiento se utiliza para todos los tipos de tlacoyo (Figura 6). La prensa utilizada puede ser de metal o madera. Es en esta parte del proceso donde se requiere mayor mano de obra femenina, ya que en promedio se preparan 360 tlacoyos por día, dos veces por semana; aunque hay productoras que realizan esta actividad cinco días a la semana. La elaboración de los tlacoyos se realiza en un espacio asignado dentro de la casa de la productora. La división del trabajo en esta etapa del proceso depende de la disponibilidad de espacio, materiales y cantidad de

tlacoyos que se vayan a elaborar. Generalmente a cada mujer se le asigna una mesa, prensa, comal, y una cantidad fija de masa e ingrediente principal del tlacoyo que corresponda hacer, y con ello cubrir el equivalente a un jornal. La jornada de trabajo es de 6 y 7 horas, iniciando entre las 5 y 6 de la mañana. De acuerdo con las entrevistas realizadas, el principal ingrediente que se utiliza para la elaboración de tlacoyos es el frijol (75%), le sigue el chicharrón con 17%, requesón 4% y haba 4%, en este sentido, 67% de las entrevistadas señaló que no produce la misma cantidad de tlacoyos durante el año, debido a que la demanda es variable, ellas han detectado que los meses de mejores ventas son noviembre y diciembre y los meses en los que baja la demanda es de abril a agosto.

Cocción en comal de hierro

La cocción de los tlacoyos se realiza en comales redondos de hierro, utilizando gas como combustible. El tiempo de cocción de un tlacoyo es de aproximadamente cinco minutos. Una vez que se encuentran cocidos se extienden en una mesa para su enfriamiento y posterior empaque (Figura 7).

En esta etapa del proceso, las mujeres pasan mucho tiempo cerca del calor que emite el comal, por lo que cuando terminan se cubren y procuran no tocar agua fría. Cabe señalar que aquí no concluye la jornada laboral, una vez que terminan de cocer los tlacoyos, las productoras elaboran otros alimentos como complemento, tales como la masa propia, sopes, tortillas, chiles rellenos, conservas y huauzontles capeados (envueltos en una mezcla de capa de huevo). Una vez que los tlacoyos se enfrían son acomoda-



Figuras 7. Cocción y enfriamiento de tlacoyos.

dos por docena en cajas de cartón para su venta al día siguiente, en diferentes mercados de la ciudad de México y oriente del Estado de México, principalmente la Merced e Ixtapaluca, mercados urbanos, donde estos productos tradicionales son expresión del acervo culinario que está enraizado en la memoria gustativa tradicional, y que enlaza la práctica culinaria actual de las familias con su pasado, y una cocina de origen rural (Melendez y Cañez, 2009).

CONCLUSIONES

La producción de tlacoyos para la comunidad de San Miguel Tianguizolco representa una fuente de ingreso y una alternativa a las actividades productivas tradicionales que permiten dar valor agregado al maíz. En esta comunidad las mujeres participan activamente en la economía local como generadoras de empleo e ingresos, el 70% de las productoras generan al menos una fuente de empleo, lo que sin duda dinamiza la economía local y contribuye al desarrollo de la comunidad. Aun cuando esta actividad se realiza desde hace mucho tiempo, el proceso que se sigue para la elaboración de los tlacoyos es el mismo, lo que ha permitido que se mantenga el sabor y por tanto el mercado que los consume, sin embargo, no hay un desarrollo tecnológico que permita facilitar y hacer más eficiente el proceso de producción, por lo que se requiere la planificación de espacios, infraestructura y equipo que permita disminuir tiempos y movimientos. Si bien el mercado al que van dirigidos estos productos no exige una calidad específica, es importante que las productoras consideren dentro de sus prácticas, estandarizar la higiene y calidad para obtener un bien con mayor demanda.

LITERATURA CITADA

- Barkin D. 2002. "The Reconstruction of a Modern Mexican Peasantry", en *The Journal of Peasant Studies*, Vol. 30, No. 1.
- Barkin D. 2006. Reconsiderando las alternativas sociales en México rural. Estrategias campesinas e indígenas. Polis. *Revista Latinoamericana*, (15).
- Cartier E.N. 1987. ¿Cómo enseñar a determinar costos? VIII Congreso Anual del Instituto Internacional de Costos. Argentina: ICC.
- Diario Oficial de la Federación. 1999. Norma Oficial Mexicana NOM-147 ssa1-1996. México: SALUD. En: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/147ssa16.html> Consultado en: 07/07/2016.
- Diccionario Enciclopédico de la Gastronomía Mexicana. 2017. En <https://www.laroussecocina.mx/diccionario/definicion/tlacoyo>. Fecha de consulta 12/09/2017

- Figueroa M.M., Arriaga J.C.M.,
González E.C.E., Estrada
F.J.G., Castelán O.O.A.
2008. Tipificación de sistemas
campesinos de producción de
leche en el Altiplano central de
México. Cuarta reunión nacional sobre
sistemas agro y silvopastoriles: Estrategias
ambientales amigables. 12-16 de mayo de
2008. Colima. México. pp. 42-49.
- Foro México. 2017. Página electrónica <http://www.foro-mexico.com/puebla/san-miguel-tianguizolco/mensaje-241193.html>, Fecha de consulta 06/09/2017
- Meléndez T.J.M., Cañez De la F.G. M. 2009. La cocina tradicional regional como un elemento de identidad y desarrollo local: el caso de San Pedro El Saucito, Sonora, México. Estudios sociales (Hermosillo, Son.), 17(spe), 181-204
- Muchnik J. 2006. "Identidad territorial y calidad de los alimentos, procesos de calificación y competencias de los consumidores" en Agroalimentaria. Volumen 22, pp 89-98.
- Padilla C. 2006 "Las cocinas regionales. Principio y fundamento etnográfico", ponencia presentada en el VII Congreso Internacional de Sociología Rural. Quito, Ecuador, 20 -24 de noviembre.
- Parrott N., Wilson N., Murdoch J. (2002). Spatializing quality: regional protection and the alternative geography of food. European Urban and Regional Studies, 9(3), 241-261.
- Pueblos de América. 2017. Página electrónica <http://mexico.pueblosamerica.com/i/san-miguel-tianguizolco/> fecha de consulta. 06/09/2017.
- Rooney L.W., Suhendro E.L. 1999. Perspectives on nixtamalization of maize for tortillas and snacks. E.U.A.: AACCC International.
- Suarez R.B., Zapata M.E., Ayala C.R., Cárcamo T.N., Manjarrez R.J. 2011. ¿Y las mujeres rurales? Grupo Interdisciplinario sobre Mujer, Trabajo y Pobreza, A. C. México. Primera ed. 251 p.



PROPUESTA DE ICHNEUMÓNIDOS (Hymenoptera) PARA EL CONTROL BIOLÓGICO DE INSECTOS PLAGA EN MÉXICO

PROPOSAL OF ICHNEUMONIDAE (HYMENOPTERA) FOR THE BIOLOGICAL CONTROL OF PLAGUE INSECTS IN MEXICO

Álvarez-Cabrera, G.M.^{1*}; Ruíz-Cancino, E.¹; Coronado-Blanco, J.M.¹; Treviño-Carreón, J.¹; Khalaim, A.I.^{1,2}

¹Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Ingeniería y Ciencias, Centro Universitario Adolfo López Mateos, 87149 Cd. Victoria, Tamaulipas, México. ²Academia de Ciencias de Rusia, Instituto Zoológico, 199034 San Petersburgo, Rusia.

*Autor responsable: guido_mig29@yahoo.es

RESUMEN

Los ichneumónidos son agentes de control natural y biológico de artrópodos en ecosistemas naturales y en cultivos. Mediante una revisión bibliográfica de publicaciones científicas con ayuda de los buscadores google académico y webofknowledge, se obtuvieron indicadores de control natural y biológico de insectos plaga en México con Ichneumonidae, además de otros aspectos de su biología, y cumplir con el objetivo de proponer el estudio y uso de cinco especies de Ichneumonidae para el control biológico de algunas plagas de cultivos de importancia económica en México, resultando la propuesta de cinco especies relevantes.

Palabras clave: parasitoides, control biológico, insectos plaga.

ABSTRACT

Ichneumonidae are agents for natural and biological control of arthropods in natural ecosystems and in crops. Through a bibliographical review of scientific publications with the help of the Academic Google and webofknowledge search engines, indicators were obtained for natural and biological control of plague insects in México with Ichneumonidae, in addition to other aspects of their biology, and to fulfill the objective of proposing the study and use of five species of Ichneumonidae for the biological control of some plagues of crops with economic importance in México, highlighting the proposal of five relevant species.

Keywords: parasitoids, biological control, plague insects.



Agroproductividad: Vol. 10, Núm. 9, septiembre. 2017, pp: 78-83.

Recibido: julio, 2016. **Aceptado:** julio, 2017.

INTRODUCCIÓN

En la naturaleza existen insectos que rompen el equilibrio en el ecosistema causando daños en los cultivos que repercuten en pérdidas económicas; otros insectos controlan la sobrepoblación de las plagas y son benéficos. Entre los parasitoides se encuentra la familia Ichneumonidae, de la cual se estima que existen más de 100,000 especies en el mundo (Gauld, 2000), es decir, una cantidad muy superior a los 55,097 especies de vertebrados descritos a nivel mundial (Llorente-Bousquets y Ocegueda, 2008). México se ubica en una zona de transición entre las regiones biogeográficas Neártica y Neotropical, lo que favorece la diversidad de Ichneumonidae: se han registrado más de 1,300 especies (Ruíz, 2015). El uso de avispas parasitoides es una técnica de control biológico



Figura 1. *Lissonota fascipennis* (Ichneumonidae): a) hembra y b) macho.

de plagas, que reduce pérdidas (Nicholls, 2008) en cultivos de importancia económica en México tales como el maguey (*Agave* sp.), la nuez pecanera (*Cydia caryana*), el arroz (*Oryza sativa*) y la caña de azúcar (*Saccharum* sp), entre otros (SIAP, 2016). El objetivo del presente estudio, fue proponer el uso de cinco especies de Ichneumonidae para el control biológico de algunas plagas de cultivos de importancia económica en México, mediante una revisión.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se efectuó una revisión bibliográfica de publicaciones científicas con ayuda de buscadores de internet tales como "google académico" y "webofknowledge.com" en relación con el control natural y biológico de insectos plaga en México con Ichneumonidae, además de otros aspectos de su biología.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se proporciona información sobre cinco

plagas presentes en México en diferentes cultivos y sobre su parasitoides ichneumonido.

Comadia redtenbacheri Hammerschmidt (Lepidoptera: Cossidae) (Gusano rojo del maguey)

El maguey forma parte de los cultivos de importancia cultural y económica en México (García, 2007), en 2014 se obtuvo un ingreso de más de \$10,137 millones de este cultivo (SIAP, 2016). El gusano rojo causa severos daños cuando se establece en la "piña" del maguey, llegando a impedir su utilización e incluso la muerte de la planta, su presencia ocasiona falta de vigor y amarillamiento en las puntas de las pencas (Morales y Esparza, 2002). Presenta siete estadios larvales, completando su ciclo de vida en un año, posteriormente los adultos sólo viven de tres a cinco días (Llanderal-Cázares et al., 2010).

Lissonota fascipennis Townes (Hymenoptera: Ichneumonidae: Banchinae)

El género *Lissonota* cuenta con más de 1,000 especies (Gauld, 2002). *L. fascipennis* sólo se conocía en el sur de Arizona, Estados Unidos (EU) (Townes y Townes, 1978), sin embargo, en agosto de 2007 se registró en San Juan Tianguistongo, Hueyoxtla, Estado de México, sobre plantas de maguey, en agosto y septiembre se detectaron parasitoides en larvas del cuarto al sexto estadio; y los adultos de estos parasitoides se obtuvieron en marzo y abril de 2008 cuando emergieron de los puparios de la plaga, obteniendo un nuevo registro de hospedero (Zetina et al., 2009). La avispa presenta el cuerpo pardo rojizo con algunas suturas amarillentas y el ala anterior con dos bandas pardas, diferencias que la distinguen del resto de las especies del grupo que presentan cuerpo negro, mismas que a menudo tienen marcas blancas y el ala anterior no bandeada (Townes y Townes, 1978) (Figura 1).

Acrobasis nuxvorella Neunzig (Lepidoptera: Pyralidae) (Gusano barrenador de la nuez pecanera)

El nogal pecanero es considerado uno de los cultivos con mayor rentabilidad, llegando en 2014 a alcanzar una superficie de más de 108,000 hectáreas y un ingreso mayor de \$6,173 millones (SIAP, 2016). Una de las limitantes para su producción son las plagas (Nava y Ramírez, 2001), siendo *A. nuxvorella* una de las principales ya

que se alimenta exclusivamente de frutos, e incide significativamente en la productividad (Castillo *et al.*, 2013), llega a originar pérdidas en el rendimiento y la calidad de la nuez, cuando el manejo y control es deficiente ocasionando pérdidas que fluctúan entre 30% y 85% de la producción (Aguilar, 2008).

Los huevos del barrenador de primera generación son depositados sobre las nueces pequeñas, poco después de la polinización las larvas eclosionan en los cuatro a cinco días subsecuentes, posteriormente se desplazan hacia los brotes cercanos, donde comenzarán a alimentarse de la base de las hojas por espacio de un día o dos antes de introducirse en la nuez perforando un túnel en la base, dejando excrementos oscuros visibles. Se alimentan del fruto por espacio de cuatro a cinco semanas y finalmente la larva se transforma en pupa en el interior de la nuez; el adulto emerge entre 9 y 14 días después (Knutson y Ree, 2005).

Calliephialtes grapholitae (Cresson) (Hymenoptera: Ichneumonidae: Pimplinae)

Es una especie presente en Canadá, EUA y México (Pinson *et al.*, 2005), ataca diversos barrenadores (Yu *et al.*, 2012).

En Tamaulipas y Coahuila se le identificó como parasitoide del barrenador del ruezno o cáscara de la nuez pecanera (*Cydia caryana*) (Pinson *et al.*, 2005). En Coahuila, durante sep-

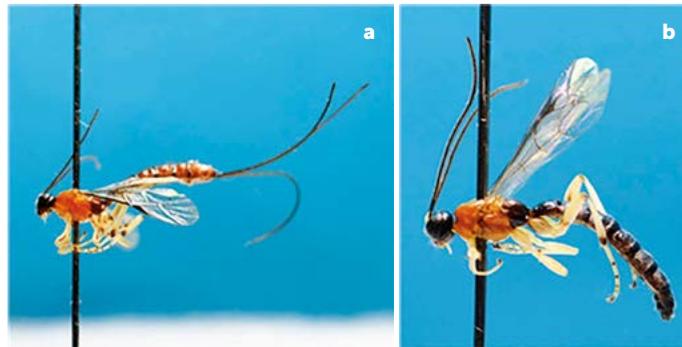


Figura 2. *Calliephialtes grapholitae* (Ichneumonidae): a) hembra y b) macho.

tiembre de 1994 y octubre de 1995 se registró que el vuelo de los parasitoides adultos ocurre en un rango de temperatura de 15 °C a 17 °C, y aumenta al registrarse una humedad relativa de entre 75% a 83% que coincide con la aparición de larvas susceptibles de ser parasitadas (Barajas, 1997). Se requiere desarrollar la cría masiva del parasitoide para realizar estudios que permitan determinar la eficiencia en el control de esta plaga (Ruiz y Coronado, 2012).

Cydia caryana (Fitch) (Lepidoptera: Tortricidae) (Gusano barrenador del ruezno de la nuez pecanera)

La etapa larval de esta plaga es la más importante de ataque al fruto, se ubica en la mayoría de las regiones productoras de nuez de México, ataca principalmente durante el crecimiento y llenado de la misma. Cuando aparece en el mes de julio, causa la caída de los frutos en desarrollo, mientras que a finales

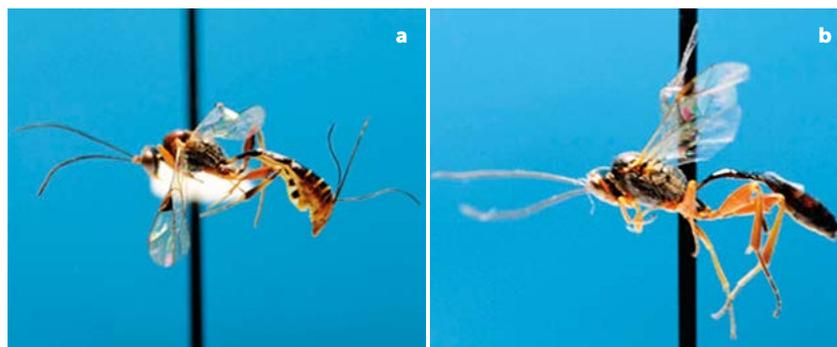


Figura 3. *Pristomerus* (Ichneumonidae): a) hembra y b) macho

de agosto y septiembre, afecta el llenado y la calidad de la almendra (Tarango *et al.*, 2013). En Coahuila se presentan de tres a cuatro generaciones; y sólo dos pueden causar daño al fruto cuando la larva permanece durante 33 días en promedio, mientras que en estado de pupa, per-

manece nueve, y posteriormente pasa a la fase adulta, la cual incluye un período de 16 días, tiempo en el que deposita alrededor de 100 huevecillos (Aguilar, 2007).

Pristomerus austrinus Townes y Townes (Hymenoptera: Ichneumonidae: Cremastinae)

Anteriormente conocido como *Pristomerus agilis* (Cresson). Se ha registra su presencia en Norteamérica y Guatemala (Allen, 1962). Entre sus hospederos se encuentran *Acrobasis caryivorella* Rag., *A. nuxvorella* (Neunzig), *A. vaccinii* (Riley), *Epiblema scudderianum* (Clem.), *Grapholitha molesta* (Bsk.), *Gretchna bolliana* (Sling), *Gypsonoma haimbachiana* (Kft.), *Laspeyresia pomonella* (L.) (Harris y Li, 1996), *Homoeosoma electellum* (Hulst) (Beregovoy, 1985) y *Cydia caryana* (Ruiz y Coronado, 2012). En México se ha obtenido a partir de pupas de *A. nuxvorella* y está asociado con *A. caryivorella* y *Gretchna bolliana* (Sling.), ambas presentes en Nuevo León, México (Tarango *et al.*, 2014). *P. austrinus* parasita las pupas del barrenador de la nuez y el mayor grado de parasiti-

tismo ocurre durante los meses de junio y julio (Garza, 1970).

***Eoreuma loftini* (Dyar)**
(Lepidoptera: Pyralidae) (Gusano barrenador del tallo del arroz)

Es una plaga de las gramíneas (Showler y Moran, 2014) y la más importante en el cultivo de caña de azúcar en México (Cruz-García *et al.*, 2016). Este cultivo constituye la materia prima de la agroindustria azucarera, siendo una actividad de gran impacto social por su producción, generación de empleo y porque el azúcar está enraizada profundamente en la economía y la cultura del país; es un producto básico en la dieta del mexicano, genera más de 450 mil empleos directos, con lo cual contribuye al desarrollo del país (Aguilar, 2009) con un valor de la producción en 2014 de más de \$27,150 millones (SIAP, 2016). Las plagas que atacan al cultivo de la caña pueden llegar a ocasionar pérdidas de hasta 50%, incluyendo a *Eoreuma loftini* (Vázquez y Valdez 2012).

***Mallochia pyralidis* Wharton**
(Hymenoptera: Ichneumonidae: Cryptinae)

Se han realizado numerosas exploraciones en México en el tema de uso de parasitoides como agentes de control biológico, entre los cuales se encuentra *Mallochia pyralidis* (Rodríguez-del-Bosque *et al.*, 2000), es una especie mexicana (Yu *et al.*, 2012) ectoparasitoide recolectada en Sinaloa parasitando a *E. loftini* Dyar (Smith *et al.*, 1990), posteriormente criado y liberado en Texas, EUA, para controlar *E. loftini* en cultivos de caña de azúcar. Fue introducido a Sudáfrica para el control de *Busseola fusca* (Fuller), el barrenador africano del tallo del maíz (*Zea mays* L.) (Yu *et al.*, 2012). De las

pruebas realizadas en *E. loftini* bajo condiciones de laboratorio a una temperatura constante de 26 °C, se determinó que el tiempo promedio de desarrollo de huevo a adulto es de 17.9 días para los machos y 18.9 para las hembras; permanece dos días como huevo, 7.5 como larva (cuatro estadios) y 8.8 días como pupa (Smith *et al.*, 1990).

***Plutella xylostella* (Linnaeus) (Lepidoptera: Yponomeutidae)**
(Palomilla dorso de diamante)

Es una plaga que afecta las semillas productoras de aceite y hortalizas de todo el mundo, entre sus principales hospederos se encuentran especies del género *Brassica* (Reddy y Guerrero, 2000). Es considerada la plaga más destructiva de los cultivos de Brassicaceae en todo el mundo (Roux *et al.*, 2007) y se estima que sus costos de manejo ascienden a un billón de dólares; se cree que puede tener su origen en Europa, Sudáfrica o el este de Asia (Bortoli *et al.*, 2013). En México (Guanajuato y Querétaro) se produce col (*Brassica oleracea*) y brócoli (*B. oleracea italica*), cuya producción es destinada principalmente al mercado de exportación, esta plaga es considerada como una seria amenaza para estos cultivos desde la década de los ochenta, lo que llevó a los agricultores a hacer aplicaciones de plaguicidas semanalmente, con poca eficiencia (Bujanos, 2013). En 2014, el valor de la producción de col fue de \$439 millones y de brócoli \$2,054 millones (SIAP, 2016). Los estudios indican que pueden permanecer en vuelo continuo durante varios días, hasta recorrer distancias de 1,000 km, pero no se sabe cómo pueden sobrevivir a las bajas temperaturas (Talekar y Shelton 1993); y es el primer insecto plaga en el que se confirmó la resistencia a productos con DDT (Dicloro difenil tricloroetano) sólo tres años después de iniciar su aplicación (Ankersmit, 1953).

***Diadegma insulare* (Cresson) (Hymenoptera: Ichneumonidae: Campopleginae)**

Para combatir a la palomilla dorso de diamante se han usado diversos agentes de control biológico, incluyendo a *D. insulare*, especie ampliamente distribuida en América (Perales y Arredondo, 1999), desde Canadá hasta Venezuela, además de la zona Mediterránea, donde ataca a diversas palomillas (Yu *et al.*, 2012). En México se registró el parasitismo natural de *D. insulare* sobre esta plaga en 1969 en diversas localidades de Guanajuato, desde entonces se han realizado estudios para demostrar su eficiencia en el control de la plaga (Perales y Arredondo, 1999). Se ha criado y liberado en un campo experimental de Irapuato, Guanajuato, sobre cultivos de brócoli, obteniendo desde 30% a

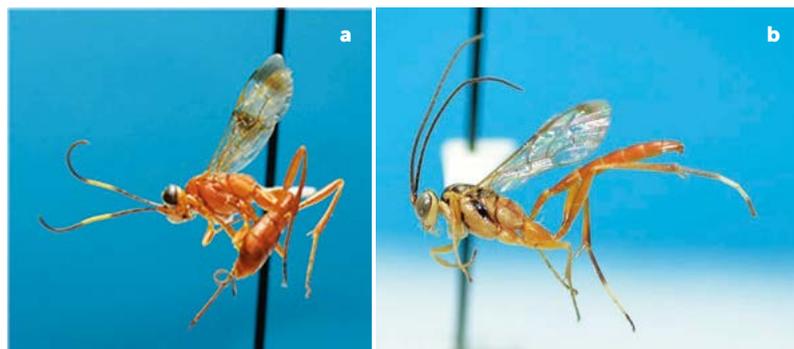


Figura 4. *Mallochia pyralidis* (Ichneumonidae): a) hembra y b) macho

90% de parasitismo (Salazar y Salas, 2008), además se ha comprobado que al exponerse a la aplicación constante de insecticidas, está presente del 10% al 30% durante todo el año (Bujanos, 2000) y se comporta como un factor clave en la mortalidad de *P. xylostella* (Martínez *et al.*, 2002). El número de generaciones por año corresponde con la presencia de los huéspedes. La longitud de la avispa no sobrepasa los seis mm, y la hembra presenta un ovipositor bien definido (Sourakov y Mitchell, 2000). En evaluaciones de cámara climática (20 °C), el ciclo de vida va desde 18.5 días (en hospederos con nueve días de edad) hasta 28 días (en hospederos con un día de edad). En un insectario (24.72±0.46 °C) oscila entre 12 días en hospederos de cinco días de edad, y 15 en hospederos con dos días de edad (Díaz, 1990).

CONCLUSIONES

Los ichneumónidos *Lissonota fascipennis*, *Calliephialtes grapholitae*, *Pristomerus austrinus*, *Mallochya pyralidis* y *Diadegma insulare* poseen potencial para ser usados en el control biológico de insectos plaga en algunos cultivos en México. La reproducción y liberación de estos ichneumónidos en estudios de campo es importante para conocer mejor su comportamiento y efectividad en el control de plagas importantes para estos cultivos.

LITERATURA CITADA

- Aguilar P.H. 2007. Principales plagas del Nopal en el norte de Coahuila. SAGARPA-INIFAP 14: 1-28.
- Aguilar P.H. 2008. Nopal pecanero control biológico del gusano barrenador de la nuez. SAGARPA-INIFAP 147-148.
- Aguilar R.N. 2009. ¿Por qué diversificar la agroindustria azucarera en México? Globalization, Gobernabilidad y Competitividad 3 (1): 62-74.
- Allen H.W. 1962. Parasites of the oriental fruit moth in the eastern United States. Agricultural Research Service, US Department of Agriculture. Washington, D.C. 137 p.
- Ankersmit G.W. 1953. DDT resistance in *Plutella maculipennis* (Curt.) Lepidoptera in Java. Bulletin of Entomological Research 44: 421-425.
- Barajas O.C.G. 1997. Incidencia poblacional del parasitoide *Calliephialtes grapholitae* (Cresson) (Hymenoptera: Ichneumonidae) en el sureste del Estado de Coahuila y su relación con el gusano barrenador del ruzo *Cydia caryana* (Fitch) (Lepidoptera: Tortricidae). Tesis M.C. UAAAN. México. 47 pp.
- Beregovoy V.H. 1985. Parasitism of the sunflower moth, *Homoeosoma electellum* (Hulst) (Lepidoptera: Pyralidae) in the central United States. Journal of the Kansas Entomological Society 58(4): 732-736.
- Bortoli S.A., Vacari A.M., De Bortoli C.P., Polanczyk R.A., Duarte R.T. 2013. *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera:



Figura 5. *Diadegma* (Ichneumonidae): a) hembra y b) macho.

Plutellidae): Tactics for integrated pest management in Brassicaceae. INTECH Open Access Publisher.

- Bujanos M.R. 2000. Manejo integrado de plagas en crucíferas. En: Temas Selectos en Fitosanidad de Hortalizas. Bautista, M. N., A. D. Suárez V. y O. Morales G. (eds.). Instituto de Fitosanidad. Colegio de Postgraduados. México. pp. 47-61.
- Bujanos M.R. 2013. Manejo integrado de la palomilla dorso de diamante *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Yponomeutidae) en el Bajío, México. Folleto No. 3096. INIFAP. México.
- Castillo A.A.F., Harris M., Puebla A. A. F., Zamorano W. V. 2013. Trampeo e identificación de la feromona sexual del gusano barrenador de la nuez, *Acrobasis nuxvorella* (Lepidoptera: Pyralidae) en México. Biotecnia 2: 25-30.
- Cruz-García H., Lopez-Martínez V., Alía-Tejagal I., Guillén-Sánchez D., Andrade-Rodríguez M., Álvarez-Vargas J.E., Campos-Figueroa M. 2016. Population Dynamics of Mexican Rice Borer, *Eoreuma loftini* (Dyar), Using a Pheromone Trap System in Sugarcane, *Saccharum officinarum* L., in Morelos, Mexico. Southwestern Entomologist 41: 15-20.
- Díaz F. 1990. Biología de *Diadegma insulare* (Cresson) y revisión de las especies venezolanas del género *Diadegma* Foerster (Hymenoptera: Ichneumonidae). Tesis de Doctorado. Resumen. Consulta: 30 Mar. 2006. <http://www.postgrado.ucv.ve/biblioteca/tesis.asp>.
- García M.A. 2007. Los agaves de México. Ciencias 87: 14-23.
- Garza M.U.J. 1970. Insectos parásitos del barrenador de la nuez *Acrobasis Caryae* (Grote), Lepidoptera-Phycitidae, y otras palomillas del nogal en Nuevo León. Tesis de licenciatura. Fac. Ciencias Biológicas-UANL. México. 49 p.
- Gauld I.D. 2000. The Ichneumonidae of Costa Rica, 3. Memoirs of the American Entomological Institute 63:1-453.
- Gauld I.D. 2002. The Ichneumonidae of Costa Rica, 4. Memoirs of the American Entomological Institute 66: 417-422
- Harris M.K., Li T. 1996. Checklist of parasites of the pecan nut casebearer and other hosts for biological and quarantine purposes. Texas A&M Univ. College Station 13 p.
- Knutson A.E., Ree B. 2005. Controlling the Pecan Nut Casebearer. Extension 173: 3-5.
- Llenderal-Cázares C., Santos Posadas H.M., Almanza-Valenzuela I., Nieto-Hernández R., Castillejos C.C. 2010. Establecimiento del gusano rojo en plantas de maguey en invernadero. Acta zoológica mexicana 26 (1): 25-31.
- Llorente-Bousquets J., Ocegueda S. 2008. Estado del conocimiento de la biota. CONABIO. México. pp 283-322.
- Martínez C.M., Leyva J.L., Cibrián-Tovar J., Bujanos M.R. 2002. Parasitoid diversity and impact on populations of the diamondback moth

- Plutella xylostella* (L.) on *Brassica* crops in central México. *BioControl* 47: 23-31.
- Morales C.N., Esparza F.G. 2002. Plan Estratégico de Desarrollo para la Región agavera del Sureste de Zacatecas. Secretaría de Desarrollo Económico de Zacatecas. Centro Regional Universitario Norte de la Universidad autónoma de Chapingo. México 239 pp.
- Nava C.U., Ramírez D. 2001. Manejo Integrado de Plagas del Nogal. XIII Semana Internacional de Agronomía. Mem. FAZ-UJED. Gómez Palacio, Durango, pp.77-90.
- Nicholls C.I. 2008. Control biológico de insectos: un enfoque agroecológico. Ed. Universidad de Antioquia. Colombia 261 p.
- Perales G.M.A., Arredondo B.H.C. 1999. *Diadegma insulare* (Cresson) (Hymenoptera: Ichneumonidae). Ficha Técnica CB-19. SAGAR. México. 4 pp.
- Pinson D.O., Luna-Salas J.F., Kasparyan D.R. 2005. Registro de *Calliephialtes grapholitae* (Cresson) (Hymenoptera: Ichneumonidae) parasitando lepidópteros plaga en rueznos de nogal en Jaumave, Tamaulipas, México. Memoria XXVIII Congreso Nacional de Control Biológico. México pp. 25-28.
- Reddy G.V.P., Guerrero A. 2000. Pheromone-based integrated pest management to control the diamondback moth *Plutella xylostella* in cabbage fields. *Pest Management Science* 56(10): 882-888.
- Rodríguez-del-Bosque L.A., Jones W. A., Saldafia R.R. 2000. Incidence of mexican rice borer (Lepidoptera: Pyralidae) and Jalisco fly parasite (Diptera: Tachinidae) in Mexico. *Southwestern Entomologist*. Texas 25: 21-30.
- Roux O., Gevrey M., Arvanitakis L., Gers C., Bordat D., Legal L. 2007. ISSR-PCR: Tool for discrimination and genetic structure analysis of *Plutella xylostella* populations native to different geographical areas. *Molecular phylogenetics and evolution* 43(1): 240-250.
- Ruiz C.E. 2015. La Familia Ichneumonidae (Hymenoptera) en México. *Entomología Mexicana* 2: 1-13.
- Ruiz C.E., Coronado B.J.M. 2012. Ichneumonidae (Hymenoptera) en el control natural y biológico de insectos en México. *Recursos Naturales*. UAT. pp. 244-252.
- Salazar S.E., Salas A.D.J. 2008. Palomilla dorso de diamante, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae), pp. 155-165. En: H.C. Arredondo B. T L.A. Rodríguez del B. (Eds.). Casos de control biológico en México. Mundiprensa. 423 pp.
- SIAP. 2016. Estadísticas. Cierre de cultivos 2014. www.siap.gob.mx.
- Showler A. T., Moran P. J. 2014. Associations between host plant concentrations of selected biochemical nutrients and Mexican rice borer, *Eoreuma loftini*, infestation. *Entomologia Experimentalis Et Applicata* 151: 135-143.
- Smith J. W., Rodríguez-del-Bosque L. A., Agnew C. W. 1990. Biology of *Mallochia pyralidis* (Hymenoptera: Ichneumonidae), an ectoparasite of *Eoreuma loftini* (Lepidoptera: Pyralidae) from Mexico. *Annals of the Entomological Society of America* 83(5): 961-966.
- Sourakov A., Mitchell E. R. 2000. Wasp parasitoid, *Diadegma insulare* (Cresson) (Insecta: Hymenoptera: Ichneumonidae). University of Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, EDIS 1-4 p.
- Talekar N. S., Shelton A. M. 1993. Biology, ecology, and management of the diamondback moth. *Annual Review of Entomology* 38(1): 275-301.
- Tarango R. S. H., García N. G., Burrola M. J. R. 2013. Manejo del barrenador del ruezno en Chihuahua. *Campo Experimental Delicias-INIFAP* 42: 1-30.
- Tarango R. S. H., González H. A., García N. G. 2014. Manejo del barrenador de la nuez en Chihuahua. *INIFAP* 2: 1-33.
- Townes H., Townes M. 1978. Ichneumon-flies of America North of Mexico: 7. Subfamily Banchinae, Tribes Lissonotini and Banchini. *Memoirs of the American Entomological Institute* 26: 65- 67.
- Vázquez H. M., Valdez J. Á. 2012. Manejo integrado de barrenadores en caña de azúcar en el sur de Tamaulipas. *INIFAP* 1: 1-18.
- Yu D. S.K., van Achterberg C., Horstmann K. 2012. Taxapad 2012, Ichneumonoidea 2011. Database on flash-drive. www.taxapad.com, Ottawa, Ontario, Canada.
- Zetina D. A., Llanderal-Cázares C., Ruíz-Cancino E., Khalaim A. I. 2009. Registro para México de *Lissonota fascipennis* Townes (Hymenoptera: Ichneumonidae) como parasitoide del gusano rojo del maguey. *Acta Zoológica Mexicana* 25(3): 655-657.

SECADOR SOLAR: UNA ALTERNATIVA DE BAJO COSTO PARA SECAR MADERA ASERRADA EN LA SIERRA JUÁREZ, OAXACA

SOLAR DRIER: A LOW-COST ALTERNATIVE TO DRY WOOD SAWN IN SIERRA JUÁREZ, OAXACA

Herrera-Bolaños, O.¹; Ruiz-Aquino, F.^{1*}; Santiago-García, W.¹; Sarmiento-Bustos, D.¹

¹Instituto de Estudios Ambientales, Universidad de la Sierra Juárez, Av. Universidad s/n, Ixtlán de Juárez C.P. 68725, Oaxaca.

*Autor de Correspondencia: ruiz.aquino@unsij.edu.mx

RESUMEN

Se describen los detalles del diseño y construcción de un prototipo de secador solar para madera aserrada con capacidad de 1.7 m³. En su construcción se utilizaron materiales disponibles en el mercado local y su funcionamiento se evaluó secando madera de *Pinus* sp., de 25 mm de espesor, 1.8 m de largo y anchos variables. La estructura del secador se construyó con tubos metálicos y reforzó con bastidores de madera. La cámara de secado se construyó con plástico tipo invernadero y en conjunto el secador quedó ensamblado sobre un piso de concreto de 10 cm de grosor. Se realizaron dos ensayos de secado; uno al aire libre, expuesto a las condiciones ambientales y el otro en el secador solar. Se determinó que la madera en el secador solar alcanzó un contenido de humedad por debajo del 12% en 16 días, mientras que la madera que se expuso a secado al aire libre en 25 días su contenido de humedad se mantuvo por encima del 17%. En el secador solar la madera presentó pocos defectos (rajaduras, grietas y manchas) en porcentajes mínimos, los cuales se pueden fácilmente eliminar con el cepillado.

Palabras clave: contenido de humedad, calidad de la madera, defectos en madera.

ABSTRACT

The details of the design and construction of a prototype of solar drier for sawn wood with a capacity of 1.7 m³ are described. Materials available in the local market were used for its construction, and its functioning in drying *Pinus* spp. wood, 25 mm thick, 1.8 m long and of variable widths was evaluated. The structure of the drier was built with metallic tubes and reinforced with wood frames. The drying chamber was built with greenhouse type plastic and together with the drier was assembled on concrete floor of 10 cm thickness. Two drying assays were performed; one outdoors, exposed to environmental conditions, and another one in the solar drier. It was determined that the wood in the solar drier reached a moisture content below 12 % in 16 days, while the wood exposed to drying outdoors for 25 days kept its moisture content above 17 %. In the solar drier the wood presented few defects (cracks, slits and stains) in minimal percentages, which can be easily eliminated with brushing.

Keywords: moisture content, wood quality, wood defects.

Agroproductividad: Vol. 10, Núm. 9, septiembre, 2017. pp: 84-89.

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

INTRODUCCIÓN

La energía solar es una fuente de energía sustentable debido a tres factores: es gratuita, es ilimitada y no contamina (Vidal *et al.*, 2012). Los secadores de madera que utilizan la energía solar para incrementar la temperatura en la cámara de secado, surgen como alternativa que contribuye a satisfacer las necesidades de las industrias forestales (Ugwu *et al.*, 2015), ayudan a reducir contenidos de humedad, tiempos de secado y mejoran la calidad de la madera sin alta inversión como lo representan las estufas convencionales (Fuentes-Salinas *et al.*, 2003; Awadalla *et al.*, 2004). Los secadores solares constan de cuatro partes fundamentales (colector solar, cámara de secado, ventiladores y ventilas) y tienen la capacidad de almacenar el calor que es generado por la incidencia de los rayos solares sobre un colector de temperatura (Salas-Garita *et al.*, 2008), con lo que se disminuye la humedad relativa del aire (Vidal *et al.*, 2012), lo que se traduce en tiempos de secado más cortos (Cruz de León, 2012; Ugwu *et al.*, 2015). En México el secado de la madera en estufas industriales es poco utilizado, debido a que la inversión inicial es muy alta y muchos aserraderos no tienen la capacidad económica para adquirirlas (Solís-Rodríguez *et al.*, 2003). En el presente trabajo se evaluó el funcionamiento de un prototipo solar de bajo costo para secar madera aserrada en la Sierra Juárez de Oaxaca, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

La estufa solar se construyó en la Universidad de la Sierra Juárez, ubicada en la comunidad de Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México, donde la precipitación promedio es de 800 a 1200 mm al año (Fuente-Carrasco *et al.*, 2012). Dentro del Campus universitario se ubicó en un área donde la estructura quedara expuesta más tiempo a los rayos del sol, y se colocó sobre un concreto de 3 m de largo por 2 m de ancho y 10 cm de grosor, utilizando como material de carga tubos metálicos de 5 cm de diámetro, los cuales se colocaron a una distancia de 1 m. Para la construcción de la estructura del techo se utilizaron chambranas metálicas y tiras de madera de dimensiones variadas,

éstas se colocaron en conjunto con la lámina acrílica. El recolector solar se construyó con 2 láminas galvanizadas Calibre 32 pintadas de color negro mate. La estufa solar tiene una altura máxima de 2.20 m y una altura mínima de 1.47 m (Figura 1a), resultando una pendiente del 10% (Salas-Garita *et al.*, 2008). Una vez instalada la estructura, se procedió a colocar el plástico de recubrimiento para las cuatro paredes, y enseguida se colocó un ventilador de tambor de alta velocidad (diámetro 40 cm). La estufa solar cuenta con una puerta de carga (Figura 1b), así como dos ventilas colocadas en la pared superior, cuya finalidad es el intercambio de aire del interior de la cámara de secado al exterior.

Validación de la estufa solar

Para la validación de la estufa solar se consiguió madera de pino 25 mm de espesor, 1.8 m de largo y anchos variables. Posteriormente se realizó el apilado horizontal de la madera tanto en la cámara de secado, como al aire libre, utilizando cuatro separadores de madera, secos y del mismo grosor (Shupe y Mills, 1992). Los separadores quedaron distribuidos uniformemente a lo largo de la pila y colocados de tal manera que estuvieran perfectamente alineados

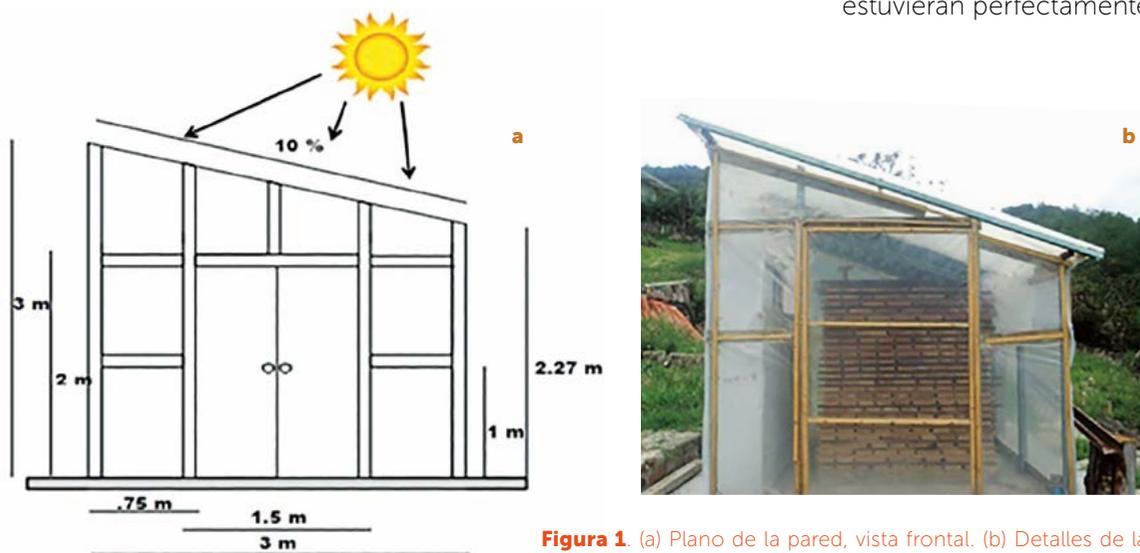


Figura 1. (a) Plano de la pared, vista frontal. (b) Detalles de la construcción de la puerta y de la estructura de la estufa solar.

a lo alto de la pila (Bárceñas-Pazos *et al.*, 2013), el volumen de madera que se apiló para ambas estibas fue de 1 m^3 , ya que el tamaño de la carga depende de la capacidad y tipo de secador a ser empleado (Viscarra, 2013). Para el registro de la temperatura en el proceso de secado, se colocó un termómetro de mercurio en el colector solar, uno en la cámara de secado y otro al aire libre; también, para registrar la humedad relativa de la cámara de secado, se instaló un psicrómetro construido con dos termómetros de mercurio (Medrano, 2003), en dicha lectura se consultó la carta psicrométrica. Para evaluar la disminución del contenido de humedad de la madera, se tomaron tres tablas por cada pila (Martínez-Pinillos, 1997), de estas tablas se obtuvieron muestras de 450 mm de longitud (Viscarra, 2013), de las cuales en cada extremo se cortaron probetas de 25 mm. Estas probetas fueron registradas con una clave única y se utilizaron para calcular el contenido de humedad inicial de la tabla muestra. Para determinar el contenido de humedad se utilizó el método por pesadas mediante la ecuación 1 (Owoyemi *et al.*, 2015).

$$CH = \frac{P_i - P_o}{P_o} * 100 \quad \text{Ec. (1)}$$

Donde:

CH=Contenido de humedad.

P_i =Peso fresco de la madera al momento de cortar la sección y la muestra.

P_o =Peso seco o constante de la sección de madera secada al horno.

Posteriormente, se obtiene un valor que se denomina peso seco calculado (PSC) para cada una de las muestras grandes mediante la ecuación 2 (Solís-Rodríguez *et al.*, 2003).

$$PSC = \frac{P_i}{1 + CHI} \quad \text{Ec. (2)}$$

Donde:

PSC=Peso seco estimado de las muestras.

P_i =Peso inicial de las muestras.

CHI=Contenido de Humedad inicial.

El valor de PSC calculado se utiliza para determinar cómo disminuye el contenido de humedad de la muestra grande mediante la ecuación 3.

$$CH = \frac{P_f - P_{sc}}{P_{sc}} * 100 \quad \text{Ec. (3)}$$

Donde:

CH=Contenido de humedad de la madera.

P_f =Peso fresco de la madera al momento de pesar la muestra secada en la estufa.

P_{sc} =Peso seco calculado o Peso seco constante de la muestra, como si fuera secada en estufa.

Con los datos obtenidos en cada medición y mediante la ecuación 3, se determinó el momento en que la madera llega al contenido de humedad

deseado para dar por terminado el proceso de secado (Martínez-Pinillos, 1997). Además se debe utilizar un higrómetro para el seguimiento de la disminución de la humedad de las muestras de madera (Solís-Rodríguez *et al.*, 2003). Para tener un buen control del proceso de secado se realizaron monitoreos en diferentes horas del día (12:00, 14:00 y 16:00 h), registrando la temperatura del colector, de la cámara y del medio ambiente. También, en estos tiempos se registró la humedad relativa del interior de la cámara de secado, en el caso de que fuera muy elevada (>60 %), se abrían las ventilas con la finalidad de desalojar la humedad relativa de la cámara de secado. Es muy importante tener un buen control durante el proceso y tratar de perder la menor cantidad posible de calor (Steinmann, 1989). La calidad de secado se evaluó con base en Fuentes-Salinas (2008), considerando rangos permisibles según el defecto que presentaron las tablas como son rajaduras en los extremos, grietas superficiales, acanaladura, arqueadura, encorvadura y torcedura. Para esta evaluación se consideraron 162 tablas de diferentes dimensiones, que representan el 100 % de las tablas que se introdujeron en el secador solar.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

El costo de construcción fue de \$14,330.00 MXN, de los que \$7,600.00 correspondieron a mano de obra y el restante a materiales. La inversión inicial fue relativamente baja, debido a que los materiales utilizados son de bajo costo. La Figura 2 muestra la variación de temperaturas alcanzadas en el proceso de secado; en el colector solar se alcanzó una temperatura máxima de $45.6 \text{ }^\circ\text{C}$, debido a que en esta zona

se concentra todo el calor absorbido. En la cámara de secado, se registró una temperatura máxima de 40.6 °C y al aire libre se alcanzó una temperatura máxima de 27.3 °C. El periodo de secado se realizó del 02 al 20 de Junio del año 2016, cabe resaltar que durante este periodo se presentó abundante precipitación, así como días nublados debido a que en la región donde se localiza la estufa solar la precipitación es alta.

En promedios las temperaturas registradas fueron: colector solar 35.9 °C, cámara de secado 30.6 °C y aire libre 23.6 °C, resultando una diferencia de temperatura de 7 °C entre la cámara de secado y al aire libre, esta diferencia es la responsable de que el secado sea más rápido en la estufa solar. En el estudio realizado por Fuentes-Salinas *et al.* (2003) para el mismo fin, la temperatura promedio de la cámara de secado fue de 32.4 °C y al aire libre 24.1 °C. Martínez-Pinillos (1997), en su estudio registró temperaturas promedio de 39.4 °C para la cámara de secado y 22.3 °C al aire libre. Cabe mencionar que estas temperaturas están en función a la región geográfica donde se ubican las estufas solares y dependen de la estación del año.

La humedad relativa que se registró fue muy variable, debido a que durante el proceso de secado se presentaron altas precipitaciones; los valores promedio registrados fueron

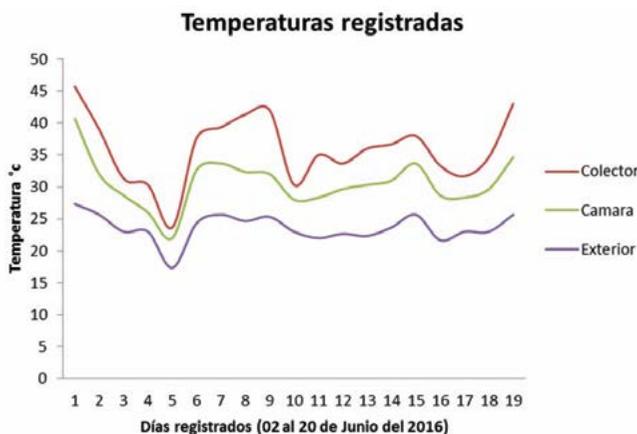


Figura 2. Variación de la temperatura en el transcurso del día al aire libre, en el secador solar y en la cámara de secado (02 al 20 de Junio del 2016).

Tiempos de secado

El promedio del contenido de humedad inicial de las muestras de madera fue de 32.18%, este valor es superior del punto de saturación de la fibra reportado por Rodríguez-Justino (2012), en la misma área de estudio para *Pinus patula* Schl. Et cham 29.46% y *Pinus pseudostrobus* Lindl. 29.37%. Con base en las diferencias de temperatura alcanzadas en la estufa solar y al aire libre, se presentaron tiempos de secado diferentes (Figura 3). En un periodo de 18 días, la madera que se apiló en la estufa solar presentó en promedio un contenido de humedad de 11.76%, se continuó con el registro, pero los resultados se mantuvieron estables. Sin embargo, en el mismo periodo la madera que se apiló al aire libre presentó en promedio un contenido de humedad de 17.11%, el registro para este caso se siguió tomando durante dos semanas más, presentando poca variación, ya que el contenido de humedad disminuyó al 17.09%. Esto representa de cierta manera pérdidas en el proceso de secado y mayor probabilidad de que la madera presente defectos (Quintanar *et al.*, 2011).

En el estudio realizado por Fuentes-Salinas *et al.* (2003), la madera de pino de 2.5 cm de espesor, se secó a un CH del 12% en un periodo de 17 días.

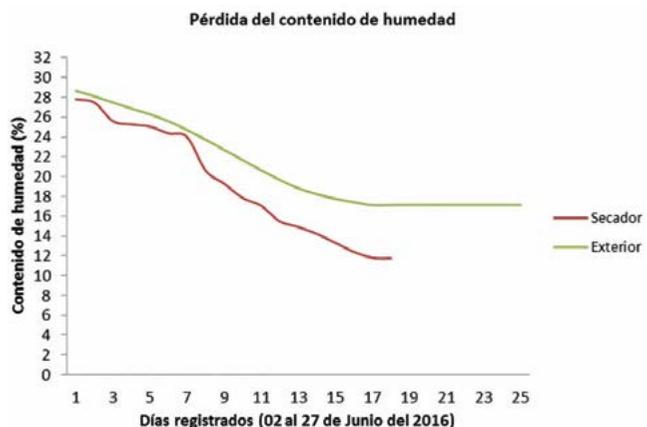


Figura 3. Curvas de secado al aire libre y en el secador solar, de la madera de *Pinus* spp.

superiores a 50% (Figura 3), valor crítico para el proceso de secado, ya que si este valor sobrepasa 60%, las ventilas tienen que estar abiertas con la finalidad de equilibrarla con el medio ambiente. Además es importante tener en funcionamiento todo el tiempo el ventilador con el objetivo de circular todo el vapor de agua y no permitir que el exceso humedad genere manchas en la madera.

En el estudio de Martínez-Pinillos (1997) para cuatro cargas de madera de pino, la madera de 2.5 cm de espesor se secó en un periodo de 9 a 18 días, alcanzando contenidos de humedad menores al 12%. Solís-Rodríguez *et al.* (2003), reportan un tiempo de secado de 35 días para madera de *Enterolobium cyclocarpum*. Mediante esta información también se puede verificar la

eficiencia de la estufa solar presentada, ya que reduce considerablemente los tiempos de secado. Esto se debe a que en el secador solar se incrementa la temperatura y disminuye la humedad relativa, este control aumenta la velocidad de secado y se alcanzan niveles de humedad más bajos (Tschernitz y Simpson, 1979). La eficiencia de la estufa solar en comparación con el secado al aire libre, es muy notoria, en pocos días la madera alcanza contenidos de humedad apropiados para la industrialización de la madera, además la implementación de este tipo de secadores no requiere de altos costos de inversión y pueden ser recuperados rápidamente debido a que los gastos de operación son económicamente bajos; la utilización de la energía renovable del sol hace que la propuesta sea un producto sustentable, al no utilizar combustibles derivados del petróleo en la operación, no existe un grado de emisión de contaminantes al medio ambiente y también ayuda a mejorar la eficiencia en industrias forestales, aumentando el valor agregado de la madera.

Defectos evaluados

Al terminar el proceso de secado se evaluaron todas las tablas introducidas en el secador solar (162 piezas de diferentes dimensiones), para evaluar los defectos originados por el proceso de secado, tales como rajaduras, manchas y grietas, cuantificándolos en 11% con grietas, 3% con rajaduras y 10% con manchas. Las grietas solo se presentaron en los extremos de las piezas, con una profundidad menor a 1 mm por lo cual, la afectación en la calidad de la madera es mínima ya que se pueden corregir realizando un cepillado en la madera (Alcoba-Campos, 2009). Estas grietas se originan como resultado de la tensión capilar que supera la resistencia mecánica de la madera, especialmente en células de madera temprana, donde la pared celular es más delgada, también ocurren como resultado de la tensión del líquido desarrollada por el movimiento del agua al salir de los lúmenes (Vera *et al.*, 2007). En el estudio de secado a nivel laboratorio en madera de teca (*Tectona grandis*) realizado por Alcoba-Campos (2009), el porcentaje de grietas fue de 16%. Gómez y Moya (2008) reportan para *Bombacopsis* y *Tectona grandis*, valores de grietas superiores a 30%. A su vez, Zarate (2006), en un estudio de evaluación de un programa de secado de *Pinus radiata*, registró 28% de rajaduras. Las grietas y rajaduras se presentaron debido al tipo de corte que presenta la pieza de madera (tangencial) y por la estructura anatómica que ésta presenta. Las dimensiones de los radios son las variables anatómicas que más influencia tiene en el

proceso de secado, debido a que presenta una pared celular primaria flexible, poco engrosada y constituyen puntos débiles en la madera por la ausencia de la pared secundaria (Vera *et al.*, 2007; Ruiz-Aquino *et al.*, 2016).

En la evaluación de un programa de secado de *Pinus radiata*, realizada por Zarate (2006), el valor de rajaduras fue de 17% y en el estudio de secado a nivel laboratorio de madera de teca, presentado por Alcoba-Campos (2009), el valor de rajaduras fue de 15%. Estos porcentajes son más altos a los que se registraron en este estudio (3%).

El porcentaje de las manchas registradas (10%) tienden a afectar directamente la calidad de la madera, principalmente a la apariencia física, ya que esta le da una coloración oscura a la pieza. La resistencia mecánica de la madera no se ve afectada por este tipo de defecto y su utilización en la industria puede ser muy amplia. En otros trabajos de investigación publicados por Alcoba-Campos (2009); Gómez y Moya (2008) y Tenorio-Monge (2011), el secado de la madera presentó defectos, tales como: alabeo, abarquillado, arqueadura, encorvadura y torcedura, los cuales en este estudio no se presentaron, los autores lo atribuyen a que se realizó un apilado incorrecto y a las altas temperaturas utilizadas durante el proceso.

Calidad del secado

Con base en los criterios de calidad de secado de Fuentes (2008), la madera secada en la estufa solar se clasificó en el intervalo de G2, debido a que los defectos se presentaron de manera ligera, por lo que se considera que el proceso fue de buena calidad. El secado de la madera incrementa la resistencia mecánica de la misma, aumenta la facilidad de impregnación de preservadores, minimiza la infestación por hongos y facilita las uniones (Owoyemi *et al.*, 2015). Con estos resultados la propuesta es recomendable para pequeños y medianos productores forestales de la región de la Sierra Juárez de Oaxaca, México, ya que se reducen considerablemente los tiempos de secado comparado con el secado al aire libre, se puede obtener madera de buena calidad, además de que al utilizar la energía del sol, los costos de operación resultan económicamente bajos.

CONCLUSIONES

Es importante seleccionar los materiales de construcción adecuados y la buena ubicación, para

asegurar la mayor cantidad de radiación solar durante el día. Los porcentajes de humedad que se registraron en la madera secada al aire libre fueron en promedio entre 17% y 18%, mientras que en el secador solar fue de entre el 11% y 12%. El tiempo que transcurrió para que la madera disminuyera su contenido de humedad en el secador solar resultó mucho menor comparado con el secado al aire libre, por lo que el secador solar propuesto es una buena alternativa para secar madera aserrada con mínimo porcentaje de defectos.

LITERATURA CITADA

- Alcoba-Campos R. 2009. Desarrollo de un programa de secado convencional para la madera de Teca (*Tectona grandis* Lin. f.), a escala de laboratorio. Tesis de Maestría. Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba, Bolivia. 103 p.
- Fuente-Carrasco M.E., Ruiz-Aquino F., Aquino-Vásquez C. 2012. Conocimiento indígena contemporáneo y patrimonio biocultural en la Sierra Juárez de Oaxaca: Aportaciones empíricas y analíticas hacia la sustentabilidad. Universidad de la Sierra Juárez. México. 166 p.
- Awadalla H.S.F., El-Dib A.F., Mohamad M.A., Reuss M., Hussein H.M.S. 2004. Mathematical modelling and experimental verification of wood drying process. *Energy Conversion and Management* 45(2): 197-207.
- Bárceñas-Pazos G.M., Martínez-Castillos J.L., Rodríguez de Anda R., Quintanar-Olguin J. 2013. Estufa solar de secado de madera. Manual de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 37 p.
- Cruz de León J. 2012. Secado de la madera. Academia Española. México. 234 p.
- Fuentes-Salinas M. 2008. Sistema para clasificar el proceso de secado de madera aserrada. Manual de prácticas. Universidad Autónoma Chapingo. México. 5 p.
- Fuentes-Salinas M., Luna-Sánchez D., Osorio-Suárez J., Corona-Islas J. 2003. Construcción y validación de un secador solar para madera aserrada. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 9(2): 171-176.
- Gómez P., Moya R. 2008. Comportamiento y costos de secado al aire y preservación por inmersión-difusión de madera de *Tectona grandis* L. f. y *Bombacopsis quinata* (Jacq.) Dugand de plantaciones de rápido crecimiento en el norte de Costa Rica. *Kurú: Revista Forestal* 5(13):1-13.
- Martínez-Pinillos C.E. 1997. Diseño y ensayo de un secador solar para madera. *Red de revistas científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal. Madera y Bosques* 3(2):13-28.
- Medrano S. 2003. Medición de Humedad Relativa con Psicrómetro. Boletín periódico del laboratorio de metrología. México. 4 p.
- Owoyemi J.M., Oyebamiji W.O., Aladejana J.T. 2015. Drying Characteristics of Three Selected Nigerian Indigenous Wood Species Using Solar Kiln Dryer and Air Drying Shed. *Journal of Science and Technology* 2(4): 176-182.
- Quintanar O.J., Fuentes L.M.E., Tamarit U.J.C. 2011. Evaluación económica de un secador solar para madera. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 2(7):97-104.
- Rodríguez-Justino R. 2012. Propiedades físicas de la madera de *Pinus patula* Schl. et cham., y *Pinus pseudostrobus* Lindl., de la región de Ixtlán de Juárez, Oaxaca. Tesis de licenciatura. Universidad de la Sierra Juárez. México. 116 p.
- Ruiz-Aquino F., González-Peña M. M., Valdez-Hernández J. I., Romero-Manzanares A. (2016) Estructura anatómica de la madera de dos encinos de Oaxaca. *Madera y Bosques* 22(1):177-189.
- Salas-Garita C., Moya-Roque R., Córdoba-Foglia R. 2008. Diseño y construcción de un secador solar para madera. *Kurú: Revista Forestal* 5(14):1-26.
- Shupe F.T., Mills H.R. 1992. Procesos de Secado Para Evitar Defectos en la Madera Verde. Louisiana State University Agricultural Center. EUA. 24 p.
- Solís-Rodríguez L.E., Cerón-Cardeña M.A., González-Ahumada I. 2003. Diseño y operación de una estufa solar para secar madera. *Ingeniería* 35-48.
- Steinmann D. 1989. Control of equilibrium moisture in a solar kiln. *Wood Drying Symposium. IUFRO. Washington, EUA.* 221 p.
- Tenorio-Monge C. 2011. Factores de variación del contenido de humedad, color y defectos en la madera de *Acacia mangium* (Willd) antes y después del secado. Tesis de licenciatura. Escuela de Ingeniería Forestal. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. 76 p.
- Tschernitz J. L., Simpson W.T. 1979. Solar-heated, forced-air, lumber dryer for tropical latitudes. *Solar energy* 22(6): 563-566.
- Ugwu S.N., Ugwuishiwu B.O., Ekechukwu O.V., Njoku H., Ani A.O. 2015. Design, construction, and evaluation of a mixed mode solar kiln with black-painted pebble bed for timber seasoning in a tropical setting. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 41: 1404-1412.
- Vera S.J., Ananías R.A., Díaz-Vázquez J.E. 2007. Condicionantes de las grietas internas dentro de los anillos durante el secado de pino radiata. *Maderas: Ciencia y tecnología* 9(2): 145-159.
- Vidal S.A., Velázquez C.O., Iñaki C.R., Ortega M.G. 2012. Diseño y construcción de un secador portátil. *Academia Journal* 4(2): 1613-1618.
- Viscarra S. 1998. Guía para el secado de la madera en hornos. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible BOLFOR. Bolivia. 64 p.
- Zarate J.A. 2006. Evaluación de un programa de secado de *Pinus radiata* D. Don impregnado con sales de CCA. Tesis de licenciatura. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 63 p.

DIVERSIDAD Y FUNCIONALIDAD DE HONGOS MICORRÍZICO-ARBUSCULARES EN PLANTACIONES DE *Carica papaya* L., CON DIFERENTE MANEJO AGRONÓMICO

DIVERSITY AND FUNCTIONALITY OF ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI IN *Carica papaya* L., PLANTATIONS WITH DIFFERENT AGRONOMIC MANAGEMENT

Sangabriel-Conde, W.^{1*}; Trejo-Aguilar, D.¹; Soto-Estrada, A.²; Alvarado-Castillo, G.¹

¹Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Veracruzana Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán s/n Zona Universitaria C.P. 91090 Xalapa, Veracruz, México. ²Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz, Veracruz-Xalapa, Manlio Fabio Altamirano, Veracruz, México.

*Autor de correspondencia: wsangabriel@hotmail.com

RESUMEN

Se analizó la diversidad y función de especies de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) presentes en suelos de plantaciones de papayo (*Carica papaya* L. var. Maradol) cultivadas bajo tres distintos sistemas de manejo agronómico, clasificados como alta (AT), mediana (MT) y baja tecnología, además de un pastizal como testigo (PT). Se recolectaron muestras de suelo en otoño e invierno, se analizó la colonización micorrízica, diversidad, viabilidad y abundancia de esporas de HMA. Se identificaron ocho morfo especies de hongos de *Glomus*, *Acaulospora*, *Gigaspora*, y *Archaeospora*. El sitio con alta tecnología mostró resultados contrastantes para la diversidad, entre las épocas del año, un índice de Shannon-Weaver ($H' = 0.89$ en otoño y $H' = 1.01$ en invierno), el menor porcentaje de viabilidad de esporas (13.3% en otoño y 18.7 en invierno) y de colonización micorrízica (8.1% en otoño y 6.9 en invierno). La mayor población de esporas se presentó en el sitio PT (60.17 ± 37.9). Especies de los géneros *Glomus*, *Gigaspora* y *Acaulospora* se registraron en todos los sitios. La colonización micorrízica y la viabilidad de esporas disminuyó conforme se intensificó el manejo en los sitios de producción agrícola.

Palabras clave: papaya, micorriza arbuscular, esporas, viabilidad.

ABSTRACT

We study the diversity and function of arbuscular mycorrhizal fungi present in papaya plantations (*Carica papaya* L. Maradol) cultivated under three different agronomic management systems and classified as high technology (AT), medium technology (MT) and low technology and a site not cultivated as a control (PT). Soil samples were collected at two seasons of the year (autumn and winter). Mycorrhizal colonization, diversity, viability and abundance of HMA spores were analyzed. Eight morphospecies of AMF belonging to the genera *Glomus*, *Acaulospora*, *Gigaspora*, and *Archaeospora* were identified. AT site with contrasting results presented the highest diversity with a Shannon-Weaver index ($H' = 0.89$ in autumn and $H' = 1.01$ in winter) and the lowest viability percentage of spores (13.3% in autumn and 18.7 in winter) and mycorrhizal colonization (8.1% in autumn and 6.9 in winter). The highest number of spores occurred at PT control site (60.17 ± 37.9). The genera *Glomus*, *Gigaspora* and *Acaulospora* occurred at all sites. Mycorrhizal colonization and spore viability decreased as management in agricultural production sites intensified..

Key words: papaya, arbuscular mycorrhizae, spores, viability.

Agroproductividad: Vol. 10, Núm. 9, septiembre. 2017, pp: 90-94.

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



INTRODUCCIÓN

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) incrementan la productividad en sistemas agrícolas (Poomipan, 2011), captan y transfieren a las plantas nutrientes de baja movilidad, en particular el fósforo (Yao *et al.*, 2001), sin embargo, dichos beneficios no son generalizados, debido a la diversidad genética y funcional de dichos simbioses (Helgason y Fitter, 2009), así como al efecto que las prácticas de manejo agrícola generan en el desarrollo de las poblaciones y la funcionalidad de comunidades de HMA.

México es el primer exportador a nivel mundial de papaya (*Carica papaya* L.) (Fuentes y Santamaría, 2014) y el estado de Veracruz uno de los principales, donde se siembran las variedades Maradol, Red, Yellow Hawaiian y Criolla, en sistema de monocultivo con diferentes niveles de tecnificación, generalmente con alta dependencia de insumos químicos (Evans y Ballen, 2012). Aunque existen investigaciones realizadas en este agroecosistema, no hay reportes sobre las consecuencias que tiene la incorporación excesiva de fertilizantes fosfatados y la siembra continúa del papayo, sobre las asociaciones simbióticas planta-microorganismo, aun cuando ha sido reportado que la abundancia y diversidad de los HMA puede estar influenciada por factores, tales como el pH del suelo (Wang *et al.*, 1993), microorganismos con los que cohabitan (Hodge, 2000), la aplicación de fertilizantes, plaguicidas y uso de maquinaria agrícola (Boddington y Dodd, 2000). Considerando que las prácticas agrícolas reducen la diversidad y abundancia de los HMA (Verbruggen *et al.*, 2012) y la importancia que dichos simbioses tienen en el desarrollo de las plantas de interés agrícola, el objetivo del presente trabajo fue determinar la densidad, diversidad y funcionalidad de los HMA asociados a plantas de *Carica papaya* L., cultivadas en diferentes sistemas de manejo agronómico.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el municipio de Isla, Veracruz, México, se seleccionaron y clasificaron tres sitios con base al manejo agronómico clasificadas como sitios con alta tecnología (AT), mediana tecnología (MT) y baja tecnología (BT) (Sangabriel-Conde *et al.*, 2010). El muestreo de raíces se realizó en las épocas de otoño e invierno, utilizando el método de Sieverding (1991). Cada sitio se dividió en seis cuadrantes de 100 m² (10×10 m); y en cada uno se tomaron 10 submuestras de suelo rizosférico a una profundidad de 0-25 cm y a 10 cm de la base

del tallo de las plantas. Las submuestras se mezclaron y se obtuvo una muestra compuesta, con ella se realizó un análisis físico químico de suelo. Se recolectaron 10 muestras de raíces por cuadrante y se determinó el porcentaje de colonización mediante las técnicas de Phillips y Hayman, (1970) y Giovannetti y Mosse (1980). Para la densidad e identificación de esporas de HMA, se utilizó la técnica de Gedermaan y Nicholson (1963) en combinación con Walker (1997) para la extracción de esporas, las cuales se colocaron en portaobjetos con en polivinil-alcohol-lactoglicerol y se determinó su densidad e índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') con el software Species Diversity and Richness[®] versión 2.3, mientras que para la identificación de morfotipos, se utilizaron las características propuestas por el INVAM International Culture Collection of (Vesicular) Arbuscular Mycorrhizal Fungi West Virginia, 2010.

Se evaluaron las diferencias en diversidad de especies de HMA, viabilidad y densidad de esporas y porcentaje de colonización micorrízica mediante un análisis de varianza (ANOVA) y comparaciones múltiples (Fisher LSD $\alpha=0.05$) con STATISTICA versión 6.0. Para identificar posibles relaciones entre las variables de riqueza y abundancia de especies con variables edáficas para cada sitio, se determinaron correlaciones simples por el método de Spearman con el software R-project. Para conocer la similitud en la composición específica entre los distintos sitios se elaboró una matriz de similitudes basada en el Índice de Sorensen, y se construyó el dendrograma y análisis de similitud de perfiles (SIMPROF) para evaluar la significancia de las agrupaciones con 999 permutaciones, utilizando el software estadístico de PRIMER v.6.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Contenido de nutrientes en suelo

Se encontraron características similares en todos los parámetros evaluados (con excepción del contenido de fósforo). Se registró una acidez de fuerte a moderada (pH de 4.3 a 5.6) y contenido normal de materia orgánica. El suelo testigo PT presentó la menor cantidad de fósforo disponible con un valor de 7.0 mg kg⁻¹. En contraste, el suelo del sitio AT hasta 104 mg kg⁻¹. Solo la materia orgánica mostró una correlación positiva (0.8713132; p-value <0.05) con la abundancia de especies.

Colonización micorrízica en campo

Todas las raíces de los puntos muestreados estuvieron colonizadas, sin embargo, todos los sitios agrícolas

registraron porcentajes menores respecto del sitio testigo (59.2% en otoño y 49.3% en invierno). La menor colonización se observó en el sitio AT (8.1% en otoño y 6.9% en invierno), seguido de los sitios MT (15.1% en otoño y 10.6% en invierno) y BT (17.0% en otoño y 8.9% en invierno). No se observaron diferencias significativas entre épocas de muestreo.

Identificación y diversidad de especies de HMA

Se registraron ocho morfotipos, y cinco de ellos se identificaron a nivel especie, y tres a género. Del total de éstos, el 50% correspondieron a *Glomus* (*Glomus heterosporum*, *Glomus* spp., *Glomus* spp., *Glomus* spp., 25% a *Acaulospora* (*Acaulospora spinosa* y *Acaulospora scrobiculata*), 12.5% a *Gigaspora* (*Gigaspora gigantea*) y 12.5% al género *Archaeospora* (*Archaeospora leptoticha*). El mayor número de morfotipos se registró en el sitio AT (7), y en PT, MT, y BT seis, cinco y tres respectivamente. El índice de diversidad de Shannon mostró diferencias significativas entre sitios para la época de otoño (Figura 1). El sitio AT registró el mayor valor ($H' = 0.89$) comparado con MT, BT y PT ($H' = 0.52, 0.22, 0.47$, respectivamente).

Densidad y viabilidad de esporas de HMA

Se registraron diferencias significativas entre sitios con respecto a la densidad de esporas. El sitio AT presentó el valor más alto y registró diferencias significativas entre épocas

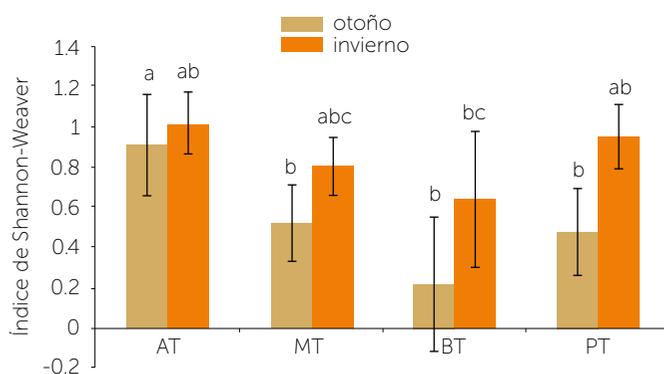


Figura 1. Índice de diversidad de especies de Shannon-Weaver (H') de HMA en los sitios de estudio. Letras diferentes entre columnas del mismo color indican diferencias significativas según la prueba de comparaciones múltiples (Fisher LSD $\alpha=0.05$).

se encontraron bajos porcentajes de viabilidad (13.4% en otoño y 18.7% en invierno) (Figura 2) mientras que los demás sitios registraron altos porcentajes en ambas épocas de muestreo.

Abundancia de especies de HMA

Las especies de HMA, *Gigaspora gigantea*, *Acaulospora scrobiculata* y los morfotipos *Glomus* spp1 y *Glomus* spp3 podrían considerarse "generalistas", por la frecuencia y dominancia en la mayoría de los sitios estudiados. *Glomus* spp1 fue la más dominante en los cuatro sitios, para ambas épocas de muestreo. El morfotipo *Glomus* spp2 sólo se encontró en las muestras de suelo recolectadas en otoño, mientras que la especie *Glomus heterosporum* se encontró en los sitios de AT y MT en otoño e invierno. *Archaeospora leptoticha* fue la menos abundante y localizada en el sitio PT (Cuadro 1).

Distribución de especies de HMA

El análisis clúster generó un primer grupo compuesto por los sitios de baja y mediana tecnología, y un segundo constituido por sitios de alta tecnología y el testigo. El análisis SIMPROF demostró que las agrupaciones generadas no presentan diferencias entre ellas ($\pi=1.64, p=0.49$; Figura 3).

La presencia de estructuras características de HMA en todos los sitios de estudio, indicaron que las especies nativas son capaces de establecer simbiosis,

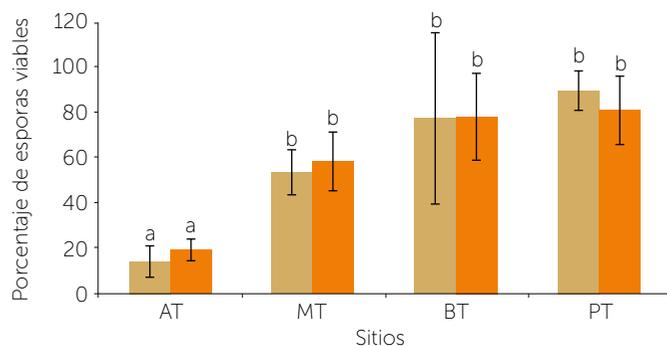


Figura 2. Porcentaje de esporas viables. Letras diferentes entre columnas del mismo color indican diferencias significativas según la prueba de comparaciones múltiples (Fisher LSD $\alpha=0.05$).

cas de muestreo, con un mayor número de esporas en otoño (51 ± 29), mientras que los sitios MT y PT presentaron valores altos en invierno (37 ± 16 y 60 ± 37) respectivamente. El número más bajo de esporas se presentó en el sitio BT (2 ± 2) para ambos muestreos. No hubo diferencias significativas en los valores de viabilidad (%) entre épocas de muestreo. En el sitio AT

se encontraron bajos porcentajes de viabilidad (13.4% en otoño y 18.7% en invierno) (Figura 2) mientras que los demás sitios registraron altos porcentajes en ambas épocas de muestreo.

se encontraron altos porcentajes en ambas épocas de muestreo.

independientemente del nivel de tecnología, sin embargo los valores de colonización fueron bajos en los suelos con AT (8.1% en otoño y 6.9% en invierno), en contraste el número de esporas presentó mayor densidad y diversidad, a pesar de las elevadas dosis y frecuencia de aplicaciones de plaguicidas, fertilizantes

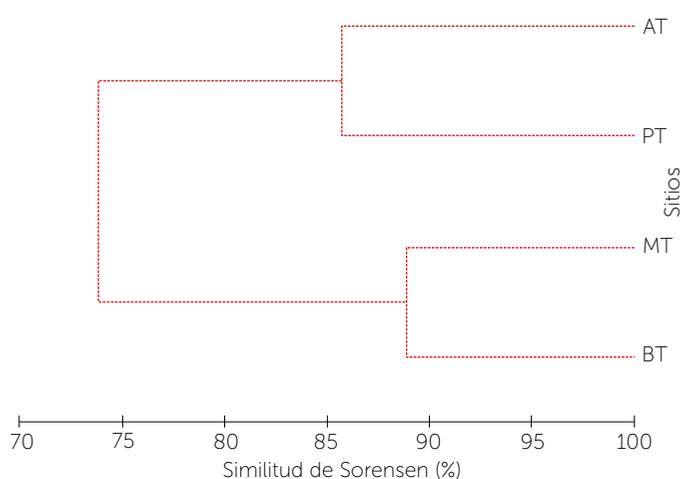
Cuadro 1. Abundancia relativa de especies de HMA en los sitios de *Carica papaya* L., en época de otoño e invierno.

Especies de HMA	Otoño								Invierno							
	AT		MT		BT		PT		AT		MT		BT		PT	
<i>Glomus heterosporum</i> G.S. Sm. & N.C. Schenck	0.9	(3)	2.8	(4)					4.6	(5)	3.1	(7)				
<i>Glomus</i> spp1	35.9	(110)	85.7	(120)	45.4	(5)	11.3	(36)	42.5	(46)	95.0	(209)	27.2	(3)	14.1	(51)
<i>Glomus</i> spp2	0.9	(3)					0.3	(1)								
<i>Glomus</i> spp3	1.3	(4)	2.1	(3)	9.0	(1)			3.7	(4)	0.9	(2)			0.2	(1)
<i>Gigaspora gigantea</i> T.H. Nicolson & Gerd.	31.0	(95)	6.4	(9)			77.9	(248)	43.5	(47)	0.9	(2)	63.6	(7)	80.8	(292)
<i>Acaulospora scrobiculata</i> Trappe	29.0	(89)	2.8	(4)	45.4	(5)	5.6	(18)	5.5	(6)			9.0	(1)	0.8	(3)
<i>Acaulospora spinosa</i> C. Walker & Trappe	0.6	(2)					4.4	(14)							3.3	(12)
<i>Archaeospora leptoticha</i> N.C. Schenck & G.S. Sm.							0.3	(1)							0.5	(2)

y labranza convencional. Esto ya ha sido señalado por otros autores, quienes mencionan que la aplicación de agroquímicos no siempre tiene efectos que vayan en detrimento de la densidad de esporas (Dhillion y Gardsjord, 2004). Los datos obtenidos en este trabajo muestran que una alta densidad de esporas no está estrictamente relacionada con la colonización micorrízica, o bien con la capacidad infectiva. Resultados similares se han reportado con otros hospederos (Abd-Alla *et al.*, 2000; Dhillion y Gardsjord, 2004). Se considera que aunque el sitio AT registró el índice de diversidad más elevado ($H' = 0.89$), las especies de HMA en dicho sitio, podrían no estar funcionales para establecer la simbiosis micorrízica, el bajo porcentaje de colonización intraradical encontrado en campo, y la baja viabilidad de las esporas son indicadores de ello. Es posible que aunque los productos químicos no están afectando la esporulación, si están causando efecto negativo sobre la capacidad de los hongos para establecer la simbiosis; por ejemplo, AT fue el único sitio donde se aplica el fungicida carbendazim, conocido por inhibir la función de las tubulinas, cruciales para el establecimiento de la simbiosis (Butters *et al.*, 1995). Además productos como glifosato (aplicado en dosis elevadas en el sitio AT) reduce significativamente la co-

lonización micorrízica y la viabilidad de esporas de HMA (Druille *et al.* 2013). Se identificaron ocho morfotipos distintos y el valor más elevado para el índice de diversidad fue $H' = 0.89$, valores bajos si se comparan con estudios similares de diversidad en agroecosistemas de papayo donde se reportan hasta 33 especies distintas (Khade y Rodrigues, 2008, Walsh y Ragupathy, 2007) y valores de H' entre 1.7 y 2.82 para agroecosistemas con diferente intensidad de manejo agronómico (Belay *et al.*, 2015). Del total de especies detectadas, 50% correspondieron al género *Glomus*, confirmando con ello la capacidad "generalista" de dicha especie. En este estudio se encontró una correlación positiva entre la abundancia de especies y el contenido de materia orgánica en el suelo ($r^2 = 0.87$), se sabe que especies como *R. intraradices* y *G. mosseae* pueden registrar aumentos de hasta seis veces en su abundancia y esporulación cuando se desarrollan

en parches ricos en materia orgánica (Quilliam *et al.*, 2010). Se encontraron pocas especies dominantes, la especie *G. heterosporum* se encontró únicamente en los sitios agrícolas AT y MT en ambas épocas de muestreo. Se ha reportado que la especie *G. heterosporum* no se caracteriza por ser generalista y se presenta en mayor proporción en ecosistemas naturales

**Figura 3.** Clúster de agrupamiento de comunidades de HMA en los sitios de estudio.

(Oehl et al., 2003), los resultados encontrados en este trabajo muestran que dicha especie no es exclusiva de sitios conservados o con bajo manejo agronómico.

CONCLUSIONES

Es claro que la simbiosis micorrízica juega un papel importante en el funcionamiento y productividad de los sistemas agrícolas, por lo tanto, su evaluación en campo es crucial para encontrar estrategias que permitan incrementar la productividad de dichos sistemas. Es importante señalar que estos resultados representan un punto en el tiempo y se desconoce la variación en la respuesta y comportamiento de las comunidades de HMA en plantaciones de papayo durante ciclos continuos. Sin embargo, este estudio pone en evidencia que existen diferencias importantes en la función y diversidad de HMA asociados dependiendo del manejo agronómico.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Dr. Sidney Luiz Stürmer investigador de la Universidad Regional de Blumenau, Brasil, por su valioso apoyo en la identificación taxonómica de las especies de hongos micorrízicos arbusculares.

LITERATURA CITADA

- An Z.Q., Hendrix J.W. 1988. Determining viability of Endogonaceae spores with a vital stain. *Mycologia* 80:259-261.
- Abd-Alla M.H., Shukry A.O., Sokol K. 2000. The impact of pesticides on arbuscular mycorrhizal and nitrogen-fixing symbioses in legumes. *Applied Soil Ecology* 14:191-200.
- Belay Z., Vestberg M., Assefa F. 2015. Diversity and abundance of arbuscular mycorrhizal fungi across different land use types in a humid low land area of Ethiopia. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 18: 47-69.
- Bever J.D. 2002. Host-specificity of AM fungal population growth rates can generate feedback on plant growth. *Plant and Soil* 244:281-290.
- Boddington C.L., Dodd J.C. 2000. The effect of agricultural practices on the development of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi. I. Field studies in an Indonesian ultisol. *Plant and Soil* 218:137-144.
- Butters J.A., Kendall S.J., Wheeler I.E., Hollomon D.W. 1995. Tubulins. Lessons from existing products that can be applied to target new antifungals. In: Dixon GK, Copping LG, Hollomon DW (eds) *Antifungal agents, discovery and mode of actions*. BIOS, Oxford, pp 173-191.
- Dhillon S.S., Gardsjord T.L. 2004. Arbuscular mycorrhizas influence plant diversity, productivity, and nutrients in boreal grasslands. *Canadian Journal of Botany* 82:104-114.
- Druille M., Omacini M., Golluscio R.A., Cabello M.N. 2013. Arbuscular mycorrhizal fungi are directly and indirectly affected by glyphosate application *Applied Soil Ecology* 72:143-149.
- Evans E., Ballen F. 2012. An Overview of Global Papaya Production, Trade, and Consumption. Food and Resource Economics Department, UF/IFAS Extension.
- Fuentes G., Santamaria J. 2014. Papaya (*Carica papaya* L.) Origin, domestication and production. In: Ming R, Moore PH (eds) *Genetics and Genomics of Papaya*. Springer Science and Business Media, New York.
- Gedermann J.W., Nicholson T.H. 1963. Spores of mycorrhizal endogene species extracted from soils by wet sieving and decanting. *Transactions of British Mycological Society* 46:235-244.
- Gianinazzi S., Gollotte A., Binet M.N., van Tuinen D., Redecker D., Wipf D. 2010. Agroecology: the key role of arbuscular mycorrhizas in ecosystem services. *Mycorrhiza* 20:519-530.
- Helgason T., A. Fitter, 2009. Natural selection and the evolutionary ecology of the arbuscular mycorrhizal fungi (Phylum Glomeromycota). *Journal of Experimental Botany* 60: 2465-2480.
- Hodge A. 2000. Microbial ecology of the arbuscular mycorrhiza. *FEMS Microbiology Ecology* 32:91-96.
- INVAM International Culture Collection of (Vesicular) Arbuscular Mycorrhizal Fungi West Virginia U. 2010.
- Khade W.S., Rodrigues B.F. 2008. Ecology of arbuscular mycorrhizal fungi associated with *Carica papaya* L. in agro-based ecosystem of Goa, India. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 8:265-278.
- Oehl F., Sieverding E., Ineichen K., Mäder P., Boller T., Wiemken A. 2003. Impact of Land Use Intensity on the Species Diversity of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Agroecosystems of Central Europe. *Applied and Environmental Microbiology* 69:2816-2824.
- Poomipan P., Suwanarit A., Suwanarit P., Nopamornbodi O., Dell B. 2011. Reintroduction of a native Glomus to a tropical Ultisol promoted grain yield in maize after fallow and restored the density of arbuscular mycorrhizal fungal spores. *Journal of Plant Nutrition* 174:257-268.
- Quilliam R.S., Hodge A., Jones D.L. 2010. Sporulation of arbuscular mycorrhizal fungi in organic-rich patches following host excision. *Applied Soil Ecology* 46:247-250.
- Rillig M.C., Mummey D.L. 2006. Mycorrhizas and soil structure. *New Phytologist* 171:41-53.
- Sangabriel-Conde W., Trejo-Aguilar D., Soto-Estrada A., Ferrera-Cerrato R., Lara-Capistrán L. 2010. Potencial de colonización de hongos micorrízico-arbusculares en suelos cultivados con papayo bajo diferentes manejos de producción. *Revista Mexicana de Micología* 31: 45-52.
- Sieverding E. 1991. Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza Management in Tropical Agrosystems. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Eschborn, Germany.
- Verbruggen E., Van Der Heijden M.G.A., Weedon J.T., Kowalchuk G.A., Rölling W.F.M. 2012. Community assembly, species richness and nestedness of arbuscular mycorrhizal fungi in agricultural soils. *Molecular Ecology* 21: 2341-2353.
- Walker C. 1997. Spore extraction by centrifugation-sugar flotation. *Biological Research and Imaging Laboratory*, Hampshire, UK.
- Walsh K.B., Ragupathy S. 2007. Mycorrhizal colonisation of three hybrid papayas (*Carica papaya*) under mulched and bare ground conditions. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 47:81-85.
- Wang G.M., Stribley D.P., Tinker P.B., Walker C. 1993. Effects of pH on Arbuscular Mycorrhiza. I. Field Observations on the Long-Term Liming Experiments at Rothamsted and Woburn. *New Phytologist*, 124:465-472.
- Yao Q., Feng G.L X., Christie P., 2001. Mobilization of sparingly soluble inorganic phosphates by the external mycelium of an arbuscular mycorrhizal fungus. *Plant and Soil*, 230:279-285.

ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN MUNDIAL, NACIONAL Y ESTATAL DE MAÍZ (*Zea mays* L.)

ANALYSIS OF GLOBAL, NATIONAL AND STATE PRODUCTION OF MAIZE (*Zea mays* L.)

Cruz-Cruz, N.V.^{1*}; Portillo-Vázquez, M.²; Pérez-Soto Francisco²; Caamal-Cauch, I.²; Martínez-Damián, M. A.²

¹LICEO Universidad Pedro de Gante (Liceo-UPG). Carretera Molino de las Flores Km, 1 s/n. Xocotlán, Texcoco, Estado de México. C.P. 56200. ²División de Ciencias Económico-Administrativas. Universidad Autónoma Chapingo. Km 38.5 Carretera México-Texcoco. Chapingo, México. C.P. 56230. México.

*Autor de correspondencia: nvianey.cruz@gmail.com

RESUMEN

A nivel mundial EEUU y China se destacan como los principales productores de maíz (*Zea mays* L.) para grano y biocombustibles. México se ubicó como el segundo importador mundial de maíz, después de Japón. En México se siembra principalmente maíz blanco, en grandes extensiones de temporal, sin embargo, en años recientes la producción de maíz amarillo ha repuntado. El maíz nacional en la modalidad de riego mostró mejoras en los rendimientos no así en la modalidad de temporal. El objetivo fue analizar la producción mundial, nacional y estatal de maíz a través de la obtención de Tasas de Crecimiento Medias Anuales (TCMA). Se recopiló información sobre los principales países productores de maíz grano del periodo 1995-2012 y de los principales productores de biocombustibles (2007-2011). Para el análisis nacional se analizó la evolución de la superficie sembrada, rendimientos y volumen de producción en 1995 a 2003 y de 2004 a 2012. Se obtuvieron precios reales de granos por medio del Índice nacional de precios al consumidor (INPC) de 1995 a 2012, y se calculó las tasas de crecimiento medias anuales (TCMA). Se recomienda implementar políticas que mejoren los sistemas de siembra de maíz además de políticas organizativas que garanticen beneficios a los productores.

Palabras clave: producción, rendimiento, precios, México.

ABSTRACT

At the global level, the US and China stand out as the principal maize (*Zea mays* L.) producers for grain and biofuel. México is the second world maize importer, after Japan. In México, mainly white maize is sown, in large rainfed extensions of land; however, in recent years yellow maize production has picked up. National maize in the irrigation modality showed improvement in the yields, although not in the rainfed modality. The objective of this study was to analyze the global, national and state production of maize by obtaining Annual Mean Growth Rates (AMGR). Information was gathered about the principal producing countries for maize grain in the period 1995-2012, and of the main biofuel producers (2007-2011). For the national analysis, the evolution of the surface sown, yields and production volumes was studied in 1995 to 2003, and 2004 to 2012. Real grain prices were obtained through the national index of consumer prices (Índice nacional de precios al consumidor, INPC) from 1995 to 2012, and the annual mean growth rates (AMGR) were calculated. It is recommended to implement policies that improve the maize sowing systems, in addition to organizational policies that guarantee benefits to the producers.

Keywords: production, yield, prices, México.

Agroproductividad: Vol. 10, Núm. 9, septiembre. 2017. pp. 95-100.

Recibido: septiembre, 2014. **Aceptado:** julio, 2017.

INTRODUCCION

El maíz (*Zea mays* L.) es parte de la dieta mexicana y el grano de mayor importancia es el de color blanco, el cual ha aumentado su volumen de producción a una TCMA de 31.9%, mucho mayor que la del grano color amarillo (TCMA de 12%) de 2000 al 2012 (SIACON, 2013c). Pese a que los dos tipos han mostrado evolución favorable, el blanco es destinado al consumo humano con demanda satisfecha, sin embargo, la demanda por el grano amarillo, que es para la industria pecuaria, no ha sido suplida y se realizan importaciones; y en algunos casos la industria pecuaria ha tenido que incluir entre su materia prima al maíz blanco, desproporcionando así al consumo nacional. Considerando que los rendimientos del maíz blanco o amarillo, son desiguales y que de 1995 al 2012 registraron aumentos solo de 3% bajo riego, y 1% para temporal (SIACON, 2013b) la tendencia a importar granos es inminente. Los estados del norte de México, son los que cuentan con los mejores rendimientos en maíz, destacando el tipo amarillo por razones comerciales, en contraste los estados del sur que registran los menores rendimientos. El Estado de México, manifiesta la situación antes descrita, porque al mismo tiempo que existen áreas de producción altamente tecnificadas, con buenos rendimientos, hay extensas zonas de temporal con incipientes sistemas de producción y bajos rendimientos. En esta entidad, el volumen de producción de maíz blanco evolucionó a una TCMA de 86% y el amarillo a una TCMA de 47%, hasta 2012, que lo ubicó como uno de los principales productores de maíz blanco por superficie sembrada (2.86 t ha^{-1}), valor muy cercano a la media nacional (2.98 t ha^{-1}), sin embargo, dicho rendimiento es dos veces menor comparado con el rendimiento de Sinaloa (9.4 t ha^{-1}) en el mismo año (SIACON, 2013g). El maíz amarillo tuvo un rendimiento que no alcanzó la media nacional de 4.3 t ha^{-1} , y registró únicamente 2.9 t ha^{-1} en 2012. Pese a lo anterior, su producción ha venido consolidándose en el Estado de México (SIACON, 2013g). A nivel nacional, el maíz grano fue el principal cultivo en 2012, con una superficie sembrada de aproximadamente 7.4 millones de hectáreas, equivalente a 47.4% del total de la superficie agrícola nacional, para cultivos y de modalidad en riego y temporal (SIACON, 2013h) En el mismo año, el Estado de México presentó 82 productos registrados, de los cuales el principal fue el maíz para grano destinando 72.3% del total de la superficie sembrada para cultivos de riego y temporal y año agrícola, equivalente a 5.5 millones de hectáreas sembradas (SIACON, 2013i). Para

mayor comprensión económica de lo que es el maíz grano, conviene hacer un análisis, mundial, nacional y estatal que permita vislumbrar el uso actual del grano en los diferentes países donde se emplea, evaluando su evolución en rendimiento y superficie a nivel nacional, así como su comportamiento en el Estado de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el análisis mundial se recopiló información sobre los principales países productores de maíz grano del periodo de 1995 a 2012 y de los principales productores de biocombustibles de 2007 a 2011. Para el análisis nacional se analizó la evolución de la superficie sembrada, los rendimientos y el volumen de producción en los periodos de 1995 a 2003, y de 2004 a 2012. Se obtuvieron los precios reales de los granos por medio del Índice nacional de precios al consumidor (INPC) de 1995 a 2012. A los datos se les calcularon las tasas de crecimiento medias anuales (TCMA), con la fórmula, adaptada de (INEGI, 2010a):

$$TCMA = [(Pf / Pi)^{1/t} - 1](100)$$

Donde Pf =Dato al final del periodo de estudio. Pi =Dato a inicio del periodo de estudio. t =la magnitud de dicho periodo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A nivel internacional el maíz para grano ha cobrado importancia; de 1995 al 2003 Estados Unidos de América fue el principal productor de maíz con 235.6 millones de t (47.7%) del total producido a nivel mundial. Para ese periodo el volumen de maíz creció a una TCMA de 3.5%; China se ubicó como el segundo productor a nivel mundial con 118.0 millones de t (21.5%) del total mundial, además su TCMA fue de 0.4%. Brasil generó 32.1 millones de t con su TCMA de 3.2%, registrándose como la más activa de los países de América Latina. México aportó 16.8 millones de t, y generó 3.8% a nivel mundial. Otros países que de igual manera fueron sobresalientes en la producción, sin embargo, no superan el 3% a nivel mundial, fueron Francia, Argentina, India, Italia, Indonesia y Romania (FAO, 2013a).

De 2004 a 2012, Estados Unidos de América se mantuvo como el principal productor de maíz con un promedio de 302.7 millones de toneladas producidas (37.5% del total mundial), a pesar de que en este ciclo su producción promedio fue mayor, mostró una TCMA negativa de -1.0 %. Para este mismo ciclo China ocupó el segundo

lugar con 164.6 millones de t promedio (20.4% del total mundial) y registró una TCMA de 5.3%. En tercer lugar se mantuvo Brasil con 51.5 millones (6.4%) del total mundial y una TCMA de 6.1%. México obtuvo 21.5 millones de toneladas (2.7% del total mundial) y una TCMA de 0.2%. de los países productores más importantes de maíz (FAO, 2013a).

A nivel mundial Estados Unidos ocupó el primer lugar como productor de biocombustibles (2007-2011), presentando una TCMA de 16.3%, siendo la más activa de la lista de los principales países, le siguió Brasil en América Latina con una TCMA de 2.1%. Alemania se ubicó como el principal país productor en Europa (TCMA de 0.5%), Francia registró una TCMA de 12.9%, y China una TCMA de 8.8%. A nivel mundial creció a una TCMA de 11.5 % la producción total de biocombustibles (EIA, 2013) (Cuadro 1).

En México la superficie sembrada por Ha de maíz grano riego, del periodo de 1995-2012 mostró una ligera baja con una TCMA negativa -0.8% ; el periodo de 1995-2003 fue el periodo que registró mayor disminución de superficie sembrada con una TCMA negativa de -2.9% , para los años 2004-2012 disminuyó la superficie sembrada con una TCMA negativa de -0.5% (SIACON, 2013a). Para el caso de la superficie sembrada de maíz grano en temporal, en el periodo de 1995-2012, el nivel decreció más que el maíz grano de riego con una TCMA negativa de -1.2% . Así mismo, de 1995 a 2003 disminuyó en una TCMA -0.9% y de 2004 a 2012 fue TCMA de -1.2% (SIACON, 2013a) (Figura 1).

En décadas recientes se han hecho grandes avances tecnológicos en diversas áreas de la ciencia y no en menor medida en la agricultura, especifi-

camente en el caso del maíz. A nivel nacional las nuevas tecnologías aplicadas a este cultivo ha mostrado resultados en cuanto a las toneladas obtenidas por superficie principalmente bajo riego con una TCMA total del periodo de 3.0%, pues en 1995 registró un rendimiento de 4.401 t ha^{-1} y en 2012 de 7.51 t ha^{-1} . De 1995 a 2003 se registraron aumentos importantes en el rendimiento con una TCMA de 3.9% y de 2004 a 2012 los aumentos fueron más estables con una TCMA de 1.3%. Para maíz grano en condiciones de temporal, el rendimiento registró mejoras en el periodo 1995-2012 con una TCMA de 1.1%, aunque igualmente que el maíz de riego, registró mayores incrementos de 1995 a 2003 con una TCMA de 2.0% que de 2004 a 2012 con una TCMA de 0.9%. A finales de los años noventa, México firma un tratado comercial muy importante con sus vecinos del norte, el TLCAN, mismo que contribuyó, entre otras cosas, al intercambio de nuevas tecnologías aplicadas positivamente a la agricultura (SIACON, 2013b) (Figura 2).

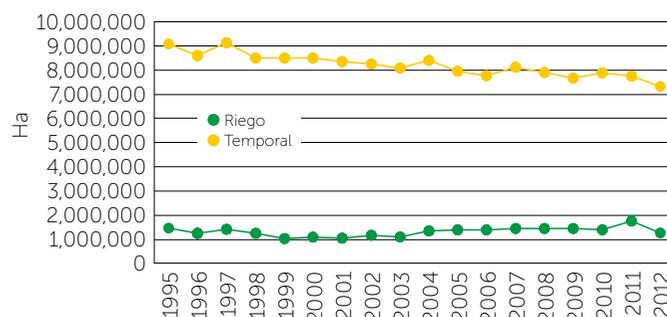


Figura 1. Superficie sembrada nacional de maíz grano (Año agrícola) 1995-2012. Fuente: Elaboración propia con base de datos de SIACON 2013.

El volumen de producción de maíz grano a nivel nacional ha tenido cambios considerables en su proporción, mientras que en 1995 a 1999 no se registraron datos de volumen de producción de maíz grano amarillo, excepto en 1996, la producción de este tipo, ha aumentado

considerablemente a una TCMA de 17%, pasando de 228,289.50 toneladas producidas en el año 2000, a 1,765,571.02 t en 2012. El maíz blanco es el grano preferido de los consumidores mexicanos; aunque no se cuentan con registros antes del año 2000, se observó una TCMA de 46.8% con mayor proporción que el grano amarillo para el mismo periodo. Existe la categoría de maíz grano sin clasificar (a partir de 2006 esta categoría se clasifica en maíz pozolero, maíz de color, etcétera, y no se encuentran en la gráfica por el ciclo de investigación elegido.1995-2012.) y es el que tradicionalmente se producía en el país y si cuenta con registros desde 1980. En 1995 y hasta 2005 se mantuvo con una TCMA negativa de -62% pasando de 18,352,856 t, a 437.5 t, en el último año. Para el siguiente periodo esta categoría toma clasificación, lo que no significa que se haya dejado de producir (SIACON, 2013c) (Figura 3).

El análisis de precios reales del grano en la modalidad de temporal mostró una TCMA total negativa de -1% de 1995 a 2012, pero acentuándose más en 1995-2003 con una TCMA de -7.3%. Para el periodo de 2004 a 2012 la TCMA real se recuperó a 5.8%. El precio real en la modalidad de riego mostró una TCMA total de 1995 a 2012 de 0.3%,

sin embargo, de 1995 a 2003 tuvo una TCMA negativa de -5.9% y de 2004 a 2012 una TCMA de 6.8%. En cuanto al precio de mercado y el precio real, resultó beneficiado ligeramente el grano de temporal mostrando los precios más altos (SIACON, 2013d) e (INEGI, 2013b) (Cuadro 2).

El maíz grano amarillo cuenta con registros a partir de 2004 y mostró una TCMA de 46.9% hasta 2012. En el caso del grano blanco se ha registrado un crecimiento más dinámico con una TCMA de 86.6% (tipo preferido por consumidores mexicanos). El maíz de color mostró una TCMA más dinámica que el maíz de color

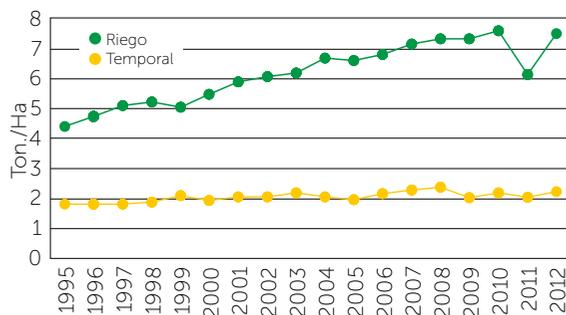


Figura 2. Rendimiento nacional de maíz grano t ha⁻¹ 1995-2012. Fuente: Elaboración propia con base de datos de SIACON 2013.

amarillo con 47.7%, y el maíz pozolero obtuvo una TCMA negativa de -3.4% (SIACON, 2013e) (Cuadro 3).

En volumen de producción de maíz amarillo pasó de 670 t, en 2004 a 21,462.10 t en 2012, a pesar de que un año antes tuvo un declive importante, mostró crecimiento constante con una TCMA de 47%.

El volumen obtenido de grano blanco es el más dinámico de todos los tipos con un TCMA de 85.9% de 2001 a 2012. El grano de color alcanzó una TCMA de 43.7% y el pozolero una TCMA negativa de -0.4%, ambos de 2004 a 2012 (SIACON, 2013f) (Cuadro 4).

En cuanto a la evolución del rendimiento del maíz grano, el más dinámico ha sido el pozolero pasando de 3.5 t ha⁻¹ en 2004 a 4.6 t ha⁻¹ en 2012 con una TCMA de 3.1%. El grano que ha mostrado baja en su rendimiento es el de color que en 2004 obtuvo un rendimiento de 3.0 t ha⁻¹, y en 2012, hasta 2.3 t ha⁻¹ y una TCMA de -2.7%.

Referente a los granos amarillo y blanco, registraron aumento marginal en su rendimiento con una TCMA de 0.1% (SIACON, 2013g) (Cuadro 5).

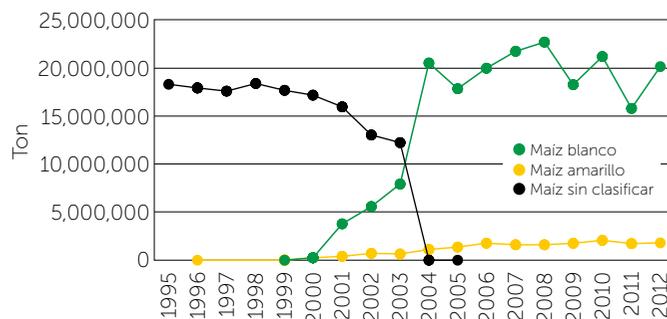


Figura 3. Volumen de producción de maíz grano de riego y temporal (Año agrícola) de 1995-2012. Fuente: Elaboración propia con base de datos de SIACON 2013.

CONCLUSIONES

México muestra una tendencia a permanecer como uno de los principales países productores de maíz con destino principal al consumo humano, la industria pecuaria y la de almidones.

Otros países como Estados Unidos, China y Brasil también figuran como principales productores; sin embargo, estos destinan su producción a la fabricación de biocombustibles, o bien, parte de sus excedentes los destinan a la exportación. A nivel nacional la superficie sembrada de maíz de temporal ha mostrado una tendencia a la baja ya que las mejoras tecnológicas, calidad de semilla como en las técnicas de siembra y paquetes tecnológicos, han mostrado mejores resultados en la modalidad de riego con rendimientos crecientes, no así

en la siembra de temporal donde han tenido aumentos marginales. En México impera la producción de maíz blanco para autoconsumo, sin embargo, la producción de maíz amarillo con fines comerciales ha aumentado. Los precios del grano nominal y real, en sus diferentes tipos, muestran tendencia creciente. En el Estado de México se siembra principalmente maíz blanco y maíz grano de color por ser los preferidos de los consumidores, aunque en la última década ha incluido entre su producción al grano amarillo, esto se ha reflejado en el volumen de producción. El rendimiento de maíz en el Estado de México en la última década ha tenido crecimientos marginales, no así a nivel nacional.

Cuadro 2. Precios reales de maíz (*Zea mays* L.) de grano (riego y temporal) para México, periodo 1995-2012.

Año	Riego (\$/t)	Temporal (\$/t)	INPC	Factor	Precio real riego (\$/t)*	Precio real temporal (\$/t)*
1995	923.8	1,178.89	25.79	26.39	3500.02	4466.49
1996	1,494.87	1,406.67	34.66	35.47	4214.70	3966.03
1997	1,383.64	1,334.47	41.80	42.78	3234.05	3119.12
1998	1,383.52	1,477.14	48.46	49.60	2789.46	2978.21
1999	1,397.91	1,477.14	56.50	57.82	2417.51	2554.53
2000	1,483.99	1,519.32	61.86	63.31	2343.90	2399.70
2001	1,319.04	1,510.72	65.80	67.34	1958.65	2243.27
2002	1,357.28	1,583.16	69.11	70.73	1918.90	2238.24
2003	1,499.38	1,674.25	72.26	73.95	2027.60	2264.08
2004	1,586.37	1,737.28	75.64	77.42	2049.16	2244.10
2005	1,402.84	1,730.56	78.66	80.50	1742.60	2149.69
2006	1,720.53	2,218.08	81.52	83.42	2062.38	2658.78
2007	2,318.18	2,537.04	84.75	86.73	2672.75	2925.08
2008	2,785.15	2,840.87	89.09	91.18	3054.59	3115.70
2009	2,661.91	2,946.37	93.81	96.01	2772.56	3068.84
2010	2,555.07	3,035.51	97.71	100.00	2555.07	3035.51
2011	4,032.11	4,112.93	101.04	103.41	3899.25	3977.40
2012	3,994.04	4,021.09	105.20	107.66	3709.90	3735.03

Fuente: Elaboración propia con datos de SIACON e INEGI 2013.

* Se obtuvieron considerando el año 2010 como año base.

LITERATURA CITADA

EIA (Energy Information Administration).

2013. Total Biofuels Production.

En línea. Fecha de consulta: Noviembre 2013.

<http://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/IEDIndex3.cfm?tid=79&pid=79&aid=1>

FAO (Food and Agriculture Organization). 2013a.

Principales países productores de maíz (toneladas). En línea. Fecha de consulta: Octubre 2013. <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>

FAO (Food and Agriculture Organization). 2013b.

Principales países importadores de maíz 2011. En línea. Fecha de consulta: Octubre 2013. <http://faostat.fao.org/site/342/default.aspx>

FAO (Food and Agriculture Organization). 2013c.

Principales países exportadores de maíz 2011. En línea. Fecha de consulta: Octubre 2013. <http://faostat.fao.org/site/342/default.aspx>

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía).

2010a. XII Censo de Población y Vivienda 2010. En línea. Fecha de consulta: Mayo 2014. <https://www.coveg.gob.mx/seiisv/modulos/secciones/indicadores/indicadores/Indicador%204.pdf>

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía).

2013b. Sistema de Cuentas Nacionales de México. En línea. Fecha de consulta: septiembre 2013. <http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/>

SIACON (Sistema de Información Agrícola y de Consulta). 2013a.

Cuadro 3. Superficie sembrada (ha) de maíz grano (*Zea mays* L.) en el Estado de México.

Año	Maíz grano (amarillo)	Maíz grano (blanco)	Maíz grano de color	Maíz grano pozolero
2001		298		
2002		41,059		
2003		80,470		
2004	230	545,119.35	445	4,995
2005	5,257.25	523,494.45	6,906.50	5,950
2006	4,969	560,125	8,846	5,678.80
2007	5,495.50	567,179.20	6,399.20	2,580
2008	4,001.40	543,293.80	9,885.50	2,740
2009	6,208.40	542,786.21	14,731.50	2,711
2010	8,645	545,412.39	5,728	2,711
2011	4,130	477,303.30	6,629.30	3,450
2012	7,306.50	530,499.82	14,869	3,650
TCMA TOTAL	46.9	86.6	47.7	-3.4

Fuente: Elaboración propia con base de datos de SIACON 2013.

Superficie sembrada nacional de maíz 1995-2012. Versión electrónica.

SIACON (Sistema de Información Agrícola y de Consulta). 2013b. Rendimiento nacional de maíz 1995-2012. Versión electrónica.

Cuadro 4. Volumen de producción (t) de maíz grano (*Zea mays* L.) en Estado de México.

Año	Maíz grano	Maíz blanco	Maíz de color	Maíz pozolero
2001		880.2		
2002		99,576.40		
2003		238,306.27		
2004	670	1,564,187.25	1,319	17,482.50
2005	10,867.12	1,166,299.10	16,769.79	17,500
2006	12,289.85	1,740,506.23	23,264.17	25,270.66
2007	17,041.42	1,953,190.52	20,609.19	11,860
2008	11,566.27	1,846,761.52	28,620.49	15,070.30
2009	10,668.59	1,271,110.57	26,222.64	8,200
2010	21,916.87	1,505,440.65	12,699.30	9,488.50
2011	4,460.34	633,439.41	6,898.94	4,380
2012	21,462.10	1,502,568.73	34,446.40	16,823.25
TCMA TOTAL	47.0	85.9	43.7	-0.4

Fuente: Elaboración propia con base de datos de SIACON 2013.

**Cuadro 5.** Rendimiento ($t\ ha^{-1}$) de maíz grano (*Zea mays* L.) en Estado de México.

Año	Maíz amarillo	Maíz blanco	Maíz de color	Maíz pozolero
2001		3.0		
2002		2.7		
2003		3.0		
2004	2.9	2.9	3.0	3.5
2005	2.3	2.5	2.6	2.9
2006	2.5	3.1	2.6	4.5
2007	3.2	3.5	3.3	4.6
2008	2.9	3.4	2.9	5.5
2009	2.6	2.4	2.1	3.0
2010	2.6	2.8	2.8	3.5
2011	1.7	2.0	1.8	2
2012	2.9	3.0	2.3	4.6
TCMA TOTAL	0.1	0.1	-2.7	3.1

Fuente: Elaboración propia con base de datos de SIACON 2013.

SIACON (Sistema de Información Agrícola y de Consulta). 2013c. Volumen de producción nacional de maíz 1995-2012. Versión electrónica.

SIACON (Sistema de Información Agrícola y de Consulta). 2013d. Precios de maíz grano nacional 1995-2012. Versión electrónica.

SIACON (Sistema de Información Agrícola y de Consulta). 2013e. Superficie sembrada de maíz en el Estado de México 2001-2012. Versión electrónica.

SIACON (Sistema de Información Agrícola y de Consulta). 2013f. Volumen de producción de maíz grano en el Estado de México 2001-2012. Versión electrónica.

SIACON (Sistema de Información Agrícola y de Consulta). 2013g. Rendimiento de maíz grano en el Estado de México 2001-2012. Versión electrónica.

SIACON (Sistema de Información Agrícola y de Consulta). 2013h. Resumen nacional superficie sembrada 2012. Versión electrónica.

SIACON (Sistema de Información Agrícola y de Consulta). 2013i. Superficie sembrada todos los productos agrícolas 2012. Versión electrónica.

ANÁLISIS COMPETITIVO DE LOS CULTIVOS DE PIÑA (*Annanas comosus* L.), MAÍZ (*Zea mays* L.) Y FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.) EN LA FRAILESCA, CHIAPAS, MÉXICO

COMPETITIVE ANALYSIS OF PINEAPPLE CROPS (*Annanas comosus* L.), MAIZE (*Zea mays* L.) AND BEAN (*Phaseolus vulgaris* L.) CROPS IN LA FRAILESCA, CHIAPAS, MÉXICO

Salinas-Cruz, E.^{1*}; Espinosa-Paz, N.¹; Martínez-Sánchez, J.¹; Cadena-Iñiguez, P.¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo experimental Centro de Chiapas. Km. 3.0 carretera internacional Ocozocoautla Cintalapa, Ocozocoautla de Espinosa, Chis. C. P. 29140.

*Autor de correspondencia: salinas.eileen@inifap.gob.mx

RESUMEN

Como alternativa para algunas zonas de la Frailesca en Chiapas, México, donde se cultiva maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) de baja rentabilidad atribuido a suelos con pH ácido (5.6-6.3) y textura areno arcillosa; se transfirió el cultivo de piña MD-2, mediante un módulo de una hectárea, aplicando un desarrollo tecnológico adecuado a productores de bajos recursos económicos para mejorar su nivel de ingreso, y mejorar su vinculación con el mercado. A través del análisis de la rentabilidad de los cultivos maíz, frijol y piña, se realizó un acercamiento previo a la relación beneficio-coste; resultando que el cultivo de la piña fue el más rentable con \$2.67 pesos. Posteriormente, se analizó la competitividad de cada cultivo utilizando la matriz de Análisis de Políticas (MAP) (Monkey y Pearson, 1989); calculando los indicadores de competitividad (RCP), compuesto del valor agregado y el consumo intermedio. La piña presentó un índice de competitividad de 0.13, equivalente a que 13% del valor agregado es destinado por el productor al pago de labores manuales, mecanizadas y tierra, y 87% significó la ganancia neta; a diferencia de los cultivos de frijol y maíz, tuvieron índices de competitividad de 0.64 y 0.53, respectivamente, que si bien, de acuerdo a este indicador tienen participación en el mercado, son en menor escala. Por tanto, el cultivo de piña representa la mejor alternativa económica para el productor de la Frailesca.

Palabras clave: rentabilidad, cultivos de subsistencia, relación costo beneficio.

ABSTRACT

As an alternative for some zones of the La Frailesca region in Chiapas, México, where maize (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) are cultivated, of low profitability attributed to soils with acid pH (5.6-6.3) and clay sand texture, the MD-2 pineapple crop was transferred through a one-hectare module, applying adequate technological development to producers of low economic resources to improve their level of income, and improve their connection to the market. Through the profitability analysis of maize, bean and pineapple crops, a prior approximation to the benefit-cost relationship was carried out; results show that the pineapple



Agroproductividad: Vol. 10, Núm. 9, septiembre. 2017, pp: 101-105.

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

crop was the most profitable with \$2.67 pesos. Then, the competitiveness of each crop was analyzed using the Policy Analysis Matrix (PAM) (Monkey and Pearson, 1989); calculating the indicators of competitiveness (RCP), made up by the added value and the intermediate consumption. Pineapple showed an index of competitiveness of 0.13, equivalent to 13 % of the added value, destined by the producer to paying manual and mechanized labor, and land, and 87 % meant the net earnings; compared to the bean and maize crops, they had competitiveness indexes of 0.64 and 0.53, respectively, which means that even if they have market participation according to this indicator, it is at a lower scale. Therefore, the cultivation of pineapple represents the best economic alternative for producers in La Frailesca.

Keywords: profitability, subsistence crops, cost-benefit relationship.

INTRODUCCIÓN

La región Frailesca está ubicada en la parte central del estado de Chiapas, México. La conforman los municipios de Villa Flores, Villa Corzo, La Concordia, Angel Albino Corzo, Monte Cristo de Guerrero y Parral. Los cultivos anuales más importante son el maíz (*Zea mays* L.) y el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). En 2016 sembraron 2,191 hectáreas de maíz y 195 de frijol, con rendimientos promedio de 3.6 y 0.8 t ha⁻¹, respectivamente (SIAP, 2016). En esta región, se ha manifestado el problema de acidez de los suelos y, a la fecha, no se tiene cuantificada la superficie. Con los bajos rendimientos de los cultivos básicos, es necesario, desarrollar estrategias que permitan permanecer en el mercado, mediante la ampliación de campos de acción que aseguren el cumplimiento de los objetivos de la rentabilidad, tal como lo manifiestan Chavarría y Sepúlveda (2001). En México la producción total piña (*Annanas comosus* L.) es de 840,486 t; Veracruz es el primer estado productor (552,396 t), le sigue Oaxaca con 112,573 t, y en tercer lugar Tabasco con 8% de la producción que obtiene Veracruz (SIAP, 2015); El estado de Chiapas ocupa el octavo lugar con una producción total de 6,946 t año⁻¹. Los municipios con producción de piña en Chiapas son las Margaritas (170 ha), Maravilla Tenejapa (116 ha), Frontera Hidalgo (40 ha) y Mazatán (15 ha) (Espinosa et al., 2011); y dentro de los estudios reali-

zados en Chiapas referentes al cultivo de piña, destaca los de Espinosa et al. (2011 y 2014), donde hace referencia al cultivo de piña criolla en Ocozocoautla, a través de una caracterización social y técnica y recomendaciones para su cultivo. En estudios recientes, se concluye que el cultivo de piña MD-2 es técnica y económicamente viable en la Región de la Frailesca, Chiapas, en suelos con problemas de acidez, textura franca arenosa y con posibilidades de agua para riego (Espinosa et al., 2016). Sin embargo, es necesario el estudio de "competitividad". Con esta perspectiva, durante los años 2014 y 2015 se estudió en principio la adaptabilidad del híbrido de piña MD-2 en la región de la Frailesca en suelos ácidos (pH=5.6) y suelo de textura franco arenoso (Espinosa et al., 2016) y, posteriormente se hizo el análisis de competitividad con los cultivos de maíz y frijol bajo condiciones de temporal (secano).

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología establecida en este estudio fue la sugerida por Monke y Pearson (1989), la cual hace referencia a la construcción de matrices referenciadas entre sí, para que en base a la contabilidad de los ingresos por venta de productos y los costos por compra de insumos y factores de la producción (Lara et al., 2003), los cuales calculados a precios que se registran en el mercado (privados) y a precios de eficiencia (sociales y económicos) (Magdaleno et al., 2015), se cuantifican los resultados monetarios de una actividad productiva y los desagrega para determinar la rentabilidad desde el punto de vista del productor y del uso eficiente de los recursos productivos del país (Leos et al., 2010). El indicador de competitividad fue medido a través de la relación de costo privado (RCP), utilizado para comparar sistemas que generan diferentes productos. Es la relación de costos de los factores domésticos al valor agregado en precios privados (Martínez et al., 2015). A partir de los resultados, un beneficio social positivo indica que el país usa sus recursos eficientemente y tiene una ventaja comparativa, un valor negativo indica un costo mayor de la producción interna frente a las importaciones, por lo que este sistema de producción no subsistirá sin transferencia del gobierno (Barrera et al., 2011), con estos análisis los tomadores de decisiones pueden simular que efectos tendría una política o los instrumentos al aplicarla bajo determinados escenarios. El objetivo de esta metodología es determinar la competitividad y la mide a través de la relación de competitividad (RCP) (Escobar et al., 1999); para ello, se determina el coeficiente del costo de los factores (C) y el valor agregado a precios privados:

$$RCP=C/(A-B) \quad (\text{ecuación 1})$$

Donde:

RCP =Relación del costo privado;

C =Costo de los factores domésticos;

$A-B$ =Valor agregado valuado a precios privados.

RCP tomara valores entre 0 y 1

$0 > RCP < 1$ Si el valor es más cercano a 0 significa que es más competitivo, si tiende a uno significara lo contrario.

El valor agregado (VA) (Rodríguez y Zamarripa, 2013), es la diferencia entre el precio de una unidad de producto menos el valor de los insumos comerciables, dada por la siguiente expresión:

$$VA = p_i x_i - \sum_{k=1}^n p_k Y_k \quad (\text{ecuación 2})$$

Donde:

VA =Valor agregado

x_i =Cantidad producida en toneladas por hectárea

Y_k =Cantidad de insumos comerciables aplicados por hectárea

p_i =Precio del producto a que vendió el productor

p_k =Precio de los insumos comerciables que compró el productor

El costo de los factores internos (CFI), expresa la parte de los costos que se refieren al pago de los factores que no tienen un mercado externo definido o que no se pueden exportar ni importar tan fácilmente como la mano de obra y la tierra; dado por la siguiente expresión:

$$CFI = \sum_{r=1}^n p_r z_r \quad (\text{ecuación 3})$$

Donde:

CFI =Costos de los Factores Internos

z_r =Cantidad de factores internos aplicados por hectárea

p_r =Precio de los factores internos que utilizó el productor

El análisis se realizó en un ciclo de producción, en la región denominada la Frailesca, Chiapas, México. Se estimaron los principales indicadores, con base en la Matriz Insumo Producto; para los cultivos anuales, mientras que, para la piña, se analizó en forma bianual. Se calculó la relación beneficio-costo por cultivo, y posteriormente se calcularon los indicadores de rentabilidad y competitividad, a precios de mercado. Para el cálculo de la matriz de análisis de políticas en los cultivos analizados dentro de este estudio, se consideraron los datos recabados en campo de los paquetes tecnológicos tanto de piña,

como de frijol y maíz, y estructurar las diferentes matrices que conforman la MAP. De la información recopilada se tomaron los insumos y factores de producción para establecer la matriz de insumos, posteriormente los costos generados se establecieron a precios de mercado; para realizar el cálculo del presupuesto, finalizando con el cálculo de los indicadores.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de costos se basa en la estructura de los mismos, se dividen en insumos comerciables y factores internos de producción. Los insumos comerciales son todos aquellos bienes que se pueden importar y exportar (Rodríguez-Zamarripa, 2013), para los cultivos analizados se cuenta con semillas, fertilizantes, herbicidas, fungicidas y otros insumos en el caso de piña. De acuerdo al Cuadro 1; en el frijol representan 35.9% de estos insumos, mientras que para maíz es el 42%, donde ambos cultivos tuvieron sus costos más altos en la compra de fertilizantes; para el cultivo de la piña los insumos comerciales representan alrededor del 73% de los costos totales que, a diferencia de los otros cultivos, es en la compra de hijuelos para la siembra, con 44.4% del total.

Los factores internos son los bienes que no se pueden importar ni exportar, y están representados por las labores manuales, mecanizadas, tierra y servicios contratados (riego, agua, etcétera); donde la suma total con los insumos comerciales, representan el 100% de la estructura total de costos. Para frijol y maíz, los porcentajes fueron de 64% y 59% respectivamente, las labores manuales fueron el mayor porcentaje; por otra parte, el

Cuadro 1. Estructura de costos (%) de los cultivos de piña, maíz y frijol.

Conceptos (%)	Frijol	Maíz	Piña
insumos comerciables	35.9	41.0	72.8
semillas	10.9	10.4	44.4
fertilizantes	20.1	24.3	10.0
herbicidas	1.6	4.1	2.2
insecticidas	3.3	2.3	1.4
fungicidas	0.0	0.0	1.4
otros insumos	0.0	0.0	13.3
factores internos	64.1	59.0	25.8
labores manuales	31.5	26.7	10.8
labores mecanizadas	13.0	12.9	12.5
tierra	16.3	11.4	1.1
servicios contratados	3.3	7.8	1.4
costo total	100.0	100.0	98.6

cultivo de la piña en sus factores internos, representaron el 26%, y fueron las labores mecanizadas las que tuvieron el mayor porcentaje.

Análisis de rentabilidad

Los resultados se presentan en el Cuadro 2; donde la relación beneficio-costo para la piña es de 2.67, lo que indica que es el cultivo más rentable, referente al maíz y frijol, ya que, por cada peso invertido, se recupera 1.67 pesos. Mientras que los otros dos cultivos presentan este indicador entre 1.30 y 1.40, con un mínimo de recuperación, es decir, que no tienen pérdidas, recuperándose la inversión y una ganancia menor (Franco, et al., 2014; Retes et al., 2015; Terrones et al., 2011), indican que, de acuerdo a la metodología de evaluación de proyectos, podría considerarse adecuados seguir invirtiendo en este tipo de cultivos; sin embargo a cualquier cambio de precios en el producto final o aumento en los costos; podría representar pérdidas si se realizara un análisis de sensibilidad.

Valor agregado y consumo intermedio

La Figura 1, muestra los niveles de los indicadores valor agregado y consumo intermedio de los tres cultivos evaluados. Los cultivos de piña y frijol presentaron el valor agregado más alto, indicando que dentro de los cultivos estudiados son los que generaron mayor derrama económica por hectárea en la región. Para el frijol este valor alcanzó \$8,700 MXN, mientras que para la piña el valor total fue de \$270,500 MXN. Sin embargo, aunque ambos cultivos presentaron un porcentaje igual sobre el valor agregado; es el cultivo

de piña el que en términos monetarios presenta el mayor valor agregado; lo cual representa para este análisis la mayor derrama económica en la región.

El consumo intermedio entendido como la parte del ingreso que sale de la región y se va a otros sectores de la economía; siendo conveniente para los productores que se presente un consumo intermedio bajo (Rodríguez y Zamarripa, 2013); presentó valores de entre 27% a 30% en todas las alternativas, indicando el uso de los insumos para la producción agrícola de la región. Dado los resultados anteriores, la producción de frijol y maíz, se considerarían con cierta vinculación al mercado, principalmente por ser una zona de producción importante dentro del estado; aunque con una derrama económica pequeña. Mientras que la piña, de acuerdo a los resultados, tendería a mayor vinculación al mercado aunado a una derrama económica considerable dentro de la región.

Competitividad

La competitividad es medida por la relación de Costo Privado (RCP), el cual representa valores entre cero y la unidad; de los cultivos

analizados. La Figura 2, muestra que el frijol es el que presenta el indicador menos competitivo (0.64), lo que sugiere que el productor destinó 64% del valor agregado generado en su producción al pago de sus factores internos (mano de obra y tierra), y solo 36% significó derrama económica en la región a través de su ganancia neta. El maíz, también fue competitivo en 0.53, donde el productor de maíz tuvo que destinar la mitad de su valor agregado; entendido como la diferencia ente el precio de una unidad de producto, menos el valor de los insumos comerciales que se requieren para producir dicha unidad (Rodríguez y Zamarripa, 2011); al pago de los factores internos y la otra mitad, significó ganancia neta. La piña fue el cultivo con mayor competitividad, ya que presenta el 0.13, lo que significa que el 13% del valor agregado, el productor lo destina al pago de sus factores internos y 77%

Cuadro 2. Análisis de rentabilidad de los cultivos frijol, maíz y piña.

Cultivo	Ingreso total	Costo total	Ganancia neta	Relación b/c
Frijol	12000	9200	2800	1.30
Maíz	18000	13131.8	4868	1.37
Piña	372000	139500	232500	2.67

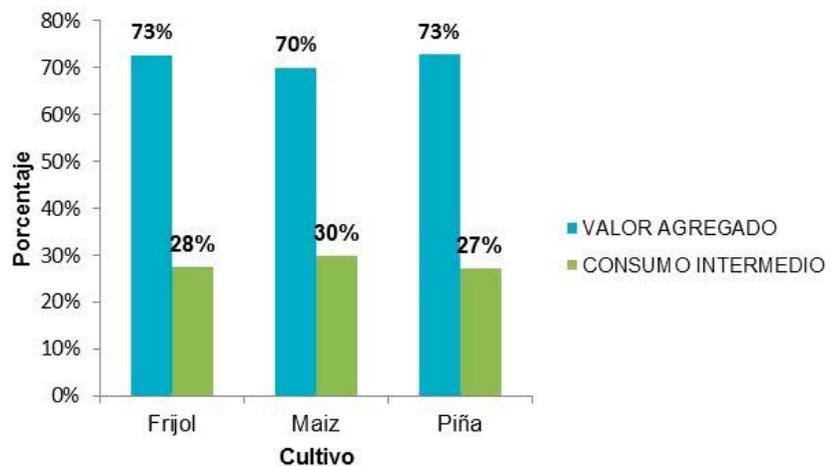


Figura 1. Valor agregado y consumo intermedio de los cultivos de frijol, maíz y piña.

significo ganancia neta. Por lo tanto, este cultivo es el más competitivo dentro de la región y una alternativa para la reconversión productiva de productores de frijol y maíz de la Frailesca; debido a que presentan un RCP favorable, con valores mayores a cero, pero menos a uno.

CONCLUSIONES

De los cultivos analizados dentro de la MAP; el cultivo de piña resulto ser el cultivo más rentable, con ganancias netas de \$232,500 pesos MXN, una relación beneficio costo de 2.67 y competitividad de 0.13, mientras que, para los cultivos de maíz y frijol, el estudio mostró ser menos rentables, por lo que estos sistemas tendrían que mejorarse en cuanto a productividad para que puedan generar mejores indicadores y ser atractivos para los productores locales. La relación de costo privado como indicador de competitividad en los cultivos de frijol y maíz, indica una tendencia a menor competitividad ante un cambio en los precios, ya sea de los insumos o del producto final; mientras que para la piña este mismo, indica una vinculación mayor. Por lo que, para ser rentables, el precio del producto final tendría que ser siempre al alza para poder mantenerlos o hacerlos rentables.

LITERATURA CITADA

- Barrera-Rodríguez A., Jaramillo-Villanueva J.L., Escobedo-Garrido J.S., Herrera-Cabrera B.E. 2011. Rentabilidad y competitividad de los sistemas de producción de vainilla (*vainilla planifolia* J.) en la región del Totonacapan, México. *Revista Agrociencia*. 45 (5): 625-628.
- Bobadilla-Soto E.E., Espinoza-Ortega A., Martínez-Castañeda F.E. 2013. Competitividad y rentabilidad en granjas porcinas productores de lechón. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*. 4 (1): 87-92.
- Chavarría H., Sepúlveda S. 2001. Factores no económicos de la competitividad. Cuaderno Técnico No.18. Competitividad de la Agricultura: Cadenas Agroalimentarias y el Impacto del Factor Localización Espacial. IICA, San José.
- Escobar-Cruz G., Godínez L. 1999. "Evaluación de políticas de competitividad internacional de la producción de jugo concentrado de naranja en el Edo. de S. L. P". Tesis de licenciatura en economía Agrícola. Chapingo, México.
- Espinosa-Paz N., Cadena-Iñiguez P., De la Cruz-Morales F.R., Fernández-González I., Sánchez-Grajales G. 2011. Caracterización social y técnica del cultivo de la piña Criolla. *Revista Agro productividad*. 1 (1): 3-11.
- Espinosa P.N., Pérez S.M. 2014. Recomendaciones para cultivar la Piña criolla en Ocozocoautla, Chiapas. Desplegable para productores No. 17, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias; Centro de Investigación Regional del Pacífico Sur. Campo Experimental Centro de Chiapas.
- Franco-Malvaiz A.L., Bobadilla-Soto E.E., Rebollar-Rebollar S. 2014. Viabilidad Económica y financiera de una microempresa de

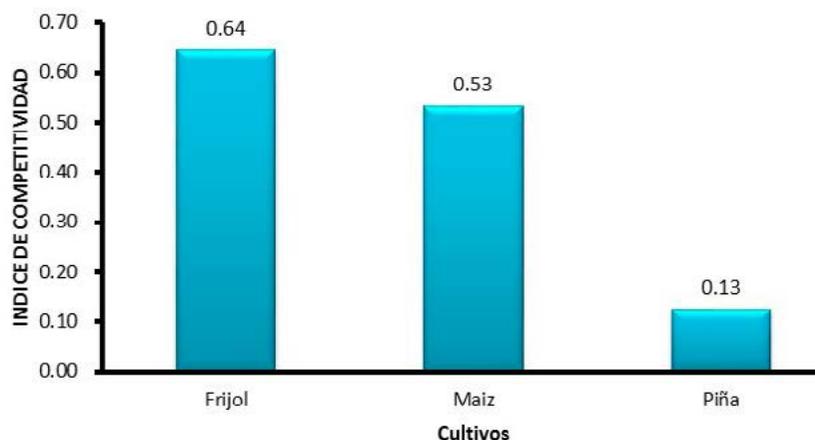


Figura 2. Índice de competitividad de los cultivos frijol, maíz y piña.

miel de Aguamiel en Michoacán, México. *Revista Mexicana de Agronegocios* 18 (35): 957-968.

- Magdaleno-Hernández A., García-Salazar J.A., Omaña-Silvestre J.M., Hernández-Romero O., Cruz-Galindo B. 2015. Análisis competitivo de sistemas de producción de naranja (*citrus sinensis*) en Nuevo León, México. *Revista de Agroproductividad*. 8 (2): 52-59.
- Martínez-Medina I., Val-Arreola D., Tzintzun-Rascón R., Conejo-Nava J.J., Tena-Martínez M.J. 2015. Competitividad privada, costos de producción y análisis del punto de equilibrio de unidades representativas de producción porcina. *Revista Mexicana de ciencias pecuarias*. 6 (2): 193-205.
- Monke E.A., Pearson S., 1989. *The Policy Analysis Matrix for Agricultural Development*. Outreach Program, pp. 196. Disponible en: <http://web.stanford.edu/group/FRI/indonesia/documents/pambook/pambook.pdf>
- Lara-Covarrubias D., Mora-Flores J.S., Martínez-Damián M.A., García-Delgado G., Omaña-Silvestre J.M., Gallegos-Sánchez J. 2003. Competitividad y ventajas comparativas de los sistemas de producción de leche en el estado de Jalisco, México. *Revista de Agrociencia*, 37 (1): 85-94.
- Leos-Rodríguez J.A., Vázquez-Elorza A., Salas-González J.M., Covarrubias-Gutiérrez I., Villaseñor-Mir H.E. 2010. Análisis de la competitividad y eficiencia de la producción de trigo panificable en México. *Revista Mexicana de Economía Agrícola y de los Recursos Naturales*. 3 (2): 29-48.
- Retes-López R., Moreno-Medina S., Denogean-Ballesteros F.G., Martín-Rivera M., Ibarra-Flores F. 2015. Análisis de rentabilidad del cultivo de algodón en Sonora. *Revista Mexicana de Agronegocios*. 19: 1156-1166.
- Rodríguez-Hernández R., Zamarripa-Colmenero A. 2013. Competitividad de la higuera (*Ricinus communis*) para biocombustibles en relación a los cultivos actuales en el edo. De Oaxaca. México. *Revista Mexicana de Agronegocios*. 32: 306-318.
- Rojas P., Sepúlveda S. 1999. ¿Qué es la competitividad? Cuadernos Técnicos No. 9. Competitividad de la agricultura: cadenas agroalimentarias y el impacto del factor localización espacial. IICA, San José.
- SIAP. 2016. Atlas Agroalimentario 2016. Primera edición, SAGARPA, SIAP, Ciudad de México, México. 220 p.
- Terrones-Cordero A., Sánchez-Torres Y. 2011. Análisis de la rentabilidad económica de la producción de jitomate bajo invernadero Enacaxochitlán, Hidalgo, *Revista Mexicana de Agronegocios*. 15 (29): 752-761.

CARACTERIZACIÓN DE LA GEOGRAFÍA DE LAS MUERTES POR CÁNCER EN MÉXICO

INCIDENCE OF CANCER-DEATHS IN MEXICO: A 2014 MUNICIPALITIES-TYOLOGY

Morales-Flores, F.J.¹; Trejo-Téllez, B.I.¹; Ruiz-Vera, V.M.^{1,2}

¹Postgrado en Innovación en manejo de Recursos Naturales, Campus San Luis Potosí, Colegio de Postgraduados, Iturbide 73, San Agustín, 78622 Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, 78620.

*Autor de correspondencia: Brendat@colpos.mx

RESUMEN

Se identificaron las regiones con incidencia de cáncer por encima de un comportamiento normal en México para identificar si la edad, la nutrición o endogamia son factores que aumentan el riesgo de cáncer. El objetivo fue comparar la distribución de la incidencia con las capacidades hospitalarias y estimar la probabilidad de prevenir la incidencia de cáncer, sobre la distribución municipal de muertes por cáncer y ponderado por la incidencia de muertes por cáncer por cada 1,000 habitantes identificando municipios con comportamiento similar mediante agrupamientos independientes. Fueron identificados municipios de México en cinco grupos (desde municipios con muy baja incidencia hasta municipios con muy alta incidencia de cáncer), donde las regiones de México con muy alta incidencia de cáncer se deben a una elevada endogamia familiar y baja variedad de alimentos. Existe una oportunidad para recursos fitogenéticos con principios activos que puede retrasar la incidencia en la aparición de cáncer.

Palabras clave: enfermedades de interés público, Neoplasias, ambiente, distribución.

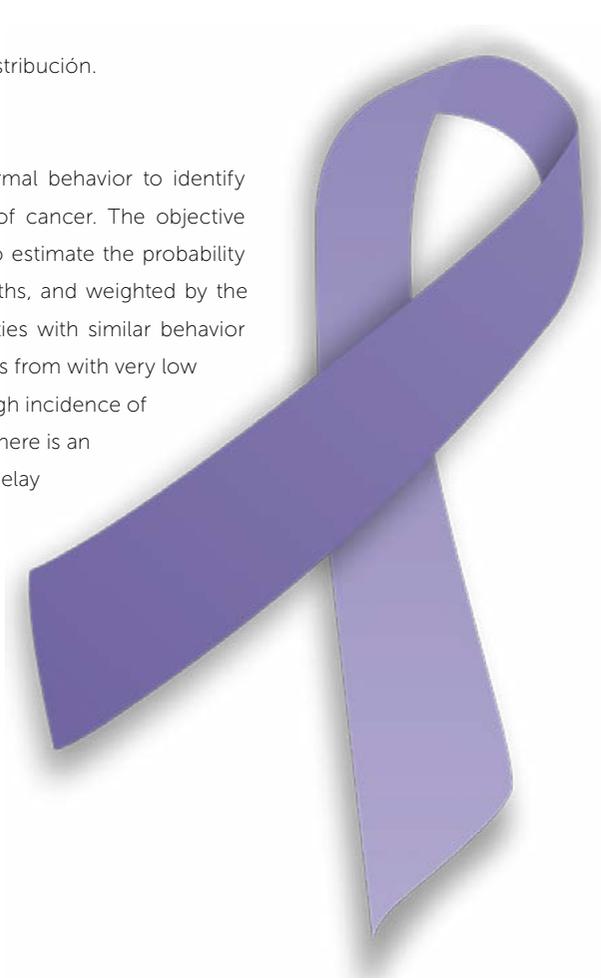
ABSTRACT

We identified municipalities in Mexico with cancer incidence above normal behavior to identify whether age, nutrition or endogamy are factors that increase the risk of cancer. The objective was to compare the incidence distribution with hospital capacities and to estimate the probability of preventing cancer incidence, the municipal distribution of cancer deaths, and weighted by the incidence of cancer deaths per 1,000 inhabitants, identifying municipalities with similar behavior through independent groupings. Five groups of Mexico municipalities varies from with very low incidence to very high incidence of cancer. Regions of Mexico with very high incidence of cancer are possibly due to a high family inbreeding and low food variety. There is an opportunity for active-ingredients from local plant genetic resources to delay the incidence of cancer.

Keywords: public health, Neoplasms, environment, cancer distribution.

Agroproductividad: Vol. 10, Núm. 9, septiembre. 2017, pp. 106-111.

Recibido: octubre, 2016. **Aceptado:** julio, 2017.



INTRODUCCIÓN

El cáncer es un padecimiento que destruye familias por el sufrimiento de la convalecencia, así como por la magnitud de recursos económicos necesarios para combatirla. Cada tipo de cáncer ocasiona un deterioro en las relaciones familiares (Harding, 2012). Durante 2012, el cáncer fue la causa mundial de muerte de 8.2 millones de personas (45% por cáncer pulmonar, hepático, gástrico y colorrectal) (OMS, 2012). Se consideran que entre 70% y 80% de los padecimientos provienen de agentes externos con los que las víctimas tienen contacto durante un considerable período de tiempo; un 20% a 25% es por causas espontáneas, y finalmente, entre 5% y 7% por predisposición genética (De la Garza y Juárez, 2014). El cáncer es un problema de salud también en la vida silvestre (Meyer et al., 2015; McAloose y Newton, 2009; Port et al., 1981); aunque el origen de la incidencia no deja de estar aislada en individuos concretos en zoológicos. A nivel internacional, los estudios sobre geografía del cáncer se han centrado en las estadísticas nacionales, cuentas nacionales para la Organización Mundial de la Salud con comparación directa de miles de muertos (World Health Organization 2005, Parkin et al., 2005, Forman et al., 2013). En algunos casos se cuenta con distribución espacial de nivel país de la incidencia de cáncer (nivel TL1 países) (OCED, 2013). Esta contribución identifica el nivel más pequeño en México (TL3: municipios, condados) hasta llegar a las áreas metropolitanas. Se considera que un análisis municipal de la distribución de muertes por cáncer en su contribución o su mortalidad puede ser la base para diseñar una

política para aminorar los impactos de futuro o en el diseño de una política geográfica de atención al cáncer (Mohar-Betancourt et al., 2013). En México sobre esta cuestión ha publicado un comunicado informativo (INEGI, 2011) y una nota periodística (Fuentes, 2007) sin mayor trascendencia en la cuestión. El índice de Gini se propone como alternativa para identificar las diferencias a nivel municipal en la incidencia de cáncer. Originalmente este índice señalaba la desigualdad en la distribución de la riqueza dentro de una sociedad (Rogerson, 2012; Gini, 1912), y ha sido utilizado en diferentes temas relacionados con la salud pública (Moskowitz et al., 2008, Boncz, 2006; Haidich, 2004). Con base en lo anterior, se realizó un análisis estadístico con las bases del INEGI, con el fin de mostrar las diferencias geográficas en las muertes causadas por cáncer mediante la identificación de áreas geográficas con una incidencia mayor a la normal, además de una mortalidad mayor. Las preguntas que podrán responderse en el futuro son: **¿la incidencia de cáncer tiene un componente genético por población, o es un tema de presencia geográfica de cancerígenos?, ¿el cáncer está relacionado con otras enfermedades? ¿Hay alguna diferencia a nivel municipal y comparando con las áreas metropolitanas con áreas rurales?**

MATERIALES Y MÉTODOS

Para construir las dimensiones geográficas de la incidencia de muerte causada por cáncer a nivel municipal se utilizó la información de mortalidad de INEGI (2014). Se identificaron dos dimensiones: las muertes causadas por cáncer registradas en el municipio y el tamaño

de la población que habita ese municipio. El índice de Gini muestra la desigualdad en la incidencia de una enfermedad respecto a la población total; y aplicado al contexto de esta investigación, el índice de Gini cercano a cero muestra una igualdad geográfica, es decir el cáncer ataca sin importar donde se encuentre el paciente; y a diferencia de lo anterior, un índice de Gini cercano a uno implicaría que el cáncer se da en un municipio determinado lo que indica causales locales en la incidencia de cáncer. Un primer análisis nacional muestra **el índice de Gini para las muertes causadas por cuatro tipos de cáncer**: cáncer en general, cáncer de mama, cáncer cérvico-uterino y cáncer en genitales masculinos para ejemplificar la incidencia basada en el género de la población según la clasificación mundial de enfermedades (CIE-10) (WHO, 2013). Un segundo análisis es la **contribución de cada municipio a las muertes estatales causadas por cáncer**, mediante la variación del coeficiente de Gini para los 32 estados de México. Se identificaron estados con una desigualdad muy pronunciada y estados, donde la incidencia del cáncer es uniforme. Finalmente, usando el concepto de intensidad es decir la contribución municipal al total estatal de muertes por cáncer y la severidad representada por los muertos a causa del cáncer por cada 100,000 habitantes, se **agruparon municipios con comportamientos similares intensidad y severidad**. Por intensidad se identificó la contribución municipal al total estatal de muertes por cáncer acaecidas durante 2014 (Ecuación 1) y por severidad del cáncer se define como el número de muertes por cada 1,000 habitantes a nivel municipal (Ecuación 2).

$$\text{intensidad} = \frac{\text{muerte municipal}}{\text{Total de muertes a nivel estatal}} \quad \text{Ecuación (1)}$$

$$\text{severidad} = \frac{\text{muertes municipales por cáncer}}{\text{población total del municipio}} \quad \text{Ecuación (2)}$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

INEGI (2014) señala a las enfermedades del sistema circulatorio (24.0%), las enfermedades metabólicas (16.7%), al cáncer (13.0%) y los accidentes (12.2%) como las cuatro principales causas de la muerte (Figura 1). Esta situación deja en claro que las enfermedades, en general, tienen el paso del tiempo y el descuido personal en revisiones médicas periódicas como coadyuvantes en causa de muerte.

Aunado a estas principales causas de muerte, se muestran los principales cánceres de los que murieron los mexicanos en 2014 a nivel nacional. De los 82,830, el cáncer de colon y recto es el responsable de 305 de las defunciones. Esto implica una revisión al concepto prevención del cáncer.

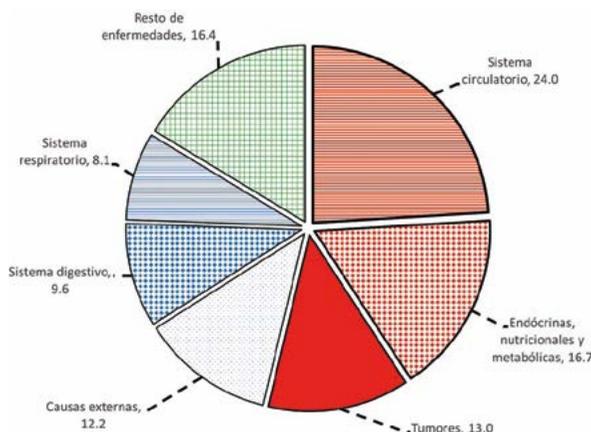


Figura 1. Principales causas de las defunciones en México (INEGI, 2014).

Inequidad a nivel estatal de en las muertes por cáncer

El índice de Gini para las muertes por cáncer a nivel nacional fue de 0.2227, lo que implica que la muerte por **cáncer en general sucede razonablemente uniforme en cualquier municipio de México**. Al identificar las muertes por cáncer según género: en genitales masculinos para hombres y cervico-uterino o de mama para mujeres, se advierten diferencias significativas (Figura 2)

Se identifica que el **cáncer de genitales masculinos incide de manera similar a la cantidad de hombres** que habitan en todos los municipios del país

($Gini_{\text{masculino}} = 0.0594$), de manera que implica que no existen condiciones geográficas o de población que disminuyan la incidencia de cáncer en los hombres. En el caso del cáncer cervico-uterino, se muestra una desigualdad similar a la del cáncer general ($Gini_{\text{cervico-uterino}} = 0.2317$), se sugiere que la **magnitud de la promoción de la prevención para cáncer en general puede ser aplicable a cáncer cervico-uterino**. Finalmente, se aprecia que la desigualdad del cáncer de mamá es la más grande de los cuatro cánceres analizados ($Gini_{\text{mama}} = 0.4198$), por lo que en los municipios con mayor población de mujeres debe de haber una promoción más intensa de las medidas de detección temprana.

Desigualdad estatal en las muertes por cáncer

El coeficiente de Ginni aplicado a problemas médicos ha mostrado utilidad (Moskowitz et al., 2008), al utilizar una curva de Lorenz para identificar la aportación de muertes causadas por el cáncer en general y los tres tipos de cáncer ligados al género,

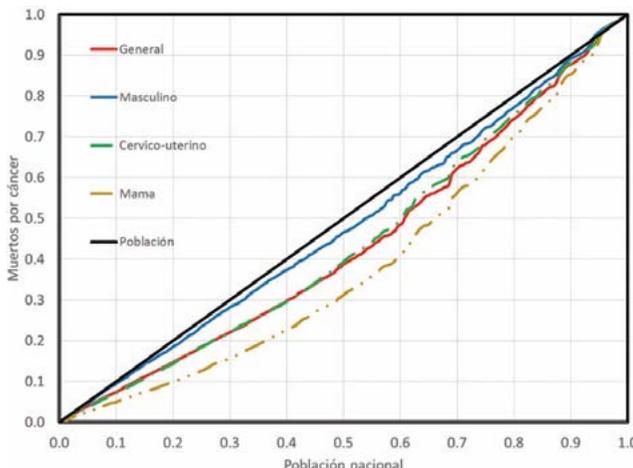


Figura 2. Curva de Lorenz para los diferentes tipos de cáncer para México, 2014.

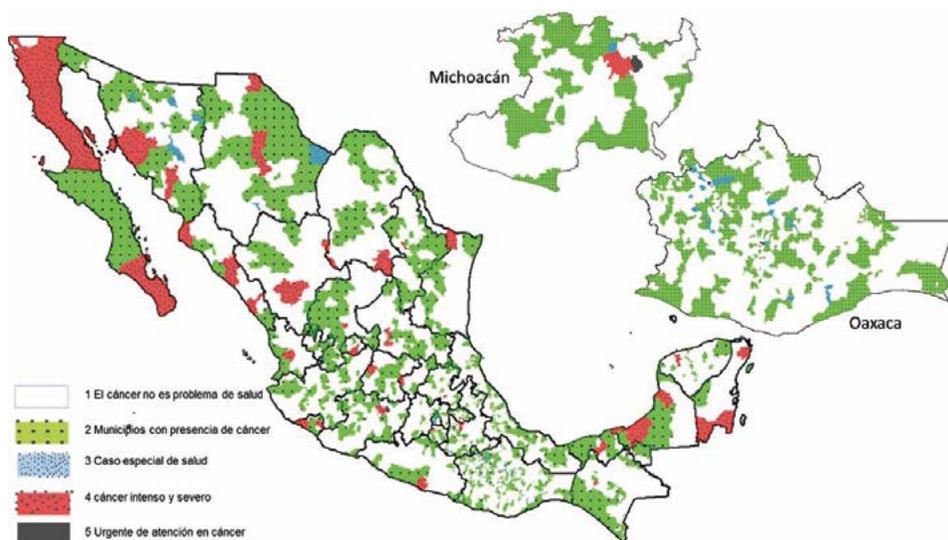
Agrupamiento de municipios según intensidad y severidad a nivel nacional

Usando la intensidad de muertes por cáncer, expresada como las muertes a causa de cáncer respecto al total estatal, y a la severidad por el número de muertos por cada 100,000 habitantes (OECD, 2013) se obtuvo una distribución espacial

Cuadro 1. Principales cánceres como causa de muerte en México, 2014.

Tipo de cáncer	Número de defunciones	Participación (%)
Colon y recto	24,883	30.0%
Linfomas	8,585	10.4%
Pulmón	7,796	9.4%
Cérvico-uterino	7,528	9.1%
Próstata	7,044	8.5%
Mama	6,051	7.3%
Desconocido	4,920	5.9%
Riñón	3,411	4.1%
Diagnóstico equivocados	3,293	4.0%
Ojo	2,327	2.8%
Resto de cánceres (<2%)	6,992	8.4%

del cáncer en general, como causa de muerte (Figura 3). Este agrupamiento se definió por cinco grupos de municipios que explican 80% de la variación de incidencia y severidad de muertes por cáncer, y cuya característica interior es que los grupos de municipios esta unidos por una varianza mínima al interior del grupo que los separa

**Figura 3.** Municipios con intensidad y severidad del cáncer similares, 2014.

de otros grupos (Ward, 1963). Los cinco grupos formados tienen características complementarias (Cuadro 3).

El grupo 1 son municipios que se pueden considerar como que **el cáncer no es problema de salud**, ya que 0.35% a 0.40% de la población se muere de cáncer y eso representa la muerte de 36 personas de cada 100 mil. Estos municipios concentran 20% de las defunciones e incluyen municipios de Oaxaca, Puebla, Veracruz, Estado de México, y Yucatán. En el segundo grupo de municipios mueren entre 1.3% y 1.6% de las defunciones estatales por cáncer con mortalidad de 91 a 95 muertos de cáncer por cada 100 mil habitantes. Este grupo de municipios representó el 38% de las defunciones nacionales y ubicó los estados de Oaxaca, Veracruz, Puebla, Michoacán y Jalisco. Se pueden considerar los **municipios con presencia de cáncer**.

El tercer grupo de municipios registraron 0.59% a 2.47% de muertes estatales por cáncer, que lo identifica como un grupo más amplio en rango, y cuya diferencia es la segunda mayor mortalidad (282 muertos por cada 100,000 habitantes). Afortunadamente, estos municipios aportan 8% de muertes nacionales por cáncer y se ubican en municipios de Oaxaca, principalmente. Estos municipios constituyen un **caso especial de salud pública** ya que, a pesar de ser municipios muy pequeños, sufren de muertes por cáncer.

El cuarto grupo de municipios se caracterizó por aportar de 31% a 40% de las defunciones por cáncer en el estado al que pertenecen, y donde mueren de 92 a 112 personas por cada 100,000 habitantes. En su conjunto, muere 32% de los

Cuadro 2. Desigualdad en las muertes provocadas por cáncer, 2014 en México.

Nivel de desigualdad	Estado
Muy baja (<0.05)	Morelos, Ciudad de México, Quintana Roo, Baja California, Michoacán de Ocampo y Oaxaca
Baja (0.05-0.10)	Zacatecas, Tamaulipas, México, Tlaxcala y Nayarit
Promedio (0.10-0.25)	Chiapas, Guerrero, Guanajuato, Colima, Sinaloa, Veracruz de Ignacio de la Llave, Campeche, San Luis Potosí, Chihuahua, Puebla e Hidalgo
Alta (0.25-0.30)	Coahuila de Zaragoza, Jalisco, Sonora, Tabasco y Baja California Sur
Muy alta (>0.30)	Querétaro, Durango, Nuevo León, Yucatán y Aguascalientes



Cuadro 3. Características de los grupos de municipios de México, con intensidad y severidad similares de cáncer.

Característica	1 cáncer no es problema de salud	2 presencia de cáncer	3 caso especial de salud pública	4 cáncer intenso y severo	5 urgente de atención
Intensidad	0.37 (0.35-0.40)*	1.46 (1.31-1.62)	1.53 (0.59-2.47)	36.22 (31.91-40.54)	3.55 (0.00-8.76)
Severidad	36.20 (35.36-37.04)	93.84 (91.98-95.71)	282.96 (262.67-303.25)	102.46 (92.21-112.71)	1,026.32 (540.79-1511.85)

Nota: * intervalos de confianza al 90%.

enfermos de cáncer principalmente de los estados de Sinaloa, Baja California, Sonora, Chihuahua, Coahuila, Durango, Campeche, Colima, Baja California Sur, y Quintana Roo. En este caso se está ubicando ya a municipios concretos donde la incidencia de **cáncer es intenso y severo**.

El quinto grupo de municipios constituyen un **problema urgente de atención** en cáncer, ya que están muriendo el equivalente a 1,026 personas por cada 100 mil habitantes a pesar de contribuir con menos de 8% a las muertes por cáncer en el estado. Si bien representan al 0.37% de las muertes nacionales por cáncer se trata de tres municipios: Charo en Michoacán donde se reportaron 188 defunciones entre 21,723 habitantes, San Bartolo Coyotepec con 118 muertes de entre 8,684 habitantes y San Mateo Tlapiltepec con dos de 234 habitantes durante 2014. Este agrupamiento de municipios puede ser utilizado en los diferentes niveles de gobierno: microrregiones estatales, regiones prioritarias de planes sectoriales de salud, o reflejarse alrededor de las zonas metropolitanas como indicadores de calidad de vida (CONAPO, 2015).

Esta distribución espacial debe ser comparada con la proporción de servicios especializados en atención al cáncer: la dispersión espacial de hospitales de tercer nivel, la atención de médicos especializados. En los polos de atracción de México, se considera que la desigualdad esta reducida debido a la emigración de enfermos hacia la búsqueda de una alternativa médica generada por el especialista, y el renombre de la institución donde se realizará la intervención quirúrgica. Una alternativa a esta migración es la atención médica en las zonas de origen de la enfermedad, sin embargo, la diferencia en ingresos de un especialista (3.7 salarios promedio) comparado con un médico general (2.9 salarios promedio) dificultan el establecimiento de médicos en zonas menos pobladas, ya sea por menor capacidad de pago de los pacientes, por una promoción deficiente en la descentralización de estos profesionales, el ingreso limitado

a carreras médicas de determinados estratos de la sociedad, la limitada geografía de las universidades, así como a los apoyos de salud que el médico requiere para su completa práctica profesional (OECD, 2015). La OECD señala que los gastos no médicos ascienden al 45% del costo de un tratamiento, y esta clasificación se debe relacionar con otras variables (edad, grado de marginación o actividad económica) a fin de enriquecer este enfoque que puede apoyar una política de prevención de cáncer.

En el imaginario nacional se atribuyen propiedades curativas a diversas especies animales (buitre, zopilote, correcaminos, armadillo, tlacuache, zorrillo, boa, cocodrilo, serpiente y sanguijuela) y vegetales contra el cáncer: guanábana, copal, cuachalate, uña de gato, entre muchos otros con análisis de citotoxicidad (Jacobo, 2016; Alonso, 2014; Juárez *et al.*, 2013; Alonso, 2011). Este uso de animales y plantas es una alternativa cercana a la gente, por ello la importancia de buscar tratamientos alternativos a la medicina tradicional. La búsqueda de principios activos con evidencia científica en extractos de plantas y animales puede constituir una valiosa oportunidad para comunidades rurales y poder prevenir la incidencia de cáncer.

CONCLUSIONES

Existe una desigualdad en las muertes provocadas por el cáncer en general. El cáncer de genitales masculinos está fuertemente ligado a la distribución espacial de los hombres; sin embargo, el cáncer de mama presenta una desigualdad superior al cáncer cérvico-uterino. Morelos, Ciudad de México, Quintana Roo, Baja California, Michoacán y Oaxaca presentan una dispersión de muertes por cáncer paralela a la población. Aguascalientes, Yucatán, Nuevo León, Durango y Querétaro tienen focalizados los municipios donde inciden las muertes causadas por cáncer. Se definieron cinco grupos de municipios basado en la intensidad y severidad de las muertes por cáncer, lo que propone una geografía sobre las muertes por este padecimiento.

LITERATURA CITADA

- Alonso-Castro A.J. 2014. Use of medicinal fauna in Mexican traditional medicine. *Journal of Ethnopharmacology*, 152(1):53-70.
- Alonso-Castro A.J., Villarreal M.L., Salazar-Olivo L.A., Gomez-Sanchez M., Dominguez, F. Garcia-Carranca A. 2011. Mexican medicinal plants used for cancer treatment: Pharmacological, phytochemical and ethnobotanical studies. *Journal of Ethnopharmacology*, 133(3):945-972.
- Boncz I., Sántha K., Szaszko D., Dozsa C., Sebestyén A. 2006. PHP21 Calculation of Lorenz concentration curves and Gini coefficient of health expenditures in Hungary. *Value in Health*, 9(3):A150-A151.
- Brezzi M., Dijkstra L., Ruiz V. 2011. "OECD Extended Regional Typology: The Economic Performance of Remote Rural Regions", OECD Regional Development Working Papers, 2011/06, OECD Publishing. Consultado en <http://dx.doi.org/10.1787/5kg6z83tw7f4-en> el día 16 de diciembre de 2014.
- De la Garza-Salazar J.G., Juárez-Sánchez P. 2014. *El cáncer*. 1ª edición. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, Nuevo León. México. 181 p.
- Eliazar I., Sokolov I.M. 2010. Maximization of statistical heterogeneity: From Shannon's entropy to Gini's index. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 389(16):3023-3038.
- Forman D., Bray F., Brewster D.H., Gombe-Mbalawa C., Kohler B., Piñeros M., Steliarova-Foucher E., Swaminathan R. Ferlay J. (2013). *Cancer Incidence in Five Continents, Vol. X (electronic version)* Lyon, France IARC. International Agency for Research on Cancer <http://ci5.iarc.fr> last accessed on 12-12-2014.
- Fuentes M.L. 2007. La geografía del cáncer. *Periódico Excelsior*. Martes 13 de noviembre de 2007 p. 22.
- Gini C. 1912. Variabilità e mutabilità. (*Variability and mutability*). C. Cuppini. Bologna
- Haidich A.B., Ioannidis J.P.A. 2004. The Gini coefficient as a measure for understanding accrual inequalities in multicenter clinical studies. *Journal of Clinical Epidemiology*, 57(4):341-348
- Harding R., List S., Epiphaniou E., Jones H. 2012. How can informal caregivers in cancer and palliative care be supported? An updates systematic literature review of interventions and their effectiveness. *Palliative Medicine*. 26(1):7-22.
- INEGI. 2014. Estadísticas de mortalidad. Defunciones generales. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Consulta interactiva de datos realizada el 23 de octubre de 2014.
- INEGI. 2011. Geografía del cáncer femenino como causa de muerte. Comunicado 267/11. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Consultado el 7/enero/2015. <http://www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/Boletines/Boletin/Comunicados/Especiales/2011/Julio/comunica.pdf>.
- Jacobo-Herrera N.J., Jacobo-Herrera F.E., Zentella-Dehesa A., Andrade-Cetto A., Heinrich M., Pérez-Plasencia C. 2016. Medicinal plants used in Mexican traditional medicine for the treatment of colorectal cancer. *Journal of Ethnopharmacology*, 179:391-402.
- Juárez-Vázquez M.C., Carranza-Álvarez C., Alonso-Castro A.J., González-Alcaraz V.F., Bravo-Acevedo, E. Chamarro-Tinajero F.J., Solano E. 2013. Ethnobotany of medicinal plants used in Xalpatlahuac, Guerrero, México. *Journal of Ethnopharmacology*, 148(2): 521-527.
- Pong-Lung, L., Koo-Tay T.R., Dwyer L. 2017. Metrics to measure the geographic characteristics of tourism markets: An integrated approach based on Gini index decomposition. *Tourism Management*, 59:171-181.
- McAloose D., Newton A.L. 2009. Wildlife cancer: a conservation perspective. *Nature Reviews Cancer* 9:517-526. doi:10.1038/nrc2665
- Meyer-Rochow V., Benno-Gross J., Valérie S., Frank Z., Dominique E., Thomas C. 2015. Plastic ocean and the cancer connection: 7 questions and answers. *Environmental Research*. 142:575-578
- Mohar-Betancourt A., Soto-Sánchez B.L., Ortega-Gutiérrez C., Herrera-Gómez Á. 2013. Epidemiología del cáncer. Pp. 7-14. En: Herrera-Gómez, Ángel; Granados-García, Martín. (eds.) (2013). *Manual de oncología. Procedimientos médico-quirúrgicos*. Quinta Edición. Ed. McGraw-Hill. México. 1302 p.
- Moskowitz C.S., Seshan V.E., Riedel E.R., Begg C.B. 2008. Estimating the empirical Lorenz curve and Gini coefficient in the presence of error with nested data. *Stat Med*. Jul 20, 2008; 27(16): 3191-3208. doi:10.1002/sim.3151
- OECD. 2013. Exploratory quantitative analysis In: *Cancer Care: Assuring quality to improve survival*. OECD Publishing. <http://www.oecd.org/publications/cancer-care-9789264181052-en.htm>
- OECD. 2015. *Health at a glance 2015: OECD Indicators*. OECD Publishing, Paris. DOI: http://dx.doi.org/10.1787/health_glance-2015-en.
- Parkin D.M., Whelan S.L., Ferlay J., Storm H. 2005. *Cancer Incidence in Five Continents (CI5) Volumes I to X*. IARC International Agency for Research on Cancer. CancerBase No. 7. Lyon, France.
- Port C.D., Maschgan E.R., Pond J., Scarpelli D.G. 1981. Multiple neoplasia in a jaguar (*Panthera onca*). *Journal of Comparative Pathology*, 91(1):115-122
- Rogerson P.A. 2013. The Gini coefficient of inequality; a new interpretation. *Letters in Spatial and Resource Sciences*. 6:109-120.
- Ward J.H. 1963. Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of the American Statistical Association*. 58:236-244
- World Health Organization. 2005. *Surveillance of chronic disease: risk factors: country-level data and comparable estimates*. (SuRF reports; 2). Geneva, Switzerland. 91 p.
- World Health Organization. 2013. *Clasificación Estadística Internacional de Enfermedades y Problemas Relacionados con la Salud*. Geneva, Switzerland.

UN MENÚ DIVERSO Y NUTRITIVO EN LA DIETA DE PECES: "EL ALIMENTO VIVO"

A DIVERSE AND NUTRITIONAL MENU IN FISH DIETS: "LIVE FEED"

Luna-Figueroa, J.*; Arce Uribe, E.

Laboratorio de Acuicultura, Departamento de Hidrobiología, Centro de Investigaciones Biológicas (CIB), Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Unidad Profesional "Los Belenes", Av. Río Mayo 41, Colonia Vista Hermosa, C.P. 62230, Cuernavaca, Morelos, México.

*Autor de correspondencia: jluna@uaem.mx

RESUMEN

En acuicultura, el alimento vivo son todos aquellos organismos tanto acuáticos como terrestres de origen animal o vegetal que presentan características, tales como cuerpo blando, tamaño adecuado, movimiento, alta disponibilidad, gran abundancia, altas densidades de cultivo, ciclo de vida corto, alto valor nutritivo y fácil digestión. Se describen los beneficios y cualidades del alimento vivo en el cultivo de peces, como parte fundamental de la alimentación, dado que induce el comportamiento cazador de los peces. Las enzimas presentes en el alimento vivo, contribuyen a la digestión y optimizan la asimilación de los nutrientes. El alimento vivo es recomendable para ser utilizado en las etapas críticas del proceso de producción de peces y en la etapa de reproducción, en donde acelera la frecuencia de desove, incrementa el número de huevos producidos y aumenta la disponibilidad larvas. Los beneficios que justifican el empleo del alimento vivo en el cultivo de organismos acuáticos, son sus bajos efectos negativos sobre la calidad del agua y el estímulo conductual predatorio que provoca en la larva de pez por su movilidad natural.

Palabras clave: alimento, nutrición, peces, cultivo.

ABSTRACT

In aquaculture, live feed includes all organisms both aquatic and terrestrial of animal or plant origin that present characteristics such as soft body, adequate size, movement, high availability, great abundance, high cultivation densities, short life cycle, high nutritional value, and easy digestion. The benefits and qualities of the live feed in fish farming are described, as fundamental part of the diet, given that it induces the hunting behavior of fish. The enzymes present in life feed, contribute to the digestion and optimize the assimilation of nutrients. The live feed is advisable to be used in the critical stages of the fish production process and in the reproduction stage, where it accelerates the frequency of spawning, increases the number of eggs produced, and increases the availability of larvae. The benefits that justify the use of live feed in the cultivation of aquatic organisms are its low negative effects on the water quality and the predatory behavioral stimulus that it promotes in the fish larvae due to its natural mobility.

Keywords: feed, nutrition, fish, farming.

Agroproductividad: Vol. 10, Núm. 9, septiembre. 2017. pp: 112-116.

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

INTRODUCCIÓN

El alimento vivo constituye un menú altamente nutritivo para los peces, el cual, es definido como aquellos organismos acuáticos o terrestres tanto de origen animal como vegetal, que conjuntan características, tales como, ser de cuerpo blando, tamaño adecuado en relación a la boca del consumidor, movimiento, alta disponibilidad, gran abundancia, altas densidades de cultivo, ciclo de vida corto, alto valor nutritivo y fácil digestión (Luna-Figueroa, 2009). La tecnología asociada con la producción de alimento vivo está avanzando rápidamente, generando un impacto positivo sobre la crianza larval de peces, siendo esta etapa de desarrollo, un frecuente “cuello de botella” para la comercialización de nuevas especies en la acuicultura. Un aspecto determinante en el éxito del cultivo de peces es la alimentación en condiciones de cautiverio. La nutrición, entendida como el conjunto de procesos relacionados con la alimentación, engloba las etapas de búsqueda y detección de alimento, manipulación y toma alimentaria, digestión y absorción, metabolismo de los nutrientes, excreción y eliminación de desechos (Guillaume *et al.*, 2014). Dentro del área productiva de la acuicultura, conocida como cultivo de alimento vivo, existe una diversidad de organismos que reúnen las características apropiadas para utilizarse en la alimentación de peces, por ejemplo: *Artemia (Artemia franciscana)*, micro-gusano (*Panagrellus redivivus*), pulga de agua (*Daphnia pulex* y *Moina wierzejski*), gusano de fango (*Tubifex tubifex*), lombriz de tierra (*Eisenia foetida*), gusano blanco (*Enchytraeus albidus*), gusano de sangre (*Chironomus tentas*), microalgas (*Chlorella minutissima*, *C. regularis*), gusano de harina (*Tenebrio molitor*) y pre-adultos de mosquito (*Culex pipiens* y *C. stigmatosoma*) (Luna-Figueroa, 2002; 2013). Durante el desarrollo de los peces, existen fases particularmente críticas y determinantes para la supervivencia de los organismos, una de estas fases es la larvaria, la cual, se inicia al momento de la eclosión, donde el pez depende nutricionalmente de las reservas presentes en el saco vitelino. La finalización de la nutrición a expensas del vitelo y el inicio de la alimentación exógena son cruciales para el desarrollo de estos organismos. En este punto, se considera que finaliza la etapa de larva y se inicia la etapa de post larva, que culmina al iniciar la etapa de alevín (Rivera y Botero, 2009). A pesar del notable avance en la tecnología para la producción de alimentos acuícolas, el alimento vivo suministrado en estas etapas críticas del desarrollo de los organismos, garantiza mayores tasas de crecimiento y mayor éxito en términos de sobrevivencia y rendimiento en los cultivos. Ante esto, surge un interesante cuestionamiento, ¿por qué el alimento vivo es mejor que el alimento comercial? Al respecto, las principales hipótesis que se han propuesto para explicar esta situación son: 1) el consumo del alimento vivo es mejor debido a que induce el comportamiento de cazador en condiciones naturales de los peces, y estimula visual y químicamente a los organismos que lo ingieren; 2) las enzimas presentes en el alimento vivo contribuyen a la digestión cuando son consumidos por los peces; 3) existen diferencias en la asimilación entre los alimentos vivos y los comerciales, las cuales, son atribuidas a diferencias en la digestibilidad de su contenido proteínico (García, 2000). A pesar de que la nutrición es un factor de gran importancia en el desarrollo de la acuicultura, frecuentemente los alimentos comerciales no contienen los nutrientes que los peces requieren para un desarrollo óptimo, principalmente en su

primera etapa de vida, que es la crítica en que las especies presentan la mayor mortalidad (Castro-Barrera *et al.*, 2003). En este sentido, el alimento vivo no sólo es valorado por ser un nutrimento fisiológicamente valioso, sino por ser un factor conductual importante en la dieta de peces. Estos organismos, constituyen una “cápsula” nutritiva que contiene elementos básicos de una dieta balanceada, y a diferencia de los alimentos comerciales, que se disuelven en el agua al momento de suministrarse, el alimento vivo, conserva su valor nutricional hasta ser consumido por los organismos acuáticos en cultivo (Luna-Figueroa, 2009). Adicionalmente, las enzimas exógenas presentes en el alimento vivo compensan la deficiencia digestiva de las larvas de peces, ya sea digiriendo los nutrientes directamente, o activando proenzimas producidas por las larvas (Rivera y Botero, 2009).

Efectos de sustituir al alimento vivo por comercial en la nutrición de peces

Evidentemente el alimento comercial puede reemplazar al alimento vivo en el cultivo de peces. Sin embargo, el desarrollo de las larvas de peces se retarda, el crecimiento disminuye y la eficiencia en la transformación de energía y materia se reduce (Rivera y Botero, 2009). En contraparte, cuando se utiliza alimento vivo, la alta mortalidad de las larvas de peces se reduce considerablemente, y se acelera la diferenciación de estructuras morfológicas y de órganos internos. Si esta primera fase de alimentación exógena se lleva a cabo con éxito, los organismos tienen la capacidad de pasar de manera segura este periodo vulnerable de su ciclo de vida (Luna-Figueroa, 2013). Otras de las

ventajas de utilizar alimento vivo en la dieta de peces son un menor grado de contaminación del medio acuático, y mejor distribución del alimento suministrado en la columna de agua, en comparación con las dietas comerciales. Cuando se suministra alimento vivo en la dieta de los organismos en cultivo, se obtienen ejemplares con una coloración más intensa y brillante. Esto refleja su estado de condición y su fortaleza inmunológica, adicionalmente, los organismos presentan un nado más activo, desoves más numerosos, frecuentes, y mayor número de crías (Luna-Figueroa, 2013).

Función de los macronutrientes en la nutrición de peces

El alimento vivo se caracteriza por su elevado valor nutritivo, lo que potencializa su uso en la acuicultura. Los peces, obtienen de la degradación de los alimentos los componentes necesarios para fabricar sus estructuras corporales y la energía necesaria para realizar sus funciones vitales. Estos animales, requieren de macronutrientes asimilables que les permitan realizar sus funciones de mantenimiento corporal y obtener energía para destinarla al crecimiento y la reproducción (Glencross *et al.*, 2007). A continuación se menciona la función de cada uno de los macronutrientes:

Las proteínas, son las moléculas más complejas y abundantes de la célula viva. Este macronutriente constituye más de la mitad del peso de una célula expresado como peso seco (Randall *et al.*, 1998). Los aminoácidos son los componentes que le dan estructura a las proteínas, las cuales, son utilizadas eficientemente por los peces para mantenimiento, recuperación de los tejidos dañados y crecimiento (De la Higuera, 1987). No obstante de su principal función, las proteínas pueden ser metabolizadas para que los organismos obtengan energía. Un objetivo de la nutrición acuícola, es utilizarlas tanto como sea posible para crecimiento, permitiendo a los carbohidratos y lípidos proveer energía metabólica. Un alto porcentaje de la energía digerida en proteínas, es metabolizable con mayor eficiencia en peces que en animales terrestres (Lovell, 1989). El incremento de calor para el consumo de proteína es más bajo en peces que en mamíferos o aves, lo cual le confiere a la proteína, un valor de energía productiva más alta en organismos acuáticos. Lo anterior es atribuido a la manera eficiente de excreción nitrogenada en peces. Como con otros animales de granja, cantidades excesivas de proteína en la dieta en relación a la energía no proteínica suprime la tasa de crecimiento de los peces (Lovell, 1989), de allí

parte la importancia de suministrarlas en dosis adecuadas que garanticen el éxito de los cultivos. Las proteínas de origen animal son en su conjunto, más digestibles que las de origen vegetal (Muñoz, 2007).

Los lípidos, son un grupo diverso de moléculas biológicas insolubles en agua con estructuras químicas relativamente simples (Randall *et al.*, 1998). Estos macronutrientes juegan un papel importante en los procesos de producción de energía y como fuente de ácidos grasos esenciales en los alimentos acuícolas, especialmente en peces carnívoros, en los cuales la utilización de los carbohidratos como fuente de energía es muy baja. Adicionalmente, los lípidos tienen funciones estructurales porque forman parte de hormonas y vitaminas que constituyen el "vehículo" para la absorción de vitaminas liposolubles. La deficiencia de ácidos grasos ocasiona trastornos importantes como despigmentación, reducción del crecimiento, inadecuada conversión alimentaria, mortalidad elevada y aumento del contenido de agua en los músculos (Watanabe, 1987). Los lípidos proveen una fuente energéticamente alta y son vitales como componentes estructurales de las biomembranas. Adicionalmente, estos macronutrientes sirven como transporte para la absorción de otros nutrientes, incluyendo las vitaminas liposolubles A, D, E y K, y pigmentos naturales o sintéticos (Goddard, 1996). Asimismo, son fuente de esteroles esenciales y fosfolípidos. Los lípidos han sido probablemente los macronutrientes más intensamente estudiados dado que son los principales constituyentes bioquímicos de los organismos acuáticos, debido a que contienen alta concentración de un rango amplio de $n-3$ ácidos grasos poliinsaturados, los cuales, tienen implicaciones fundamentales para la nutrición de peces. Finalmente, los lípidos son indispensables en los estadios tempranos de los peces, por ser la fuente principal de energía desde la formación de la gástrula hasta la eclosión del embrión (Vetter *et al.*, 1983).

Los carbohidratos, son las sustancias que sirven de combustibles metabólicos de la mayor parte de los organismos. Estos macronutrientes, son los que revisten mayor importancia y menor costo; proveen energía para el normal desempeño fisiológico y constituyen una fuente energética de rápido uso (Muñoz, 2007). Los carbohidratos proporcionan una cantidad significativa de energía a los mamíferos, pero parece ser una fuente de energía menos útil para los peces (Stickney, 1994). Las especies de peces difieren ampliamente en su capacidad para digerir carbohidratos. La estructura química básica de

los carbohidratos consiste de unidades de azúcar que son aldehídos o cetonas derivados de alcoholes poli hidráticos conteniendo carbón, hidrogeno y oxígeno (Krogdahl *et al.*, 2005). Los dos más importantes carbohidratos en la nutrición animal son el almidón y la celulosa. No han sido identificados requerimientos esenciales de carbohidratos para la nutrición de peces, aunque los carbohidratos, sintetizados de proteínas y lípidos de la dieta, realizan muchas funciones importantes. Son fuente de energía y componentes de varios compuestos biológicos, incluyendo ácidos nucleicos, secreciones mucosas, y la quitina del exoesqueleto de los crustáceos. Aunque los carbohidratos son una significativa fuente de energía y son componentes de un número de metabolitos corporales, tales como la glucosa de la sangre, nucleótidos, y glicoproteínas, no son nutrientes esenciales (Lovell, 1989).

Las vitaminas, son compuestos orgánicos esenciales en la dieta de peces y se requieren en relativamente pequeñas cantidades para el crecimiento normal, la reproducción, la salud y el buen funcionamiento en los animales acuáticos. Aunque los requerimientos son pequeños, su deficiencias pueden causar síntomas que van desde pobre apetito a severas deformidades de tejidos (Lovell, 1989). Las vitaminas, o no son sintetizadas dentro del animal, o son sintetizadas demasiado lento en relación a las necesidades del organismo. Las vitaminas liposolubles son absorbidas en el tracto digestivo en asociación con moléculas grasas y pueden ser almacenadas en reservas dentro del cuerpo; y las hidrosolubles se usan rápidamente después de la absorción o descompuestas y excretadas, dependiendo de las

necesidades del animal (Goddard, 1996).

Los minerales: los peces requieren unos 20 elementos minerales inorgánicos para mantener la salud y el crecimiento. Las funciones principales de estos elementos esenciales en el cuerpo incluyen la formación de la estructura esquelética, mantenimiento de la presión osmótica, viscosidad, difusión, y regulación del equilibrio ácido-base. Estos macronutrientes son componentes importantes de hormonas, enzimas y activadores enzimáticos. Los minerales esenciales y elementos traza están generalmente clasificados como macro o micro ingredientes, dependiendo de su concentración en el organismo. La estimación de los requerimientos minerales en organismos acuáticos es complicada por el hecho de que, a diferencia de la mayoría de los animales terrestres, los acuáticos como peces tienen la capacidad para absorber a través de las agallas y la piel algunos elementos inorgánicos obteniéndolos no solo de su alimento, sino también de su ambiente externo ya sea el agua dulce o salada (Lall, 1989).

Perspectivas de uso del alimento vivo

La información analizada permite recomendar, que el alimento vivo, por sus cualidades, se utilice en aquellas etapas críticas del proceso de producción de peces, es decir, durante las primeras semanas de vida posterior a la absorción del saco vitelino y la eclosión de los organismos. Utilizarlo en estas etapas críticas, incrementa el crecimiento y la sobrevivencia. Adicionalmente, en etapas adultas permite a los productores acelerar la frecuencia de desove, el número de huevos y

la disponibilidad larvas. Se ha observado que organismos en cultivo nutridos con alimento vivo incrementan la actividad física, presentando mayor agilidad y rapidez en el nado, mayor brillo corporal, mayor resistencia a enfermedades y longevidad. Otros beneficios que justifican el empleo del alimento vivo en el cultivo de organismos acuáticos, son sus bajos efectos negativos sobre la calidad del agua y el gran estímulo conductual predatorio que provoca en la larva de pez por su movilidad natural. Por otra parte, deficiencias nutricionales en el alimento vivo pueden ser disminuidas mediante el enriquecimiento con ácidos grasos, esenciales en los procesos de pigmentación, producción de prostaglandinas, respuesta inmunológica, desarrollo retinal, entre otras. Consecuentemente, la utilización de alimento vivo se manifiesta en el incremento de ganancias económicas, debido a que influye directamente en el buen manejo del proceso de producción en una granja piscícola.

LITERATURA CITADA

- Castro-Barrera T., De Lara-Andrade R., Castro-Mejía G., Castro-Mejía J., Malpica-Sánchez A. 2003. Alimento vivo en la acuicultura. *ContactoS*. 48: 27-33.
- De la Higuera M. 1987. Requerimientos de proteína y aminoácidos en peces. 53-98. En: Espinoza, de los M. J. y Labarta, U. 1987. *Nutrición en Acuicultura II*. CAICYT. Plan de Formación de Técnicos Superiores en Acuicultura. Madrid. 318 pp.
- García A. 2000. Valor nutricional de los quistes de *Artemia* y su uso como fuente de proteína en dietas artificiales para larvas de peces *In*: Cruz-Suárez, L. E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Olvera-Novoa, M. A. y Civera-Cerecedo, R., (Eds.). *Avances en Nutrición Acuicola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuicola*. 19-22 noviembre, 2000. Mérida, Yucatán.

- Glencross B.D., Booth M., Allan G.L. 2007. A feed is only as good as its ingredients – a review of ingredient evaluation strategies for aquaculture feeds. *Aquaculture Nutrition*. 13: 17-34.
- Goddard S. 1996. *Feed Management in Intensive Aquaculture*. Chapman and Hall. New York. 194 p.
- Guillaume J., Kaushik S., Bergot P., Métailler R. 2004. *Nutrición y alimentación de peces y crustáceos*, Mundi-Prensa. Madrid. 475 p.
- Krogdahl A., Memre G. I., Mommsen T. P. 2005. Carbohydrates in fish nutrition: digestion and absorption in postlarval stages. *Aquaculture Nutrition*. 11: 103-122.
- Lall S.P. 1989. The Minerals. 219-257. *In*: Halver, J. E. 1989. *Fish Nutrition*. Academic Press, Inc. Harcourt Brace Jovanovich, Publishers. New York. 798 p.
- Lovell T. 1989. *Nutrition and feeding of fish*. Van Nostrand Reinhold. New York. 260 p.
- Luna-Figueroa J. 2002. Alimento vivo: Importancia y valor nutritivo. *Ciencia y Desarrollo*. 166: 70-77.
- Luna-Figueroa J. 2009. Nematodo de vida libre *Panagrellus redivivus* (Goodey, 1945): Una alternativa para la alimentación inicial de larvas de peces y crustáceos. *Investigación y Ciencia* 45: 4-11.
- Luna-Figueroa J. 2013. Alimento vivo en la dieta de peces. Una alternativa nutritiva. *Ciencia y Desarrollo*. 39: 6-11.
- Muñoz G.E.M. 2007. Alimento vivo para peces. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*. 2: 43-63.
- Randall D., Burggren W., French K. 1988. *Fisiología animal, mecanismos y adaptaciones*. McGraw-Hill-Interamericana. Madrid. 795 p.
- Rivera C.M., Botero Z.M. 2009. Alimento vivo enriquecido con ácidos grasos para el desarrollo larvario de peces. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 22: 607-618.
- Stickney R.R. 1994. *Principles of Aquaculture*. John Wiley and Sons. Inc. New York. 502 p.
- Vetter R., Houdson R., Arnold C. 1983. Energy metabolism in a rapidly developing marinefish eggs the red drum *Sciaenops ocellata*. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 40: 627-634.
- Watanabe T. 1987. Requerimientos de ácidos grasos y nutrición lipídica en los peces. 99-164. *En*: Espinoza, de los M. J. y Labarta, U. 1987. *Nutrición en Acuicultura II*. CAICYT. Plan de Formación de Técnicos Superiores en Acuicultura. Madrid. 318 pp.



PATRIMONIO CULTURAL DE UNA LOCALIDAD CON POTENCIAL TURÍSTICO EN EL ALTIPLANO POTOSINO

CULTURAL HERITAGE OF A LOCALITY WITH TOURISM POTENTIAL IN THE SAN LUIS POTOSÍ HIGHLANDS

Castellanos-Gutiérrez, Y.¹; Figueroa-Sandoval, B.^{1*}; Cadena-Íñiguez, J.¹; Almeraya-Quintero, S.X.²; Ramírez-López, A.¹

¹Postgrado en Innovación en Manejo de Recursos Naturales, Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí, Iturbide 73, Salinas de Hidalgo, SLP, 78600, México. ²Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Carretera México-Texcoco Km 36.5, Texcoco, Edo de México, 56230, México.

*Autor responsable: benjamin@colpos.mx

RESUMEN

El patrimonio cultural se define como la suma de los bienes tangibles e intangibles con valor histórico, artístico y científico; y considerado como recurso turístico, coadyuva al desarrollo de regiones rurales y urbanas. El objetivo de este estudio fue identificar el patrimonio cultural con potencial turístico, así como contrastar el conocimiento y la percepción que tienen sobre éste los habitantes del municipio de Salinas, San Luis Potosí, México. El patrimonio tangible se identificó mediante la metodología de la CICATUR y OEA. El patrimonio intangible fue clasificado usando el método etnográfico. Para contrastar el conocimiento y percepción que tiene la población sobre su patrimonio cultural se aplicaron 96 encuestas. Los resultados indicaron que el conocimiento fue distinto según la localidad de origen, escolaridad y género del encuestado. Las mujeres mostraron mayor sentimiento de orgullo y percepción positiva sobre su patrimonio cultural. Salinas cuenta con patrimonio cultural valioso para la población de la región; en conjunto La Casa Grande, El Palomar y La Salinera representan una oportunidad para activar el sector turismo.

Palabras clave: atractivos turísticos, patrimonio tangible, patrimonio intangible, identidad, desarrollo.

ABSTRACT

Cultural heritage is defined as the sum of the tangible and intangible goods with historical, artistic and scientific value; and considered as a tourism resource, it contributes to the development of rural and urban regions. The objective of this study was to identify the cultural heritage with tourism potential, as well as to contrast the knowledge and perception that inhabitants in the municipality of Salinas, San Luis Potosí, México, have about it. The tangible patrimony was identified through the methodology of CICATUR and OAS. The intangible patrimony was classified using the ethnographic method. To contrast the knowledge and perception that the population have regarding their cultural heritage, 96 surveys were applied. The results indicated that the knowledge was different depending on the locality of origin, schooling, and gender of the survey respondent. Women showed a greater sense of pride and positive perception about their cultural heritage. Salinas has valuable cultural patrimony for the population in the region; as a whole, La Casa Grande, El Palomar and La Salinera represent an opportunity to activate the tourism sector.

Keywords: tourist attractions, tangible patrimony, intangible patrimony, identity, development.

INTRODUCCIÓN

El patrimonio cultural se define como la suma de los bienes tangibles e intangibles de un territorio

construidos por el hombre y que tienen valor histórico, artístico y científico. Es el encuentro entre obras arquitectónicas, monumentos, sitios arqueológicos, obras de arte, costumbres, tradiciones, rituales, fiestas, leyendas, creencias y modos de vida (UNESCO, 1972; Arévalo, 2004; García, 2009; Vergara, 2009; Palma, 2013; Martos y Martos, 2015). De acuerdo a Retnasih *et al.* (2015) la percepción social del patrimonio tangible es un acto de evaluación mediante el reconocimiento de los valores estéticos ya sea exteriores o interiores de éste, por ejemplo; arquitectura, material, color y escala. Su valoración puede ser emocional, transmitida por la identidad, el simbolismo, la nostalgia y el placer. Mientras tanto, el patrimonio intangible es apreciado por el sentido de pertenencia como parte de una memoria colectiva, la construcción e interacción de los ciudadanos donde existen modos de vida, creencias y prácticas comunes (Andrade, 2012). Observado desde el enfoque sistémico, varios factores influyen en la percepción y valoración de la población sobre su patrimonio cultural (tangible e intangible) (Davis *et al.*, 2014), entre ellos destacan el sentimiento de pertenencia, la escolaridad, edad, actividad económica, espacio geográfico, costumbres y tradiciones (Sarmiento y Bermúdez, 2014). Según Dos Santos *et al.* (2015) el patrimonio cultural considerado como recurso turístico contribuye a la perpetuación de bienes tangibles e intangibles, a la formación de identidad y fomenta la sustentabilidad ambiental. Se constituye entonces como un agente que coadyuva al desarrollo de las regiones rurales y urbanas. Gracias a este recurso, México cuenta con un amplio sector turístico en crecimiento que representó para 2015 el 8.5% del PIB nacional (OCDE, 2016); por tanto, el objetivo de este estudio fue identificar el patrimonio cultural con potencial turístico, así como contrastar el conocimiento y percepción que tienen los habitantes del municipio de Salinas, San Luis Potosí, México, acerca de este recurso.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en Salinas, San Luis Potosí, México (Figura 1) durante los meses de febrero y marzo de 2016

y 2017 correspondientes al periodo de fiestas patronales denominadas como Feria Regional de Salinas (FERESA) (23° 11' y 22° 27' N; 101° 22' y 101° 57' O), con una altitud de 1900 y 2800 m. Cuenta con un total de 102 localidades. El municipio tiene una superficie total de 1,765.794 km² y una población total de 30,190 habitantes (INEGI, 2010). Colinda al norte con los municipios de Charcas, Venado, Moctezuma y el estado de Zacatecas; al oeste con el estado de Zacatecas y el municipio de Villa de Ramos (INEGI, 2009). Para la identificación del patrimonio cultural del municipio se utilizó como base el Inventario de Recursos Turísticos de la Zona Altiplano de San Luis Potosí elaborado por Blanco *et al.* (2015) realizado de acuerdo a los criterios establecidos por el Centro Interamericano de Capacitación Turística (CICATUR) y la Organización de Estados Americanos (OEA) en 1978.

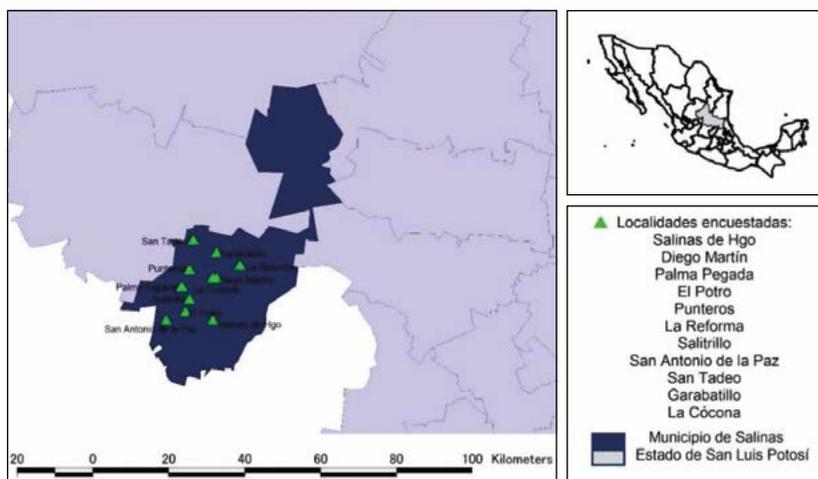


Figura 1. Ubicación del área de estudio y localidades encuestadas. Elaboración propia en ArcView 3.2a, 2017.

La determinación del patrimonio tangible del municipio se hizo mediante visitas para el levantamiento de fichas descriptivas de cada elemento considerado como tal según la metodología referida (Cuadro 1).

En el caso del patrimonio intangible, la recolección de información se llevó a cabo mediante el método etnográfico como herramienta de observación de las prácticas culturales de los habitantes del municipio (Andrade, 2012).

El patrimonio cultural de Salinas, San Luis Potosí

Salinas se distinguió por la antigua explotación de las lagunas saladas que existen en su territorio, fueron descubiertas hacia 1561 por Juan de Tolosa (Rivera, 2010). Su función principal era proveer sal a las haciendas tanto

Cuadro 1. Clasificación de recursos turísticos de Salinas según CICATUR-OEA.

Recurso	Categoría	Sub categoría	Denominación
Sociocultural	Manifestaciones culturales	Arquitectura e infraestructura histórica y contemporánea	La Salinera
			Casa Grande
			El Palomar
	Folclore	Arquitectura religiosa	Parroquia de Nuestro Padre Jesús
			Manifestaciones religiosas y creencias populares
	Ferías y festivales	Feria Regional de Salinas (FERESA)	

Fuente: Elaboración propia a partir de la metodología de inventario turístico de la CICATUR-OEA, 1978.

mixtas como de beneficio de los reales mineros (Guevara, 2014). Al crearse las intendencias de la Nueva España en 1786 Salinas se designó a la de San Luis Potosí (Sánchez, 2010) obteniendo la categoría de Villa en 1824. Para 1826 se constituyó como municipio del partido de Ojocaliente (Gortari, 2010). En 1865 se convierte en Comisaría de San Luis Potosí y pasa a ser municipio libre del estado de San Luis Potosí en el año de 1917. Finalmente, el decreto número 22 del año 1960 del Congreso de San Luis Potosí le dio el nombre oficial de Salinas de Hidalgo a la cabecera del municipio en honor al Padre de la Patria que estuvo en la población en 1811 (Hermosillo, 2002).

La Casa Grande

Construida en 1842 por Joaquín María Errazu empresario español monopolista del mercado de la sal, pólvora y tabaco en la región (Vázquez, 2014). Se encuentra resguardada por un foso amurallado con atalayas de vigilancia, siendo posible el acceso al predio gracias a un puente elevadizo. En su interior dos amplios patios dan forma a la distribución de los espacios de la casa, resaltando entre éstos una habitación en la que se hospedó el presidente Benito Juárez en 1867 (Hermosillo, 2009). Desde hace diez años este recinto alberga al Centro Cultural de Salinas utilizado para realizar conciertos, exposiciones e impartir talleres de arte. Además es sede del Archivo Histórico de la Negociación Salinera.

El Palomar

El Palomar es el símbolo de Salinas. Se encuentra en las inmediaciones de la Casa Grande. Es una edificación circular semejante a una torre que se localiza sobre una isla artificial en medio de un estanque de agua de temporal. Construido entre 1861 y 1862 por la familia Errazu, este ojo de agua fue cercado para conectarse al resto del amurallado de la casa y aprovechar el recurso hídrico. Hermosillo (2009) menciona que aún en la prime-

ra mitad del siglo XX se hacían paseos en lancha en el estanque. Actualmente en sus inmediaciones existe un parque, lugar predilecto para realizar actividades recreativas.

La Salinera o Fábrica de Calderas

La necesidad de abastecer a las haciendas de beneficio minero, facilitó que Salinas se erigiera como una importante unidad de producción de sal, principalmente por su empleo en la minería (Guevara, 2014). Las Reales Salinas de Santa María del Peñón Blanco fueron propiedad de la Corona Española, al conquistarse el territorio las salinas se pusieron bajo la administración de la Real Hacienda en 1778. En 1842 el gobierno de Antonio López de Santa Ana las vendió a Cayetano Rubio Álvarez del Condarco, empresario español nacionalizado mexicano. Posteriormente, Rubio vendió la propiedad a su yerno Joaquín María Errazu Goicoechea en 1846. El negocio perteneció a la familia Errazu hasta 1906, ese mismo año la propiedad fue vendida a la compañía inglesa "Salinas of Mexico" y para 1944 pasó a manos de empresarios mexicanos adquiriendo el nombre "Salinas de México S.A" (Vázquez, 2010). En 1981 la empresa se declaró en quiebra y fue abandonada. Su estado actual es deplorable debido a los actos de vandalismo, así como a falta de gestión y restauración.

Santuario de Nuestro Padre Jesús

Debido a las crecientes necesidades espirituales de los feligreses de Salinas, El Santuario de "Nuestro Padre Jesús" comenzó a edificarse en el año de 1819 y concluyó en 1823 (Hermosillo, 2002). En 1906 se autorizó una ampliación para dar abasto a los servicios eclesiásticos de la población. Su aspecto actual proviene de principios de los años setentas, periodo en que las paredes exteriores que originalmente eran de piedra fueron recubiertas con cantera. En su interior alberga partes del retablo original y algunas pinturas de finales del siglo XIX. Gracias a



la importancia que adquirió la figura de Jesús de Nazaret (que data de 1755) como santo patrono de Salinas, en 1999 el templo fue elevado a la categoría de Santuario Arquidiocesano (Hermosillo, 2002).

Fiestas tradicionales de Salinas

En 1902 se decretó la fiesta del patronato de Nuestro Padre Jesús para el primer viernes del mes de marzo de cada año. A partir de la declaración comenzó el auge de peregrinaciones, misas y danzas volviéndose una tradición salinense (Hermosillo, 2002; Página Oficial Santuario de Salinas, 2016). Una vez depositada la figura de Jesús de Nazaret al pie de la nave del Santuario, se da comienzo a la FERESA. La devoción sobre dicha imagen, se manifiesta a través de la concurrencia desde puntos distantes del país para pedir favores y dar gracias.

Con la finalidad de enriquecer las fichas descriptivas, se realizó observación participante y no participante de las actividades que se llevan a cabo durante la época de feria, tales como las danzas tradicionales, peregrinaciones, conciertos y exposiciones artísticas. Para identificar el conocimiento que tiene la población sobre su patrimonio cultural, se aplicaron encuestas en 11 localidades a partir de un muestro simple aleatorio con un nivel de confianza de 90% y un error de 0.10 mediante la fórmula para poblaciones finitas (1) (Hernández *et al.*, 2003); el resultado se filtró por tamaño de localidades uno, dos, tres, cuatro y ocho de acuerdo al censo de población y vivienda del Instituto de Estadística y Geografía (INEGI) para el año 2010 obteniendo una muestra de 96 encuestas.

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * P * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * P * q} \quad (1)$$

Donde N es la población total, n es el tamaño de la muestra, P es la probabilidad de éxito, Z_{α}^2 es el nivel de confianza, q es la probabilidad de fracaso y d es la precisión absoluta.

La encuesta se dividió en tres segmentos que contaron con los siguientes reactivos: I. Datos generales (edad, sexo, escolaridad y localidad de residencia), II. Identidad y sentimiento de pertenencia (conocimiento de patrimonio tangible e intangible y orgullo) y III. Valor utilitario del patrimonio (percepción de recursos con potencial turístico, importancia y conservación del patrimonio). Los datos obtenidos fueron procesados para su análisis

estadístico en el paquete IBM SPSS Statistics 22[©] (2011). Se realizaron las pruebas no paramétricas Kruskal-Wallis (Mikery-Gutiérrez *et al.*, 2014) y U de Mann (Field, 2009). La prueba Kruskal-Wallis (KW) contrastó las variables de localidad y escolaridad con las de patrimonio tangible e intangible, así como con las de percepción y valor utilitario del patrimonio. Mediante la prueba U de Mann Whitney (UMW) se contrastó la variable género con las antes referidas para el patrimonio cultural.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Descriptivos generales

Una vez clasificado el patrimonio, la aplicación de las encuestas arrojó los siguientes resultados generales: La edad promedio fue de 43.2 ± 17.5 años; el 48.96% son del género femenino y 51.04% del género masculino. El porcentaje de escolaridad se distribuyó de la siguiente manera: 6.25% sin estudios, 37.5% con primaria, 23.96% con secundaria, 17.71% con preparatoria, 9.48% con universidad y 5.21% con posgrado (Cuadro 2).

Identidad y sentimiento de pertenencia: conocimiento del patrimonio tangible e intangible según localidad, género y escolaridad

Patrimonio tangible

En cuanto al conocimiento del patrimonio tangible según la localidad de origen de los encuestados, los resultados mostraron diferencias significativas para tres de las cuatro edificaciones históricas localizadas en el área de estudio. La primera edificación fue El Palomar ($X^2=37.08$, $gl=10$, $p<0.05$) en donde los encuestados de la localidad Salitrillo tuvieron menor conocimiento de éste. La Casa Grande obtuvo diferencias, siendo los encuestados originarios de La Reforma los de menor conocimiento sobre esta edificación ($X^2=28.34$, $gl=10$, $p<0.05$). El conocimiento de la Parroquia también registró diferencias, donde nuevamente los encuestados de La Reforma tuvieron menor conocimiento ($X^2=30.31$, $gl=10$, $p<0.05$). Finalmente, la Salinera no mostró ninguna diferencia. El nivel de escolaridad obtuvo diferencias sólo para El Palomar, ya que los encuestados con nivel de primaria fueron los de menor conocimiento ($X^2=10.86$, $gl=4$, $p<0.05$). El reconocimiento del patrimonio según el género de los encuestados, mostró diferencias sólo para una de las cuatro edificaciones (La Casa Grande) ($z=-2.14$, $p<0.05$).

Patrimonio intangible

El patrimonio intangible, conformado principalmente por las tradiciones religiosas, obtuvo diferencias en

Cuadro 2. Resultados generales de la encuesta aplicada en el municipio de Salinas.

Localidad	No. de encuestados	Edad	Género (%)		Escolaridad (%)
			Masculino	Femenino	
Diego Martín	4	34.25±4.86	25	75	Primaria: 50 Secundaria: 50
Garabatlillo	3	50.00±10.15	0	100	Primaria: 100
El Potro	4	66.50±17.14	0	100	Primaria: 100
La Cócona	5	37.40±12.99	40	60	Sin estudios: 20 Primaria:40 Secundaria:20 Preparatoria:20
Palma Pegada	5	39.40±4.98	40	60	Primaria:40 Secundaria:40 Preparatoria:20
La Reforma	6	51.00±14.11	16.66	83.33	Primaria: 50 Secundaria: 33.33 Preparatoria:16.66
Salinas de Hidalgo	53	40.55±17.90	60.37	39.62	Sin estudios: 5.66 Primaria: 22.64 Secundaria: 22.64 Preparatoria: 24.52 Universidad:15.09 Posgrado 9.43
San Antonio de La Paz	5	40.00±17.96	60	40	Sin estudios: 20 Primaria:20 Secundaria: 60
San José de Punteros	7	53.86±18.97	42.86	57.14	Sin estudios: 14.28 Primaria: 57.14 Secundaria:14.28 Preparatoria:14.28
San Tadeo	3	34.00±11.53	66.66	33.33	Primaria: 66.66 Universidad: 33.33
Salitrillo	1	76.00±0.00	100	0	Primaria:100

las tres comparaciones. Según la localidad de origen del encuestado, hubo diferencias significativas para los tres intangibles mencionados: Santo ($X^2=33.86$, $gl=10$, $p<0.05$), Fiesta Patronal ($X^2=36.20$, $gl=10$, $p<0.05$) y Asistencia a la FERESA ($X^2=19.45$, $gl=10$, $p<0.05$). En los tres casos fue la localidad La Reforma la que contó con menor conocimiento sobre dichos intangibles. La escolaridad no evidenció influencia sobre el conocimiento del patrimonio intangible, pues no hubo ninguna diferencia significativa. Para el caso de la comparación por género, se obtuvieron diferencias sólo para dos de los tres intangibles. Las mujeres tuvieron un mayor conocimiento de la figura del Santo Patrono ($z=-2.23$, $p<0.05$). El conocimiento de la realización de la Fiesta también tuvo diferencias, siendo las mujeres las que poseen mayor conocimiento acerca de este intangible ($z=-2.23$, $p<0.05$).

Valor utilitario del patrimonio según localidad, escolaridad y género

La percepción del patrimonio (estado de conservación del patrimonio y orgullo por el patrimonio), así como su valor utilitario (beneficio personal y familiar, herencia para el futuro, herencia cultural y turística) se compararon de igual manera por localidad, escolaridad y género.

Percepción

En cuanto al estado de conservación del patrimonio sólo 6.25% dijo que las condiciones físicas de las edificaciones eran buenas, mientras que 36.46% respondió que éstas están en malas condiciones. Sin embargo la prueba KW no mostró diferencias en cuanto a localidad; tampoco en lo respectivo a escolaridad y género. Sin embargo, el sentimiento de orgullo hacia el patrimonio obtuvo diferencias para localidad y género, más no así

para escolaridad. En el caso de localidad, fueron los encuestados originarios de San José de Punteros quienes manifestaron mayor orgullo de su patrimonio cultural ($\chi^2=4.64$, $gl=10$, $p<0.05$), mientras que para el contraste por género, el orgullo por el patrimonio cultural fue más fuerte en las mujeres ($z=-1.97$, $p<0.05$).

Valor utilitario del patrimonio

La comparación entre las variables de localidad y valor utilitario, no registraron diferencia significativa; la escolaridad tampoco reveló diferencias. Finalmente, en cuanto a género sólo hubo diferencia en la consideración del patrimonio como herencia cultural para el desarrollo del turismo, siendo más valorado por las mujeres ($z=-2.01$, $p<0.05$).

CONCLUSIONES

Salinas de Hidalgo cuenta con patrimonio cultural valioso para la población de la región. Gracias al nombramiento como Santuario Arquidiocesano, el templo de Jesús María y José atrae cientos de visitantes cada año a la localidad de Salinas de Hidalgo. En conjunto La Casa Grande, El Palomar y La Salinera representan una valiosa oportunidad para detonar el sector turismo; las condiciones de los edificios son de regulares a malas por lo que su intervención es urgente. En la zona centro de la cabecera municipal existen edificaciones como las casonas y antiguas tiendas abandonadas que pueden ser rescatadas para usos alternativos. Es importante resaltar que un 49% de los encuestados mencionó que la localidad de Salinas de Hidalgo puede convertirse en Pueblo

Mágico. En éste contexto, se considera importante dar continuidad a este tema mediante la integración de actores locales en la investigación sobre su patrimonio natural, procesos sociohistóricos de la región, evaluación de su sostenibilidad turística y la restauración y conservación de sus bienes culturales y naturales.

LITERATURA CITADA

- Andrade N. 2012. San Martín de las Flores. Su reproducción cultural a través de la fiesta patronal y sus danzas. Instituto Jalisciense de Antropología e Historia. México.
- Arévalo J. 2004. La tradición y la identidad. Revista de estudios extremeños. ISSN 0210-2854, 60 (3). 925-956 p.
- Blanco P., Vázquez V., Reyes J., Guzmán M. 2015. Inventario de recursos turísticos como base para la planificación territorial en la zona Altiplano de San Luis Potosí, México. Cuadernos de Turismo, n°35, 17-42. Universidad de Murcia, España.
- Censo de Población y Vivienda. 2010. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). México.
- Convención sobre la protección del patrimonio mundial, cultural y natural 1972. UNESCO. París. Consultado el 10 de enero de 2017 en <http://whc.unesco.org/archive/convention-es.pdf>.
- Davis M., Challenger R., Jayewardene D., Clegg C. 2014. Advancing socio-technical systems thinking: A call for bravery. Applied Ergonomics. (45), Issue 2, 171-180.
- Dos Santos A., Medina P., Oliveira C. 2015. Percepción de los residentes sobre el desarrollo turístico sostenible basado en el patrimonio cultural: el caso de la ciudad de Sao Cristovao, Sergipe, Brasil. XII Seminário da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Turismo.
- Field A. 2009. Logistic regression. In *Discovering Statistics Using SPSS* (Third Edit, pp. 264-315). Chennai, India: SAGE Publications.
- García Z. 2009. ¿Cómo acercas los bienes patrimoniales a los ciudadanos? Educación patrimonio, un campo emergente en la gestión del patrimonio cultural. Revista de Turismo y Patrimonio Cultural PASOS. (7) 2, 271-280.

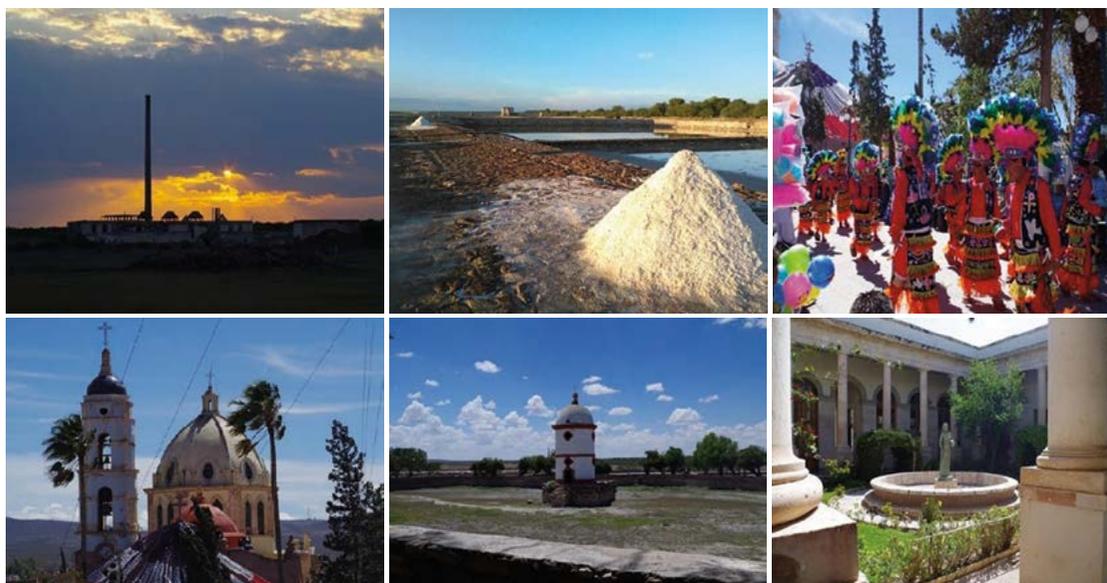


Figura 2. Patrimonio cultural del municipio de Salinas: La Salinera, Las pilas de sal, Los danzantes de la FERESA, La Parroquia, El Palomar y La Casa Grande, 2017.

- Gortari H. 2010. La estructuración y delimitación del territorio: La organización política territorial de San Luis Potosí (1824-1835). En Monroy, M., Gortari, H. (Coord.). San Luis Potosí. La invención de un territorio. Siglos XVI-XIX. El Colegio de San Luis, A.C., LXI Legislatura del H. Congreso del Estado de San Luis Potosí, Secretaría de Cultura del Gobierno del Estado de San Luis Potosí. México.
- Guevara X. 2014. La industrialización de las Salinas del Peñón Blanco: Caso laguna de Santa María. Revista Gremium, 3, enero-julio 2015.
- Hermosillo J. 2002. Las fiestas de marzo de Salinas del Peñón Blanco. Edición privada, San Luis Potosí, México.
- Hermosillo J. 2002. Salinas del Peñón Blanco en el tiempo y el espacio. H. Ayuntamiento de Salinas 2000-2003. Salinas de Hidalgo, México.
- Hermosillo J. 2009. Casa Grande. Sucinta historia de la Casa Grande de la Negociación Salinera de Salinas del Peñón Blanco, S.L.P. Edición del autor. Salinas de Hidalgo, México.
- Hernández R., Fernández R., Bautista P. 2003. Metodología de la Investigación. McGrawHill Interamericana, México.
- IBM Corp. Released 2011. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 22.0. Armonk, NY: IBM Corp.
- INEGI. 2009. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Salinas, San Luis Potosí.
- Martos A., Martos E. 2015. Las leyendas regionales como intangibles territoriales. Investigaciones Regionales - Journal of Regional Research, 137-157.
- Mikery-Gutiérrez M., Pérez-Vázquez A., Piñar-Álvarez M., García-Albarado J., Asiain-Hoyos A. 2014. Valoración agroecoturística de Tepexilotla, Chocamán, Veracruz; desde la perspectiva del visitante. Revista Agroproductividad. Julio-agosto. Año 5 (4): 10-16.
- OCDE. 2016. Estudios de la Política Turística de México. Resumen Ejecutivo, Evaluación y Recomendaciones. Edición en español de la Secretaría de Turismo de México.
- OEA. 1978. Metodología de inventario turístico en Quinto. Curso Interamericano de Planificación del Desarrollo Turístico. Organización de Estados Americanos, México.
- Página oficial Santuario de Salinas. Consultada el 3 de febrero de 2017 en <http://www.santuariodesalinas.org.mx>
- Palma J. 2013. El patrimonio cultural, bibliográfico y documental de la humanidad. Revisión conceptual, legislativas e informativas para una educación sobre patrimonio. Cuicuilco número 58, septiembre-diciembre.
- Retnasih S., Pribadi W., Iman S. 2015. Correlations Between Public Appreciation of Historical Building and Intention to Visit Heritage Building Reused as Retail Store. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 184, 357-364. Bandung, Indonesia.
- Rivera J. 2010. Transformación territorial de la frontera chichimeca, 1559-1591. En Monroy, M., Gortari, H. (Coord.). San Luis Potosí. La invención de un territorio. Siglos XVI-XIX. El Colegio de San Luis, A.C., LXI Legislatura del H. Congreso del Estado de San Luis Potosí, Secretaría de Cultura del Gobierno del Estado de San Luis Potosí. México.
- Sánchez J. 2010. Cambios en el orden político y la organización territorial del Partido de Charcas, San Luis Potosí, 1812-1826. En Monroy, M., Gortari, H. (Coord.). San Luis Potosí. La invención de un territorio. Siglos XVI-XIX. El Colegio de San Luis, A.C., LXI Legislatura del H. Congreso del Estado de San Luis Potosí, Secretaría de Cultura del Gobierno del Estado de San Luis Potosí. México.
- Sarmiento J., Bermúdez F. 2014. Patrimonio arquitectónico y sociedad en el paisaje cultural cafetalero. Análisis de la percepción social y relación de saberes. Designa, 3(1), 74-91. Colombia.
- UNESCO. 1972. Convención sobre la protección del patrimonio mundial, cultural y natural. Conferencia General de la Ciencia y la Cultura 17a reunión. Francia.
- Vázquez D. 2010. Propiedad y territorio Las Salinas del Peñón Blanco, 1835-1885. En Monroy, M., Gortari, H. (Coord.). San Luis Potosí. La invención de un territorio. Siglos XVI-XIX. El Colegio de San Luis, A.C., LXI Legislatura del H. Congreso del Estado de San Luis Potosí, Secretaría de Cultura del Gobierno del Estado de San Luis Potosí. México.
- Vázquez D. 2014. Intereses públicos y privados en la configuración del territorio y la propiedad. Las Salinas del Peñón Blanco, 1778-1846. El Colegio de San Luis, México.
- Vergara R. 2009. Centros Históricos: El Patrimonio como herramienta del Desarrollo Social. Memorias. Revista digital de historia y Arqueología desde el Caribe Colombiano. Año 6, N°11.



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





MAESTRÍA en CIENCIAS INNOVACIÓN en MANEJO de RECURSOS NATURALES

OBJETIVO

Preparar profesionales a nivel postgrado, dentro del ámbito del desarrollo e innovación en el manejo sustentable de recursos naturales para la transformación rural, que se integren dentro de los sectores público y privado y sean coadyuvantes en el desarrollo rural y en el mejoramiento de la calidad de vida de la sociedad.

Innovando con ciencia y visión sustentable



Programa con reconocimiento del Padrón Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC) del CONACYT

Duración: **2 años**

Becas CONACYT al 100% para los estudiantes aceptados a cursar el programa de Maestría en Ciencias en Innovación en Manejo de Recursos Naturales

Fechas límite para recepción de documentos:

- Último día de Septiembre de cada año para ingreso en enero del siguiente año
- Último día de Mayo de cada año para ingreso en Agosto del mismo año

Los requisitos de ingreso y formato de admisión pueden descargarse en www.colposslp.mx

Informes

Subdirección de Educación. Campus San Luis Potosí.
Colegio de Postgraduados
Tel. 01 (496) 963 0240 y 0448 ext. 4020 y 4008
admisiones.cslp@colpos.mx
Iturbide #73, Salinas de Hidalgo, S.L.P. C.P. 78600