

Riqueza de papas silvestres

(*Solanum* sección *Petota*)

y patrones de distribución geográfica en México

pág. 3

Año 8 • Volumen 8 • Número 1 • enero–febrero, 2015

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE CHILES SILVESTRES Y SEMIDOMESTICADOS DE LA REGIÓN HUASTECA DE MÉXICO	9
POTENCIAL ALIMENTICIO DE LOS TOMATES DE CÁSCARA (<i>Physalis</i> spp.) DE MÉXICO	17
EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE GERMOPLASMA DE CHILE HABANERO (<i>Capsicum Chinense</i> Jacq.)	24
CONOCIMIENTO ACTUAL DEL CULTIVO DE CAMOTE (<i>Ipomoea batatas</i> (L.) Lam.) EN MÉXICO	30
EL CHILE HUACLE (<i>Capsicum annum</i> sp.) EN EL ESTADO DE OAXACA, MÉXICO	35
DIVERSIDAD Y DISTRIBUCIÓN DE CALABAZAS (<i>Cucurbita</i> spp.) EN GUERRERO, MÉXICO	40

y más artículos de interés...

Estructura

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

La estructura de la contribución será la siguiente:

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

Formato

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

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

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

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

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

Citas libros y Revistas:

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

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

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

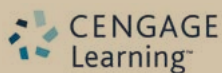
Tabla comparativa.

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



Contenido

3	RIQUEZA DE PAPAS SILVESTRES (<i>Solanum</i> sección <i>Petota</i>) Y PATRONES DE DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA EN MÉXICO
9	CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE CHILES SILVESTRES Y SEMIDOMESTICADOS DE LA REGIÓN HUAASTECA DE MÉXICO
17	POTENCIAL ALIMENTICIO DE LOS TOMATES DE CÁSCARA (<i>Physalis</i> spp.) DE MÉXICO
24	EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE GERMOPLASMA DE CHILE HABANERO (<i>Capsicum Chinense</i> Jacq.)
30	CONOCIMIENTO ACTUAL DEL CULTIVO DE CAMOTE (<i>Ipomoea batatas</i> (L.) Lam.) EN MÉXICO
35	EL CHILE HUACLE (<i>Capsicum annuum</i> sp.) EN EL ESTADO DE OAXACA, MÉXICO
40	DIVERSIDAD Y DISTRIBUCIÓN DE CALABAZAS (<i>Cucurbita</i> spp.) EN GUERRERO, MÉXICO
47	ETNOBOTÁNICA DE LAS CALABAZAS CULTIVADAS (<i>Cucurbita</i> spp.) EN VALLES CENTRALES DE OAXACA, MÉXICO
54	COMPARACIÓN DE HUELLAS DE DNA EN HOJA Y FRUTO DE <i>Capsicum</i> spp.: INFERENCIA DE POLINIZACIÓN CRUZADA
62	CARACTERIZACIÓN AGROMORFOLÓGICA DE <i>Physalis pruinosa</i>



Master Journal List — Thomson Reuters

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

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

Corrección de estilo: Hannah Infante Lagarda

Maquetación: Alejandro Rojas Sánchez

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.

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

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

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
Fernando Clemente S.
Dr. Ing. Agr. Catedrático Fauna Silvestre

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

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

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

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

Instituto de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias
Manuel R. Villa Issa
Dr. Ing. Agr. Economía Agrícola. Coordinador de
Investigación, Innovación y Vinculación

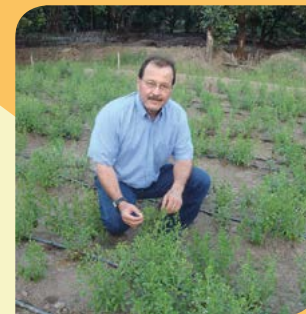
Pedro Cadena I.
Dr. Ing. Agr. Transferencia de Tecnología

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

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

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

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



Dr. Jorge Cadena Iñiguez

Editorial

Volumen 8 • Número 1 • enero–febrero, 2015.

AGRO PRODUCTIVIDAD entrega resultados de investigación en especies neotropicales realizada por las redes de investigación y conservación del Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos (SINAREFI), que depende de la estructura del Sistema Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS-SAGARPA); además de dar la bienvenida al Dr. Manuel David Sánchez Hermosillo, quien se ha incorporado al Comité Técnico-Científico de la revista a partir de enero 2015. El Dr. Sánchez, es Ing. Agro. Zootecnista por la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, con Maestría en Ciencias en nutrición animal por la Universidad de Aberdeen, Escocia, Reino Unido, y Doctorado en Nutrición Subespecialidad en manejo de pastizales por la Universidad de California en Davis, EUA. Su trayectoria académica y de investigación incluyen la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad de Yucatán como profesor e investigador; Asistente de enseñanza en la Universidad de California, Davis; como profesor asociado en la Universidad Estatal de Carolina de Norte, Raleigh, NC., EUA en el Departamento de C. Animal, además de Profesor en la Universidad de Illinois, Urbana-Champaign, IL, EUA., en el Departamento de Ciencia Animal. De 1993 a 2003 fungió como Oficial de Producción Animal en la Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) en Roma, Italia; posteriormente se desempeñó como Secretario de Desarrollo Agropecuario y Recursos Hidráulicos del Gobierno del Estado de San Luis Potosí; y desde 2010 a la fecha, como Representante del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) en República Dominicana. La trayectoria profesional y compromiso del Dr. Sánchez Hermosillo con la investigación y transferencia tecnológica para inducir innovaciones en el sector rural, fortalecerán el crecimiento y cobertura, tanto geográfica, como temática de **AGRO PRODUCTIVIDAD** como ventana de divulgación de la ciencia y la tecnología.

Jorge Cadena Iñiguez
Director de **AGRO PRODUCTIVIDAD**

RIQUEZA DE PAPAS SILVESTRES (*Solanum* sección *Petota*) Y PATRONES DE DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA EN MÉXICO

SPECIES RICHNESS OF WILD POTATOES (*Solanum* section *Petota*) AND GEOGRAPHIC DISTRIBUTION PATTERNS IN MEXICO

Rodríguez, A.

Herbario Luz María Villarreal de Puga, Instituto de Botánica, Departamento de Botánica y Zoolo-
gía, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara, Km
15.5 carretera Guadalajara-Nogales, Las Agujas, 45200 Zapopan, Jalisco, México.

Autor responsable: rca08742@cucba.udg.mx

RESUMEN

México es un centro de diversificación de papas silvestres. Las plantas son importantes porque producen tubérculos comestibles y son fuente de resistencia a plagas, enfermedades y estrés ambiental. Por otra parte, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) valoran la diversidad biológica de un territorio, analizan características morfológicas en un contexto geográfico y muestran sitios geográficos con la mayor riqueza de plantas con características deseables. Utilizando SIG, se analizó la riqueza de papas silvestres en México dividido por estados, provincias biogeográficas y una cuadrícula de 40x40 km. 28 especies crecen en México y 21 están localizadas a lo largo del Eje Volcánico Transmexicano (EVT), en Jalisco, Michoacán, Querétaro, Hidalgo, Estado de México, Puebla y Distrito Federal. En Michoacán, dos celdas contienen entre 14 y 16 especies cada una. Por último, la historia evolutiva de Solanaceae y geológica el EVT explica la distribución y riqueza de papas silvestres en México.

Palabras clave: Sistemas de Información Geográfica, Eje Volcánico Transmexicano, papas silvestres

ABSTRACT

México is a diversification center for wild potatoes. The plants are important because they produce edible tubers and are a source of resistance to plagues, diseases and environmental stress. On the other hand, Geographic Information Systems (GIS) evaluate the biological diversity of a territory, analyze the morphological characteristics within a geographic context, and show the geographic sites with the greatest wealth of plants with desirable characteristics. The wealth of wild potatoes in México was analyzed using GIS, divided by states, biogeographical provinces, and a 40x40 grid. In México, 28 species grow and 21 are located along the Trans-Mexican Volcanic Belt (Eje Volcánico Transmexicano, EVT), in Jalisco, Michoacán, Querétaro, Hidalgo, Estado de México, Puebla and Distrito Federal. In Michoacán, two cells contain between 14 and 16 species each. Finally, the evolutionary history of Solanaceae and geological history of the EVT explain the distribution and wealth of wild potatoes in México.

Keywords: Geographic Information Systems, Trans-Mexican Volcanic Belt, wild potatoes.



INTRODUCCIÓN

Las papas silvestres (*Solanum* sección *Petota*: Solanaceae) crecen desde el suroeste de los Estados Unidos de Norteamérica, a 38° de latitud Norte, hasta el sur de Chile, en los 41° de latitud Sur (Hijmans y Spooner, 2001). La mayoría de las especies crecen en los Andes, pero México es también un centro de diversificación (Spooner *et al.*, 2004). Las papas silvestres mexicanas son importantes, ya que los tubérculos de *Solanum cardiophyllum* Lindl. (Figura 1) y *S. ehrenbergii* (Bitter) Rydb. se utilizan como alimento humano en el altiplano potosino zacatecano (Rodríguez y Villa-Vázquez, 2010). La zona de mayor tradición por su consumo se localiza en la confluencia de los estados de Aguascalientes, Jalisco, Guanajuato, San Luis Potosí y Zacatecas. También, los tubérculos de *S. stoloniferum* Schltld. se comen en el noreste del estado de Jalisco (Villa-Vázquez y Rodríguez, 2010).

Mejor aún, las especies mexicanas y silvestres de papa tienen gran valor en los programas de mejoramiento genético. Son importantes como fuente de resistencia a plagas, enfermedades y estrés ambiental; por ejemplo, el tizón tardío, causado

por *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, es la enfermedad fungosa más severa en papa y algunas especies silvestres mexicanas muestran resistencia en hojas y tubérculos a este patógeno (Bamberg *et al.*, 1994; Bamberg y del Río, 2007). *Solanum demissum* Lindl. fue utilizado extensivamente en la década de 1940 por su resistencia al tizón tardío y, de acuerdo con Ross (1986), 50% de las variedades comerciales de papa cultivadas en el mundo tienen material genético de *S. demissum*. Otras especies que han mostrado dicha resistencia son: *S. bulbocastanum* Dunal, *S. cardiophyllum* Lindl., *S. ehrenbergii* (Bitter) Rydb., *S. guerreroense* Correll, *S. polyadenium* Greenm., *S. pinnatisectum* Dunal, *S. stoloniferum* Schltld., *S. trifidum* Correll y *S. verrucosum* Schltld. (Bamberg *et al.*, 1994; Chen *et al.*, 2003; Zlesak y Thill, 2004; Yermishin *et al.*, 2007). *Solanum stoloniferum* también es resistente al virus "Y" de la papa (Pavek y Corsini, 2001). De manera similar, *S. bulbocastanum* y *S. hougasii* Correll tienen resistencia al nemátodo de la papa, una enfermedad difícil de combatir sin resistencia genética (Brown, 1993). Brown *et al.* (2013) descubrieron la resistencia al nemátodo agallador de Columbia en *S. bulbocastanum*, *S. stoloni-*

ferum y *S. hougasii*. También, Chen *et al.* (2003; 2004) evaluaron la resistencia de *S. bulbocastanum*, *S. cardiophyllum* y *S. pinnatisectum* al escarabajo de Colorado y pata negra. Además, y de acuerdo con Vega y Bamberg (1995), *S. demissum* es la tercera especie con mayor resistencia a heladas y *S. cardiophyllum* resiste la sequía (Villa-Vázquez y Rodríguez, 2010). Por último, Culley *et al.* (2002) descubrieron resistencia al daño mecánico de los tubérculos durante el manejo post-cosecha en *S. hjertingii* Hawkes.

Las especies mexicanas de papa son las más primitivas y diversas (Hawkes, 1990), de tal forma que poseen alelos raros o ausentes en los taxones de América del Sur. Varios autores (Ross, 1986; Hanne-man, 1989; Plaisted y Hoopes, 1989; Spooner y Bamberg, 1994; Love, 1999; Pavek y Corsini, 2001; Bradshaw y Bonierbale, 2010) revisaron el uso de germoplasma silvestre para el desarrollo y el mejoramiento de cultivares de papa, y todos coinciden en la necesidad de conocer, recolectar, caracterizar y evaluar a las especies silvestres de este importante cultivo.

Una herramienta versátil para valorar la diversidad biológica de un



Figura 1. Flor, fruto y tubérculo de *Solanum cardiophyllum*, una papa silvestre mexicana, comestible en el altiplano potosino-zacatecano.

territorio de forma rigurosa, fácil, rápida y relativamente económica son los Sistemas de Información Geográfica (SIG), los cuales evalúan la riqueza y estiman las áreas de distribución geográfica de las especies (Hijmans y Spooner, 2001). Son útiles para analizar las características morfológicas en un contexto geográfico. También, muestran los sitios geográficos que presentan la mayor riqueza de plantas con las características deseables. En el caso de papas silvestres, Hijmans y Spooner (2001) analizaron su distribución geográfica e identificaron seis áreas de alta concentración de especies. Una de ellas se localizó en el Estado de México y en Michoacán a lo largo del Eje Volcánico Transmexicano (EVT). Después, Luna-Cavazos *et al.* (2012) relacionaron la distribución geográfica de las papas silvestres mexicanas con factores climáticos, reflejando que el EVT concentró el mayor número de especies. Con base en lo anterior, se evaluó la distribución geográfica y la riqueza de las especies de papa silvestre (*Solanum* sección *Petota*) en México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se construyó una base de datos a partir de la información disponible en las etiquetas de los ejemplares de herbario. Los datos se agruparon en cuatro categorías: 1) datos taxonómicos, incluidos familia, género, epíteto específico, autor, variedad y autor de la variedad; 2) datos geográficos, como país, estado, municipio, localidad, altitud, latitud y longitud; 3) datos ecológicos tales como hábitat, observaciones y fecha de colecta; y 4) datos curatoriales, como nombre y número del colector, nombre del determinador y nombre de la colección. Se revisaron ejemplares de 86 herbarios mexicanos y extranjeros. También se incluyeron 166 colectas realizadas con la ayuda económica del Sistema Nacional de Recursos Fito-genéticos (SINAREFI-SNICS-SAGARPA) desde 2003. Los registros carentes de datos de latitud, longitud y altitud fueron geo-referidos utilizando el programa de cómputo Google Earth Software 4.2. Para utilizar la información, la base de datos fue convertida a un formato compatible con un SIG (Hijmans *et al.*, 1999) mediante el programa de cómputo ArcView 3.3 (ESRI, 1992-2002). Se analizó la riqueza de las especies por estado, provincia biogeográfica (Morrone, 2005; 2010) y una cuadrícula de 40×40 km, utilizando los programas de cómputo ArcView 3.3 (ESRI, 1992-2002) y DIVA-GIS versión 4 (Hijmans *et al.*, 2004).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvo una matriz de datos con 2,850 registros, de los cuales 1,076 (37%) fueron geo-referidos. Su análisis permitió las siguientes observaciones. En México crecen 28 especies (Figura 2).

El mayor número de registros perteneció a *Solanum stoloniferum* con 738 registros (Figura 3); en contraste, *S. guerreroense* y *S. bulbocastanum*×*S. cardiophyllum* se recolectaron en tres ocasiones cada una (Figura 4). El Estado de México concentró el número más alto de registros, con 491, mientras que el estado de Sinaloa tuvo el valor más bajo con tres (Figura 5). Dieciséis especies fueron recolectadas en Michoacán y Querétaro, mientras que en Jalisco y el Estado de México se registraron 15 y 14 especies, respectivamente, y *Solanum stoloniferum* fue la única encontrada en Baja California Sur (Figura 5).

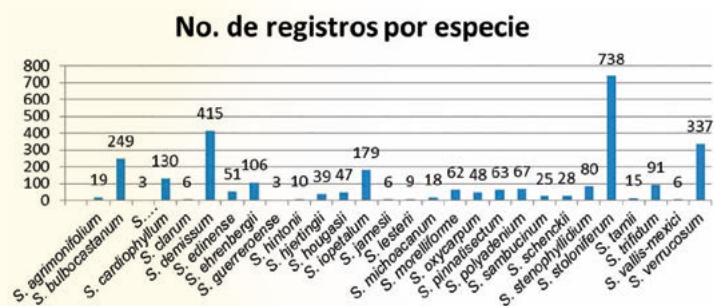


Figura 2. Número de registros de 28 especies en México de papas silvestres: *Solanum stoloniferum*; *S. guerreroense* y *S. bulbocastanum*×*S. cardiophyllum*.



Figura 3. Distribución de *Solanum stoloniferum* en México, como la especie más frecuente.

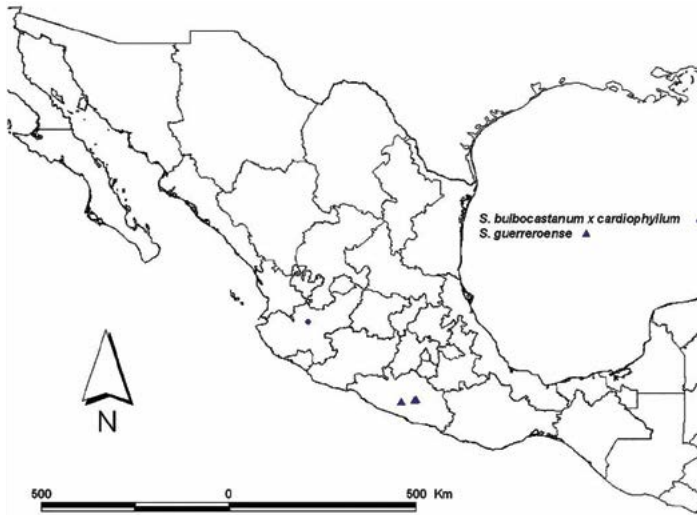


Figura 4. Distribución de *Solanum bulbocastanum* x *S. cardiophyllum* y *S. guerroense*.



Figura 5. Las papas silvestres mexicanas (*Solanum* spp.) recolectadas con mayor frecuencia en el Estado de México, y tres registros en Sinaloa.

En México, la riqueza de especies de papa silvestre no es homogénea. Morrone (2005) reconoció 14 provincias biogeográficas en México agrupadas en dos regiones y una zona de transición. La Zona de Transición Mexicana (ZTM) incluyó a la Sierra Madre Occidental (SMOc), la Sierra Madre Oriental (SMOr), el Eje Volcánico Transmexicano, la Sierra Madre del Sur (SMS) y Chiapas (Ch) (Morrone, 2010).

La mayor riqueza de especies de papa silvestre se localizó a lo largo del EVT en los estados de Jalisco, Michoacán, Querétaro, Hidalgo, México, Puebla y Distrito Federal (Fi-

gura 6). En la zona crecen 21 especies; prefieren altitudes entre 1500 y 3500 m donde crece el bosque de coníferas y *Quercus* spp. (zona ZTM) (Figura 7).

El análisis de la riqueza de *Solanum* sección *Petota*, basado en la cuadrícula de 40x40 km, identificó con más detalle las regiones más ricas (Figura 8). Se obtuvieron dos celdas que contienen entre 14 y 16 especies cada una y están localizadas en Michoacán; otras siete celdas, con 12 y 13 especies cada una, fueron ubicadas en Jalisco (1), Michoacán (3), Querétaro (1), Estado de México (1) y Puebla (1) a lo largo del EVT. La historia evolutiva de Solanaceae y la historia geológica del EVT pueden explicar la distribución y riqueza de papas silvestres en este último. En Solanaceae, papas y jitomates compartieron al ancestro común más próximo (Spooner et al., 2005). Wang et al. (2008) estimaron su divergencia entre 5.1 y 7.3 millones de años en el pasado y durante ese tiempo el EVT estuvo en plena formación; de acuerdo con Gómez-Tuena et al. (2005), el proceso se desarrolló en cuatro etapas: la primera inició hace 19 millones de años (ma) durante el Mioceno medio y terminó hace 8 ma durante el Mioceno tardío. Incluyó a la parte oriental del EVT a partir de Morelia y Querétaro y hasta el Golfo de México. El segundo episodio modificó a todo el EVT en su porción norte, iniciando hace 11 ma durante el Mioceno tardío y se extendió hasta el Plioceno hace 3 ma (Gómez-Tuena et al., 2005). El tercero fue un vulcanismo silícico y bimodal que afectó al occidente y centro de la EVT, justo al sur

del episodio anterior. Se desarrolló desde los 7.5 ma hasta los 3 ma en el pasado. Por último, durante la cuarta etapa se observó un arco volcánico muy variable desde el Plioceno tardío hasta el Cuaternario (Ferrari et al., 2012). En resumen, la formación del EVT generó la diversidad topográfica del centro de México, modificó su clima y favoreció la diversidad vegetal, incluidas las papas silvestres. El origen de las papas silvestres está sujeto a



Figura 6. En Michoacán y Querétaro crecen el mayor número de especies de papa silvestre.

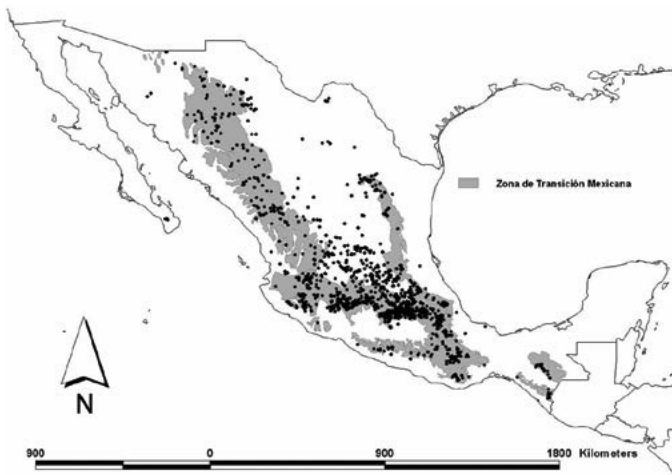


Figura 7. Las papas silvestres mexicanas (*Solanum* spp.) crecen, con mayor frecuencia, en las montañas de la Zona de Transición Mexicana (ZTM).

discusión; Hawkes (1990) sostiene que se originaron en Norte y Centro América como especies diploides y genoma tipo B, las cuales habrían migrado hacia América del Sur, donde evolucionó el genoma tipo A. Otro evento de migración con dirección norte habría generado las especies alopoliploides de Norteamérica (A×B). Wang *et al.* (2008) estimaron que la berenjena, el jitomate y la papa compartieron al mismo ancestro común hace 14 ma, y que el jitomate y la papa se separaron uno del otro hace 7.3 ma, periodo en el cual la migración pudo haber ocurrido. Como alternativa, Simon *et al.* (2011) sugieren que *Solanum* sección *Petota* apareció en América del Sur; su hipótesis se basa en el hecho de que el grupo hermano de las papas silvestres (*Solanum* sección *Lycopersicon* y *Solanum* sección *Juglandifolium*) tienen una distribución geográfica en América del Sur (Spooner *et al.*, 2008).

CONCLUSIÓN

México es un centro de diversificación de los *Solanum* tuberíferos; se trata de un grupo de plantas de ambientes templados y concentrados en la Zona de Transición Mexicana, notando que la formación del EVT favoreció su diversificación.

AGRADECIMIENTOS

Esta contribución es resultado de las actividades de la Red de Papa. Agradecemos el apoyo financiero para el desarrollo de esta investigación al Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y Agricultura (SINAREFI), a través del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). También expresamos nuestro agradecimiento a Marco Antonio Carrasco Ortiz por su ayuda en la geo-referenciación de los registros y su análisis.

ción y Certificación de Semillas (SNICS) de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). También expresamos nuestro agradecimiento a Marco Antonio Carrasco Ortiz por su ayuda en la geo-referenciación de los registros y su análisis.

LITERATURA CITADA

- Bamberg J.B., del Río A.H. 2007. The canon of potato science: genetic diversity and genebanks. *Potato Research* 50: 207-210
- Bamberg J.B., Martin M.W., Schartner J.J. 1994. Elite selections of tuber-bearing *Solanum* species germplasm. Inter-Regional Potato Introduction Station, NRSP-6. United States Department of Agriculture.
- Bradshaw J.E., Bonierbale M. 2010. Potatoes. In: Root and tuber crops, Handbook of plant breeding 7, Braeshaw J.E. (Ed.). Springer Sciences-Business Media. New York, EUA. Pp. 1-52
- Brown C.R. 1993. Origin and history of the potato. *American Potato Journal* 70: 363-373
- Brown C.R., Zhang L., Mojtahedi H. 2014. Tracking the RMc1 gene for resistance to Race 1 of Columbia root-knot nematode (*Meloidogyne chitwoodi*) in three Mexican wild potato species

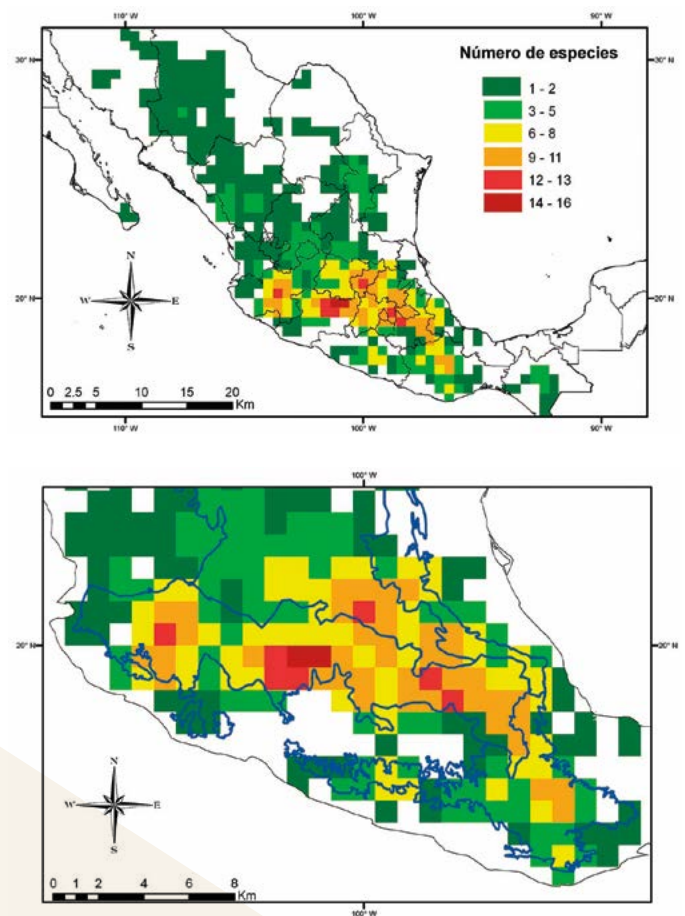


Figura 8. Análisis de riqueza de especies de *Solanum* sección *Petota*, con base en una cuadrícula de 40×40 km, muestra al Eje Volcánico Transmexicano como la zona más rica en especies.

- with different ploidies. *American Journal of Potato Research* 91: 180-185
- Chen Q., Kawchuk L.M., Lynch D.R., Goettel M.S., Fujimoto D.K. 2003. Identification of late blight, Colorado potato beetle, and blackleg resistance in three Mexican and two South American wild 2x (1EBN) *Solanum* species. *American Journal of Potato Research* 80: 9-19
- Chen Q., Sun S., Ye Q., McCuine S., Huff E., Zhang H.B. 2004. Construction of two BAC libraries from the wild Mexican diploid potato, *Solanum pinnatisectum*, and the identification of clones near the late blight and Colorado potato beetle resistance loci. *Theoretical and Applied Genetics* 108: 1002-1009
- Culley D.E., Dean B.B., Brown C.R. 2002. Introgression of the low browning trait from the wild Mexican species *Solanum hjertingii* into cultivated potato (*S. tuberosum* L.). *Euphytica* 125: 293-303
- ESRI. 1992-2002. ArcView 3.3. Environmental Systems Research Institute, Inc. Redlands, California, EUA.
- Ferrari L., Orozco-Esquivel T., Manea V., Manea M. 2012. The dynamic history of the Trans-Mexican Volcanic Belt and the Mexico subduction zone. *Tectonophysics* 522-523: 122-149
- Gómez-Tuena A., Orozco-Esquivel M.T., Ferrari L. 2005. Petrogénesis ígnea de la Faja Volcánica Transmexicana. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 57: 227-283
- Hanneman R.E.Jr. 1989. The potato germplasm resource. *American Potato Journal* 66: 655-667
- Hawkes J.G. 1990. The potato: evolution biodiversity and genetic resources. Belhaven Press, Washington, DC. EUA. 259 p
- Hijmans R.J., Guarino L., Bussink C., Mathur P., Cruz M., Berrantes I., Rojas E. 2004. DIVA-GIS versión 4. Un Sistema de Información Geográfica para el análisis de distribución de especies. Manual. Centro Internacional de la Papa, Instituto Internacional de Recursos Genéticos Vegetales. Lima, Perú. 84 p
- Hijmans R.J., Schreuder M., De la Cruz J., Guarino L. 1999. Using GIS to check co-ordinates of germplasm accessions. *Genetic Resources and Crop Evolution* 46: 291-296
- Hijmans R.J., Spooner D.M. 2001. Geographic distribution of wild potato species. *American Journal of Botany* 88: 2101-212
- Love S.L. 1999. Founding clones, major contributing ancestors, and exotic progenitors of prominent North American potato cultivars. *American Journal of Potato Research* 76: 263-272
- Luna-Cavazos M., Romero-Manzanares A., García-Moya E. 2012. Distribución geográfica de *Solanum* tuberosos silvestres de México y su relación con factores del medio. *Interciencia* 37: 355-362
- Morrone J.J. 2005. Hacia una síntesis biogeográfica de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 76: 207-252
- Morrone J.J. 2010. Fundamental biogeographic patterns across the Mexican Transition Zone: an evolutionary approach. *Ecography* 33: 355-361
- Pavek J.J., Corsini D.L. 2001. Utilization of potato genetic resources in variety development. *American Journal of Potato Research* 78: 433-441
- Plaisted R.L., Hoopes R.W. 1989. The past record and future prospects for the use of exotic potato germplasm. *American Potato Journal* 66: 603-627
- Rodríguez A., Villa-Vázquez J.J. 2010. Catálogo de las áreas en México donde se aprovechan los tubérculos de papa silvestre (*Solanum cardiophyllum* y *S. ehrenbergii*). *Red de Papa. Folleto Técnico* 1: 1-27
- Ross H. 1986. Potato breeding-problems and perspectives. *Advanced Plant Breeding* 13: 1-132
- Simon R., Fuentes A.F., Spooner D.M. 2011. Biogeographic implications of the striking discovery of a 4,000 kilometer disjunct population of the wild potato *Solanum morelliforme* in South America. *Systematic Botany* 36: 1062-1067
- Spooner D.M., Bamberg J.B. 1994. Potato genetic resources: sources of resistance and systematics. *American Potato Journal* 71: 325-337
- Spooner D.M., Peralta I.E., Knapp S. 2005. Comparison of AFLPs with other markers for phylogenetic inference in wild tomatoes [*Solanum* L. Section *Lycopersicon* (Mill.) Wettst.]. *Taxon* 54: 43-61
- Spooner D.M., Rodríguez F., Polgár Z., Ballard H.E.Jr., Jansky S.H. 2008. Genomic origins of potato polyploids: GBSSI gene sequencing data. *Crop Science* 48 (S1): S27-S36
- Spooner D.M., van den Berg R.G., Rodríguez A., Bamberg J.B., Hijmans R.J., Lara-Cabrera S. 2004. Wild potatoes (*Solanum* section *Petota*; Solanaceae) of North and Central America. *Systematic Botany Monographs* 68: 1-209
- Vega S.E., Bamberg J.B. 1995. Screening the US potato collection for frost hardiness. *American Potato Journal* 72: 13-21
- Villa-Vázquez J.L., Rodríguez A. 2010. Hallazgo de papas silvestres [*Solanum cardiophyllum* Lindl., *S. ehrenbergii* (Bitter) Rydb. y *S. stoloniferum* Schldtl.] cultivadas en Jalisco, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 33: 85-88
- Wang Y., Diehl A., Wu F., Vrebalov J., Giovannoni J., Siepel A., Tanksley S.D. 2008. Sequencing and comparative analysis of a conserved syntenic segment in the Solanaceae. *Genetics* 180: 391-408
- Yermishin A.P., Makhan, O.V., Voronkova E.V. 2007. Production of potato breeding material using somatic hybrids between *Solanum tuberosum* L. dihaploids and the wild diploid species *Solanum bulbocastanum* Dunal from Mexico. *Russian Journal of Genetics* 44: 559-566
- Zlesak D.C., Thill C.A. 2004. Foliar resistance to *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary (US-8) in 13 Mexican and South American *Solanum* species having EBNs of 1, 2, and 4 and implications for breeding. *American Journal of Potato Research* 81: 421-429

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE CHILES SILVESTRES Y SEMIDOMESTICADOS DE LA REGIÓN HUASTECA DE MÉXICO

MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF WILD AND SEMI-DOMESTICATED PEPPERS IN MÉXICO'S HUASTECA REGION

Ramírez-Meraz, M.¹; Villalón-Mendoza, H.²; Aguilar-Rincón, V.H.³;
Corona-Torres, T.³; Latournerie-Moreno, L.⁴

¹Campo Experimental Las Huastecas (INIFAP), Cuauhtémoc, Tamaulipas, México.; ²Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. ³Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Edo. México. ⁴Instituto Tecnológico de Conkal, Conkal, Yucatán.

Autor responsable: ramirez.moises@inifap.gob.mx.

RESUMEN

En México, la Región Huasteca se encuentra enclavada en el noreste del país, cubriendo la parte norte de Veracruz, sur de Tamaulipas, oriente de San Luis Potosí y noreste de Hidalgo; en sus áreas de vegetación natural se localiza abundante variación de chiles (*Capsicum* spp) silvestres y semidomesticados, dentro de los cuales predominan los grupos piquín, piquín huasteco, chilpaya (Tabasco), pico de paloma (ozuluamero), mirador pico de pájaro y rayado.

En menor escala se localizan variantes de jalapeños espinaltecó y cuaresmeños, chile de huerta y pajarito. Se realizaron recolectas de los diferentes tipos biológicos para caracterizarlos morfológicamente; fueron identificadas y caracterizadas 102 accesiones de tipos semidomesticados y silvestres pertenecientes a 10 grupos raciales, sobresaliendo por su abundancia el piquín y el piquín huasteco.

Palabras clave: *Capsicum annuum*, *Capsicum frutescens*, piquín.

ABSTRACT

In México, the Huasteca Region is found in the northeast of the country, covering the northern part of Veracruz, south of Tamaulipas, east of San Luis Potosí and northeast of Hidalgo; in its areas of natural vegetation there is an abundant variation of wild and semi-domesticated peppers (*Capsicum* spp.), among which the following groups predominate: piquín, piquín huasteco, chilpaya (Tabasco), pico de paloma (ozuluamero), mirador pico de pájaro and rayado. In a lower scale, there are variants of espinaltecó and cuaresmeño jalapeños, chile de huerta and pajarito. Collections were made of the different biological types in order to characterize them morphologically; 102 accessions were identified and characterized from semi-domesticated and wild types that belonged to 10 racial groups, with two groups, piquín and piquín huasteco, standing out as a result of their abundance.

Keywords: *Capsicum annuum*, *Capsicum frutescens*, piquín.



INTRODUCCIÓN

La región Huasteca en México cubre una extensa zona del noreste del país, que comprende el sur de Tamaulipas, norte de Veracruz, oriente de San Luis Potosí y parte noreste del estado de Hidalgo. En esta zona se establecen chiles jalapeños y serranos (*Capsicum* spp.) en forma intensiva con fines comerciales, cubriendo la demanda del mercado nacional en la temporada otoño-primavera. Esta región presenta además una riqueza en materiales de chile semi-domesticados y silvestres con gran variación en tipos y subtipos. El clima predominante es el cálido-húmedo con precipitación anual de 600 a 1200 mm. Los suelos sobre los que se desarrollan los chiles tanto silvestres como semidomesticados son predominantemente arcillosos, cambiando hacia suelos ligeros en las localidades de la zona costera, en terrenos de topografía plana o con ligeros lomeríos; en las faldas y áreas accidentadas montañosas de la Sierra Madre Oriental, en la mayor parte de los casos los suelos son pedregosos. La vegetación que predomina arriba de los 150 msnm es la



Figura 2. A: Planta de chile piquín. B: Tipos de chile semidomesticado en condiciones de selva baja en la zona Huasteca, en México.

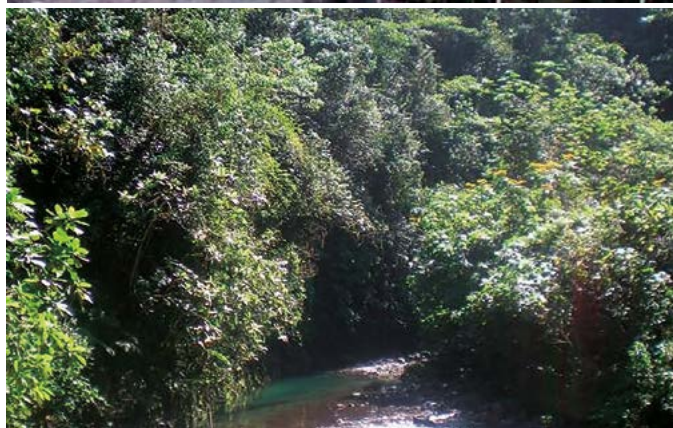
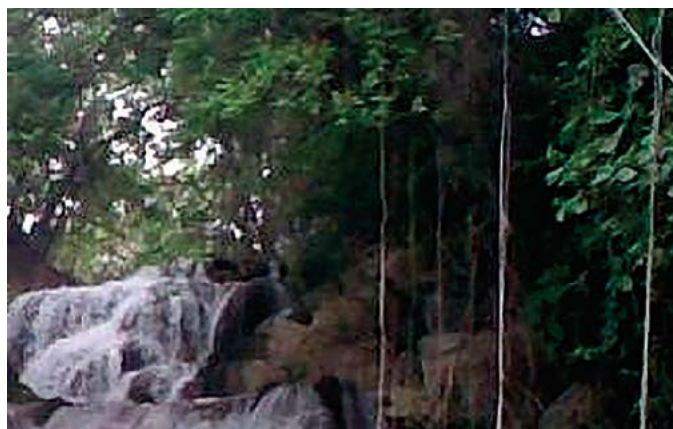


Figura 1. Imágenes representativas de la Región Huasteca

selva media y baja, en tanto que en la franja costera son los pastizales, palmeras, matorrales y la selva baja (Figura 1) (Medina *et al.*, 2000; Rodríguez *et al.*, 2004).

Al norte de la zona Huasteca, en al área de Tamaulipas y parte de San Luis Potosí, predominan los chiles piquines (*Capsicum annuum* var. *glabrisculum/aviculare*) que se producen en forma silvestre y que son colectados después del inicio de la temporada de lluvias (Figura 2), en tanto que en la Huasteca veracruzana son los semi-domesticados sembrados en traspatio y en reducidas áreas de las milpas; en ambos casos, entre 80% y 90% de la producción se destina a la venta a pequeña escala (mercados ambulantes y tiendas) en estado fresco, seco, encurtido, molido o entero; el resto de la producción se destina para autoconsumo (Medina *et al.*, 2002).

Existe una gran variabilidad entre las poblaciones de chile existentes, predominando siete grandes grupos: el piquín, piquín huasteco, chilpaya, pico de paloma (ozulamerero), mirador, pico de pájaro y rayado. En menor escala se localizan otras variantes, como jalapeños espinaltecós y cuaresmeños, chile de huerta (piquín de fruto

de mayor tamaño) y pajarito, entre otros (Pozo y Ramírez, 2003; Castañón *et al.*, 2014). Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue recolectar muestras representativas de chiles silvestres y semidomesticados de la región Huasteca y caracterizar morfológicamente los diferentes grupos raciales de Chile.

MATERIALES Y MÉTODOS

El germoplasma utilizado en el presente trabajo fue colectado en diferentes localidades de la región Huasteca; en el sur de Tamaulipas, en los municipios de Altamira, González, Mante, Gómez Farías y Aldama; en el norte de Veracruz, en Tantoyuca, Francisco I. Madero, Benito Juárez, Chicontepec, Álamo y Ozuluama; y en el oriente de San Luis Potosí, en Ébano, Tamuín, Xilitla y Tamazunchale, con apoyo del Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos (SINAREFI-SNICS-SAGARPA).

Se realizaron 102 recolectas de los diferentes tipos de chiles y fueron ubicadas para su caracterización morfológica en el Campo Experimental Las Huastecas (Km. 55 de la carretera Tampico-Mante en Villa Cuauhtémoc, Tamaulipas) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado a los 22° 33' 59" N, y 98° 09' 49" O.

La producción de la plántula se realizó en condiciones de invernadero; previo a la siembra, la semilla de materiales silvestres recibió un tratamiento para uniformizar la germinación el cual consistió en la inmer-

sión de la misma en una solución de Ácido Giberélico (5 mil ppm) durante 24 horas a temperatura de 26 °C (Ramírez, 2001). La siembra se hizo en charolas con cavidades, utilizando para su llenado un sustrato comercial (Peat Moss); a los 45 días de la siembra se realizó el trasplante. Se llevó a cabo un manejo integrado de plagas y enfermedades para evitar problemas de enfermedades virales y/o pérdidas de plantas por pudriciones de la raíz, y el suministro de agua y nutrición se efectuó mediante el sistema de riego por goteo, a través del cual se realizó la fertirrigación dos veces por semana, con una solución fertilizante en concentración de 100-50-100 ppm N-P-K y microelementos, con lo que se logró un desarrollo satisfactorio de la planta. Para la caracterización de los materiales se tomaron y midieron diferentes rasgos, tomando como base la guía de descriptores de la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV, 2006), las cuales se presentan en el Cuadro 1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como resultado de este trabajo se logró definir que en la región Huasteca los chiles semidomesticados y silvestres que se tienen pertenecen a 10 grupos raciales diferentes, los cuales se describen ocho a continuación:

Piquín. Se le puede localizar en toda la franja costera del Golfo de México (Laborde y Pozo, 1982), aunque se encuentra distribuido en mayor grado desde la zona de transición de la zona Huasteca en el sur de Tamaulipas, aumentando sus poblaciones hacia el norte-centro del estado, así como hacia San Luis Potosí y Nue-

vo León, en altitudes desde nivel del mar hasta los 1,300 m (Rodríguez *et al.*, 2004) y forma una parte importante de la economía de las comunidades rurales de esta región (Medina *et al.*, 2000). Generalmente se le encuentra en forma silvestre, asociado a la vegetación nativa, desde plantas arbustivas submontanas y bosque de montaña, hasta matorrales y cactáceas de zonas áridas (Medina *et al.*, 2002). El fruto de esta especie es muy apreciado, al grado que desplaza en gran medida a los otros tipos de Chile cuando fructifica, debido a que tiene un sabor agradable picante que desaparece rápidamente y que, además, se caracteriza como no irritante, sin olvidar que es un producto natural, ecológico que no presenta residuos tóxicos por el uso de agroquímicos. Debido a que el producto que se expende proviene de las colectas en el monte, solo se dispone de producto fresco después de la temporada de lluvias. Ocasionalmente se encuentran pequeñas parcelas con tecnología de producción muy escasa, lo que se refleja en muy bajos rendimientos; sin embargo, lo atractivo del precio de hasta 350 pesos/kg en fresco da idea, por una parte, de la aceptación que tiene el producto, pero también es un indicativo de la poca producción que se capta (Medina *et al.*, 2014; Villalón *et al.*, 2014).

El Chile piquín se ha asociado a la alimentación del pueblo mexicano desde tiempos muy remotos; sin embargo, existen pocas evidencias de su explotación a nivel semi-comercial, debido en gran medida a la dificultad para el control de su germinación (Ramírez, 2001; Villalón *et al.*, 2013); por otra parte, a pesar de



Cuadro 1. Características de planta, flor y fruto consideradas por la UPOV para la descripción varietal.

No	Característica	No	Característica
1	Plántula: pigmentación antociánica del hipocotilo	28	Fruto: forma en sección longitudinal
2	Planta: porte	29	Fruto: forma en sección transversal (a nivel de la placenta)
3	Planta: longitud del tallo	30	Fruto: sinuosidad del pericarpio de la parte basal
4	Planta: entrenudo acortado (en la parte superior)	31	Fruto: sinuosidad del pericarpio excluida la parte basal
5	Variedades con entrenudos acortados únicamente: Planta, número de entrenudos entre la primera flor y los entrenudos acortados	32	Fruto: textura de la superficie
6	Variedades sin entrenudos acortados únicamente: Planta: longitud del entrenudo (en los brotes laterales principales)	33	Fruto: color (a la madurez)
7	Planta: pigmentación antociánica de los nudos	34	Fruto: intensidad del color (a la madurez)
8	Tallo: intensidad de la pigmentación antociánica de los nudos	35	Fruto: brillo
9	Tallo: pilosidad de los nudos	36	Fruto: cavidad peduncular
10	Planta: altura	37	Fruto: profundidad de la cavidad peduncular
11	Hoja: longitud del limbo	38	Fruto: forma del ápice
12	Hoja: anchura del limbo	39	Fruto: profundidad de los surcos interloculares
13	Hoja: intensidad del color verde	40	Fruto: número de lóculos
14	Hoja: forma	41	Fruto: espesor de la pulpa
15	Hoja: ondulación del margen	42	Pedúnculo: longitud
16	Hoja: abullonado	43	Pedúnculo: espesor
17	Hoja: perfil en sección transversal	44	Cáliz: aspecto
18	Hoja: brillo	45	Fruto: capsaicina en la placenta
19	Pedúnculo: posición	46	Época de comienzo de la floración (primera flor en el segundo nudo floral)
20	Flor: pigmentación antociánica de la antera	47	Época de madurez
21	Fruto: color (antes de la madurez)	48	Resistencia al tobamovirus
22	Fruto: intensidad del color (antes de la madurez)	49	Resistencia al virus y de la papa (PVY)
23	Fruto: pigmentación antociánica	50	Resistencia al <i>Phytophthora capsici</i>
24	Fruto: posición	51	Resistencia al virus del mosaico del pepino (CMV)
25	Fruto: longitud	52	Resistencia al Tomato Spotted Wilt Virus (TSWV)
26	Fruto: diámetro	53	Resistencia al <i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>vesicatoria</i>
27	Fruto: relación entre la longitud y el diámetro		



que el fruto tiene gran demanda, como se depende de la producción de plantas silvestres, el producto solo se consigue para consumo en fresco después de la temporada de lluvias y este periodo es muy corto, ya que sólo dura cuatro meses. Es importante considerar que existe un alto riesgo de la pérdida de la riqueza del germoplasma nativo debido a que, para facilitar la cosecha del fruto, la mayoría de los campesinos arrancan las ramas de la planta, dañándola drásticamente y provocando en muchas ocasiones la muerte de la misma.

Si se considera que la reproducción espontánea de esta especie es difícil, además de ello el área de vegetación nativa, que es donde prospera, se reduce cada año, y es el hábitat natural de muchas aves que auxilian en su multiplicación y reproducción; es evidente que existe el riesgo de la potencial desaparición de esta planta en el futuro (Villalón *et al.*, 2013; Medina *et al.*, 2002). El chile piquín desarrolla frutos de forma oblonga a esférica, de 4 a 8 mm de diámetro polar y 3 a 7 mm de diámetro ecuatorial. Se encuentran en posición erecta, asomando sobre el follaje de la misma planta, lo que favorece la diseminación de su semilla por las aves (Pickersgill, 1971; Aguilar *et al.*, 2010). Los frutos presentan color verde esmeralda en estado sazón, que cambia a rojo naranja o a rojo intenso en madurez total (Figura 3).

Las plantas tienen hojas y tallos sin pubescencias, y ramificación alterna-escaalonada, apoyándose generalmente en tutores para alcanzar mayor cantidad de luz. El fruto de chile piquín es muy apreciado por su pungencia y porque no causa daño al tracto digestivo.

Piquín Huasteco. Su distribución se ubica en toda la zona Huasteca, desde el nivel del mar hasta los 400 m; las mayores poblaciones de este subtipo se encuentran en siembras de traspatio y pequeñas áreas en "milpas" asociado con maíz o como cultivo solo. También se le puede encontrar en



Figura 3. Chile piquín del noreste de México.

menor grado como plantas aisladas dentro de la vegetación, cuya semilla ha sido distribuida por las aves y otros animales. Las plantas del piquín huasteco presentan un porte de intermedio a alto (0.80 a 1.50 m); su follaje tiene pubescencia de intermedia a abundante y sus hojas son pequeñas de color verde oscuro ceroso. Los frutos del piquín huasteco se encuentran en posición erecta sobre el follaje; son de tamaño pequeño y alargado, con una longitud de 6 a 12 mm y de 3 a 4 mm de diámetro (Figura 4). El color de los frutos en estado verde sazón es verde medio a verde oscuro y presentan antocianina, y cambia a color rojo intenso en madurez total. Se comercializa en estado verde sazón o en maduro-seco. Se le considera como poco irritante para el sistema digestivo (Aguilar *et al.*, 2010).

Chilpaya (Tabasco). Se le considera el antecesor del chile Tabasco; se encuentra distribuido irregularmente como plantas aisladas originadas de semillas repartidas por las aves, o bien, establecido en pequeñas plantaciones de traspatio a lo largo de la zona costera de Veracruz, en altitudes desde el nivel del mar hasta los 150 msnm. Presenta plantas grandes y vigorosas de 0.90 a 1.70 m de altura y cobertura de follaje de 60 a 90 cm; su follaje es glabro, con hojas grandes de color verde claro. Sus frutos están en posición erecta y, a diferencia de

los otros tipos de chile que se tienen en la zona Huasteca, pueden tener varios frutos por nudo. Los frutos son pequeños y alargados, de color verde amarillento, que cambian a rojo intenso en madurez total. Tienen una longitud de 0.7 a 1.5 cm y diámetro de 0.3 a 0.5 cm (Figura 5). En la mayoría de los casos se comercializa seco y, en menor grado, en verde (Aguilar *et al.*, 2010).

Pico de paloma, ozuluamero bolita. Se encuentra en forma de pequeñas siembras de traspatio o intercalado con maíz o cítricos en la zona norte-centro de Veracruz, en altitudes desde el nivel del mar hasta los



Figura 4 Chile piquín huasteco, uno de los tipos de chile semidomesticado más importante de la zona Huasteca.

550 m. Presenta plantas compactas de 60 a 80 cm de altura y cobertura de follaje de 45 a 50 cm; sus hojas presentan pubescencia moderada a intensa. Sus frutos pueden estar en posición pendiente y/o erecta, son de forma cónica a cónica alargada y de color verde claro a verde esmeralda que cambia a rojo oscuro en madurez total. Los frutos del chile pico de paloma tienen una longitud de 1.0 a 2.5 cm y diámetro de 0.8 a 1.2 cm (Figura 6). Generalmente se comercializa como fruto maduro seco.

Mirador. Tipo de chile característico de la zona Huasteca media veracruzana que se encuentra en siembras pequeñas, como cultivo único o intercalado con maíz. Sus plantas son de porte intermedio (60 a 1.30 cm de altura). Sus frutos pueden ser en posición colgante o erecta (de ahí su nombre de "mirador"); tienen una longitud de fruto 2.5 a 6.0 cm y un diámetro de 0.6 a 2.0 cm (Figura 7). Su color es verde claro a esmeralda en estado sazón y cambia a rojo naranja en madurez total. Se comercializa tanto en verde sazón, maduro fresco o maduro deshidratado y presenta pungencia intermedia (Martínez, 2011).

Pico de pájaro. Al igual que el chile Mirador, es

un tipo de chile característico de la zona Huasteca media veracruzana; puede encontrarse como cultivo único en pequeñas superficies o asociado a maíz. Tiene plantas altas de más de 1.40 m de altura, de follaje altamente pubescente. Sus frutos pueden estar en posición colgante o erecta; tienen una longitud de fruto de 4.0 a 4.2 cm y un diámetro de 0.7 cm (Figura 8). Su color es verde claro a esmeralda en estado sazón, que cambia a rojo en madurez total. Se comercializa en verde sazón, maduro fresco o maduro deshidratado y presenta pungencia alta.

Rayado. Es un subtipo de jalapeño que se distribuye en pequeñas plantaciones ubicadas en altitudes de 100 a 1200 m, como cultivo único. Sus plantas son de porte compacto de 40 a 90 cm de altura y follaje con pubescencia intermedia a abundante. El nombre de este subtipo de chile se debe al grado de acorchado de su pericarpio, que en la mayoría de los casos supera el 90% (Figura 9). Sus frutos son grandes, con una longitud mayor a 8 cm y un diámetro de 2.4 a 4.2 cm, lo que le da un peso que fluctúa de 35 a 60 g por fruto. Su comercialización se realiza en estado verde



Figura 5 Chile chilpaya.



Figura 6. Chile pico de paloma.



Figura 7. Chile mirador.



Figura 8. Chile pico de pájaro.



Figura 9. Variabilidad en chile rayado.

saición para consumo directo o para rellenar con diferentes ingredientes, aunque se usa principalmente para la elaboración de chipotle de alta calidad (Ramírez *et al.*, 2013).

CONCLUSIONES

Se realizó la caracterización de materiales semi-domesticados y silvestres de chile de la zona Huasteca. Se registraron 10 grupos raciales en dicha región, de los cuales el piquín y el piquín huasteco son los de mayor cobertura. Los materiales que integran la colección de la zona Huasteca pertenecen a las especies *Capsicum annum* y *Capsicum frutescens*.

AGRADECIMIENTOS

Esta contribución es resultado de las actividades de la Red de Chile. Agradecemos el apoyo financiero para el desarrollo de esta investigación al Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y Agricultura (SINAREFI), a través del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).

LITERATURA CITADA

- Aguilar R.V.H., Corona T.T., López L.P., Latournerie M.L., Ramírez M.M., Villalón M.H., Aguilar C.J.A. 2010. Los chiles de México y su distribución. SINAREFI, Colegio de Postgraduados, INIFAP, IT-Conkal, UANL, UAN. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 114 p. Noviembre de 2010.
- Castañón N.G., Ramírez M.M., Mayek P.N., García A.C., Ruíz S.R. 2014. Molecular comparison of wild and commercial chilies from Tamaulipas and Tabasco, Mexico. *Pak. J. Bot.*, 46(6): 2101-2106.
- Laborde C.A., Pozo C.O. 1984. Presente y pasado del chile en México. SARH-INIA. Publicación Especial No. 85. 80 p.
- Martínez O.A. 2011. Efectos de aptitud combinatoria en cinco diferentes poblaciones de chile mirador (*Capsicum annum*) nativas del estado de Veracruz. Tesis de Maestría. UAAAN. Dic. 2011.
- Medina M.T., Mora O.A., Martínez A. J.G., Villalón M. H., Sánchez R.G., Ramírez M.M., Osuna A.P. 2014. Análisis socioeconómico de recursos forestales no maderables: Caso chile piquín en Tamaulipas, México. 6° Congreso Internacional de la Academia Mexicana Multidisciplinaria, A.C. (Memorias). Pp 319-324.
- Medina M.T., Rodríguez del B.L.A., Pozo C.O., López de L.M.R., Villalón M.H., Gaona G.G., Cardona E.A., Mora O.E. 2002. El chile piquín (*Capsicum annum* L. var *aviculare*) en el noreste de México. Aspectos ecológicos y socioeconómicos. *Biotam Nueva Serie* (13)1: 1-14.
- Medina M.T., Villalón M.H., Lara V.M., Gaona G.G., Trejo H.L., Cardona E.A. 2000. El chile piquín del noreste de México. Folleto Técnico. U.A.T.-CONACYT- U.A.N.L.
- Pickersgill B. 1971. Relationship between weedy and cultivated forms in some species of chilli peppers (genus *Capsicum*) *Evolution* 25:683-691.
- Pozo C.O., Ramírez M.M. 2003. Diversidad e importancia de los chiles silvestres. Memoria del 1er. Simposio Regional de Chile Piquín: Avances de investigación en tecnología de producción y uso racional del recurso silvestre. INIFAP-CIRNE. Campo Exp. Río Bravo. Publicación Especial Núm. 26. p. 17-19.
- Ramírez, M.M. 2001. Inducción de la germinación en semilla de chile piquín. 13º Encuentro de Investigación Científica y Tecnológica del Golfo de México (Memoria). p. 31.
- Ramírez M.M., Aguilar R.V.H., Corona T.T., Villalón M.H., Méndez A.R. 2013. Variabilidad para caracteres morfológicos en chiles rayados criollos. 10ª Convención Mundial del Chile (Memorias). Durango, Durango, 25-27 de julio de 2013. p 221-228
- Rodríguez del B.L.A., Ramírez M.M., Pozo C.O. 2004. Tecnología de producción de chile piquín en el noreste de México. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental Río Bravo. Folleto Técnico Núm. 29. Tamaulipas, México. 33 p.
- UPOV. 2006. Directrices para la ejecución del examen de la distinción, la homogeneidad y la estabilidad: ají, chile, pimienta. Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV). Ginebra Suiza. 47 p.
- Villalón M.H., Medina M.T., Ramírez M.M., Solís U.S.E., Maiti R. 2014. Factors Influencing the Price of Chile Piquin wild Chili (*Capsicum annum* L. var. *Glabriusculum*) of North-east Mexico. *International Journal of Bio-resource and Stress Management* 2014, 5(1):128-131.
- Villalón M.H., Medina M.T., Ramírez M.M. 2013. Factores de calidad de la semilla de chile silvestre (*Capsicum annum* L. var. *glabriusculum*). *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. Vol. 4 Núm.17: 182-187.



POTENCIAL ALIMENTICIO DE LOS TOMATES DE CÁSCARA (*Physalis* spp.) DE MÉXICO

DIETARY POTENTIAL OF HUSK TOMATOES (*Physalis* spp.) IN MÉXICO

Vargas-Ponce, O.*¹; Valdivia-Mares, L.E.¹; Sánchez-Martínez, J.²

¹Departamento de Botánica y Zoología, ²Departamento Producción Agrícola, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara, Camino Ramón Padilla Sánchez #2100, C.P. 45100, Nextipac, Zapopan, Jalisco, México.

Autor responsable: vargasofelia@gmail.com

RESUMEN

Physalis L. (Solanaceae) es un género americano que produce frutos comestibles reconocidos comúnmente como tomate verde, tomate de cáscara y miltomate, entre otros nombres. Tienen uso alimenticio arraigado en la dieta diaria de muchas áreas geográficas de México, donde se cultivan las especies *P. philadelphica* y *P. angulata*, además de la recolección de frutos de al menos una docena de especies silvestres. Se revisan evidencias del valor nutrimental y funcional de los frutos, citando los contenidos comparativos de cuatro especies principales en cuanto a fibra, minerales, proteína, lípidos y azúcares solubles, así como de vitaminas A y C, algunos principios fitoquímicos bioactivos con propiedades antioxidantes, anticancerígenas, antiinflamatorias y antibióticas, entre otras. Estas propiedades hacen de los tomates de cáscara modelos biológicos de gran interés para la industria agrícola y la farmacéutica.

Palabras clave: nutrimentos, Solanaceae, silvestre, cultivado.

ABSTRACT

Physalis L. (Solanaceae) is an American genus that produces edible fruits recognized commonly as green tomato, husk tomato and tomatillo among other names; they have a dietary use rooted in the daily diet of many geographical areas in México, where the species *P. philadelphica* and *P. angulate* are cultivated, in addition to the collection of fruits of at least a dozen wild species. Evidences of the nutritional and functional value of the fruits are reviewed, citing the comparative contents of four principal species in terms of fiber, minerals, proteins, lipids and soluble sugars, as well as vitamins A and C, and some bioactive phytochemical principles with antioxidant, anticancer, anti-inflammatory and antibiotic properties, among others. These properties make husk tomatoes biological models of great interest for the agricultural and pharmaceutical industries.

Keywords: nutrients, Solanaceae, wild, cultivated.



INTRODUCCIÓN

Para tener una alimentación integral, la población humana debe incluir en su dieta productos cárnicos y leguminosas que aportan proteínas, energía y fibra; cereales, que son fuente de lípidos, azúcares y proteínas, además de frutas y verduras que son ricas en vitaminas y minerales esenciales (Tardío *et al.*, 2011). Lo anterior ha dado lugar al desarrollo de cultivos básicos de importancia mundial, como el trigo (*Triticum aestivum*), maíz (*Zea mays*) y arroz (*Oryza sativa*), que cubren 50% de los requerimientos diarios de proteína y carbohidratos, además de otras 12 especies vegetales con las cuales se cubre 80% de la ingesta diaria (Bharucha y Pretty 2010). El uso de plantas silvestres está ampliamente extendido en el mundo, mayormente en áreas no urbanas ubicadas dentro o en las cercanías de comunidades vegetales en las que la agricultura tradicional es una práctica común (Bharucha y Pretty 2010). En México la diversidad vegetal utilizada incluye alrededor de 5000 especies de distintas familias botánicas (Casas *et al.*, 1994) y la mayoría son herbáceas y silvestres (Caballero 1998), con usos alimenticios, medicinales, vestido, vivienda y para combustible, además de que 50% de ellas tienen uso mixto (Caballero *et al.*, 2001). El aprovechamiento en poblaciones silvestres se realiza en forma *in situ*, pero también se recolectan o extraen y llegan a ser fomentadas en cultivo incipiente en huertos de traspatio, dando lugar al incremento de las plantas de interés (Casas *et al.*, 1994; Lira *et al.*, 2009). El aprovechamiento de un gran número de especies vegetales tiene un origen prehispánico, como ocurre con *Physalis* L., un género de la familia Solanaceae que produce frutos comestibles reconocidos comúnmente como tomate verde, de cáscara y miltomate (Figura 1) (Sahagún 1938; Dressler 1953; Montes y Aguirre 1992).

Las plantas de tomate son principalmente herbáceas de hábito prostrado, semi erectas a erectas, de ciclo anual o perene, que producen frutos tipo baya, cubiertos



P. philadelphica



P. angulata

Figura 1. A: Tomate de cáscara de la especie *Physalis philadelphica*. B: *Physalis angulata*

completamente por el cáliz al que se le llama cáscara u hoja (Figura 2). Los frutos muestran gran variedad en colores que van del verde, púrpura (violeta), amarillo, hasta el naranja; su tamaño varía en las especies silvestres de 1 a 2 cm de diámetro y en las formas cultivadas



P. philadelphica



P. acutifolia

Figura 2. Flor de tomate de cáscara de la especie *Physalis philadelphica* y frutos de la especie tomate de cáscara de la especie *Physalis acutifolia*.



Figura 3. Frutos de tomates cultivados (*P. peruviana* y *P. philadelphica*).

alcanzan 5 a 6 cm en promedio, pero llegan a hasta los 14 cm. Por lo común, los frutos pueden ser de forma globosa esférica, de pera u oblongos; el sabor entre las especies varía de dulce, a semi-ácido, ácido y amargo (Vargas et al., 2003).

Physalis spp., es de origen americano e incluye a 90 especies con distribución desde Estados Unidos de América hasta Las Antillas y Argentina, teniendo en México su centro de origen y domesticación (Martínez, 1998). En México existen 70 especies silvestres y sólo *P. philadelphica* Lam. (Sinónimo de *P. ixocarpa* Brot) y *P. angulata* L., son cultivadas. El cultivo de *P. angulata* se restringe al estado de Jalisco (Sánchez et al., 2006; Santiaguillo et al., 2012) y el de *P. philadelphica* está extendido en casi todo el país

(Figura 2) y actualmente abarca 45,000 hectáreas (Magaña-Lira et al., 2011), por lo que exhibe mucha variación morfológica.

Para su estudio la variabilidad morfológica de *P. philadelphica* ha sido agrupada en siete razas consideradas criollas y una silvestre (Peña y Santiaguillo, 1999). Hay preferencias regionales de cultivo y consumo de las razas de tomate; así, por ejemplo, en el occidente de México se prefieren las razas Arandas y Tamazula con frutos de color púrpura; la raza manzano con frutos amarillos (Figura 3) tiene alto aprecio en Morelos y municipios vecinos del Estado de México, mientras que Rendidora y Salamanca, con frutos de color verde, tienen un uso más extendido y generalizado en los mercados nacionales.

La raza Puebla, que alcanza mayores tamaños de fruto, es la que se utiliza para exportación y tiene menor aceptación en el país (Magaña-Lira et al., 2011); en cambio la raza Milpero, que se distingue por presentar frutos pequeños <2 cm diámetro con coloración verde y púrpura, es muy apreciada en general y su precio se triplica con respecto al costo del tomate verde de las razas Rendidora y Salamanca (Montes y Aguirre, 1992; Sánchez et al., 2006) (Figura 4). En adición a los frutos, las hojas, raíces y flores de 18 especies silvestres son utilizados en la alimentación y la medicina tradicional (Santiaguillo y Blas 2009; Kindscher et al., 2012; Santiaguillo et al., 2012). En México, además de las especies cultivadas, los frutos de una docena de especies de tomates silvestres son



Figura 4. Frutos de tomates silvestres (*Physalis* spp) milperos recolectados para venta local.

colectados por etnias para su autoconsumo o para la venta de oportunidad en mercados locales (Williams, 1985; Mera 1987; Santiaguillo *et al.*, 2012). En este contexto destacan *P. acutifolia* y *P. pubescens*, especies de vida anual, y *P. chenopodifolia*, especie perene, que tienen uso tradicional. Las bayas de *P. acutifolia* de sabor ácido se utilizan como alimento en algunos sitios del sur oeste de Estados Unidos de América (Kindscher *et al.*, 2012), mientras que *P. chenopodifolia* tiene un uso más diversificado, ya que sus tallos, cálices y raíces son utilizados en la medicina tradicional (Santiaguillo y Blas, 2009; Geno-Heredia *et al.*, 2011) y sus frutos son de sabor dulce con un cierto toque amargo; tienen una alta preferencia de consumo por grupos étnicos Mazahuas de la región central del Estado de México, Puebla y Tlaxcala (Williams, 1985; Mera, 1987).

P. pubescens tiene frutos que van del ácido al dulce y son aromáticos con sabor agradable, por lo que se consumen a partir de la recolección en diversas poblaciones del país (Martínez, 1998; Montes y Aguirre 1992). También se ha referido su uso en Brasil y Colombia (Ligarreto *et al.*, 2010; Muniz *et al.*, 2012).

Los tomates tienen un uso alimenticio tradicional y arraigado, formando parte de la dieta diaria de los mexicanos (Figura 5). Son esenciales en la preparación de salsas e ingredientes de diversos platillos. El valor nutrimental de las plantas y su utilidad como fuente de alimento se infiere a partir del análisis de los elementos nutritivos (Tardío *et al.*, 2011), por lo que el objetivo de esta investigación fue caracterizar la calidad y el aporte nutrimental de los tomates de cáscara.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para conducir el estudio se hizo una revisión de literatura que incluyó artículos científicos, manuales y folletos técnicos, con el fin de documentar e integrar el conocimiento generado sobre este tema, además de incluir información inédita.



Figura 5. Tomate de cáscara raza manzano con forma piriforme y tomate rojo o jitomate del género *Physalis* spp. de venta en mercado local.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La cuantificación de los elementos nutrimentales en frutos de tomate de cáscara, por medio de análisis bromatológicos, han sido realizados en cuatro especies: *P. angulata* (Valdivia *et al.*, 2014); *P. philadelphica* por Ostrzycka *et al.* (1988), Arriaga *et al.* (2005), González-Mendoza *et al.* (2001) y Jiménez *et al.* (2012). Referente a *P. pubescens* se citan los trabajos de El Sheikha *et al.* (2010), mientras que para *P. peruviana*, una especie nativa de Sudamérica, los reportes de Castro (2008), Puente *et al.* (2011) y Ramadan (2011) (Figura 4). En general se registran niveles altos de fibra, minerales, proteína, lípidos y azúcares solubles, en relación con otras solanáceas, como el tomate rojo o jitomate (*Solanum lycopersicum* L.), (Ostrzycka *et al.*, 1988; FAO 2006; ETSIA, 2014) (Cuadro 1, Figura 5). Al mismo tiempo, se evidencia que hay variabilidad en los niveles de los elementos nutricionales entre especies y entre variedades o razas de una misma especie (Cuadro 1, Cuadro 2) (Ostrzycka *et al.*, 1988; Arriaga *et al.*, 2005). Además, se presenta variabilidad entre cortes o período de cosecha, como ocurre con *P. philadelphica* (Arriaga *et al.*, 2005; Jiménez-Santana, 2012). Los frutos de sabor dulce de algunas especies contienen niveles de azúcares; por ejemplo; *P. angulata* registra 8.5 °Brix, *P. philadelphica* 9.4 °Brix, y *P. peruviana* 13-15 °Brix, valores similares a los reportados por frutos de melón cantaloupe, con 11.5-13 °Brix (El Sheikha *et al.*, 2009) (Cuadro 2), que los hace ideales para consumo en fresco, procesados como bebidas (jugo), mermeladas o fruta deshidratada (pasa). El pH promedio de los frutos de tomate oscila entre 3.6 a 4.8, notando que es mayor al del limón

Cuadro 1. Contenido nutricional de diferentes especies de tomate de cáscara del género *Physalis* spp.

Especie	Variedad	Materia Seca	Fibra Cruda	Minerales	Proteína	Lípidos	Azúcares	Pectina	Referencia
<i>P. angulata</i>	Chan	6.10	1.83	0.50	1.00	0.25	2.60	*	Valdivia et al., 2014
<i>P. philadelphica</i>	Rendidora	8.90	*	0.70	1.30	*	3.60-5.70	3.10-3.70	Ostrzycka et al., 1988
<i>P. pubescens</i>	*	*	*	*	1.02	*	*	*	El Sheikha et al., 2010
<i>P. peruviana</i>	*	13.00	0.34	0.54	1.09	0.51	10.50	*	Castro et al., 2008
	*	*	0.40-4.80	0.40-4.80	0.70-1.00	1.10-1.90	0.50	*	Puente et al., 2011
	*	21.00	4.90	1.00	0.15-0.30	0.15-0.20	4.90	*	Ramadan, 2011
<i>Solanum lycopersicum</i>	New Yorker	5.80-6.40	*	0.60	0.81	*	2.90-3.60	3.55	Ostrzycka et al., 1988
	*	*	1.00-1.50	*	1.00	0.30	3.40	*	ETSIA, 2014
	*	5.70	0.80	0.60	0.90	0.10	3.30	*	FAO, 2006

*=No determinado. Muestras analizadas en fresco.

Cuadro 2. Valores de acidez (pH) y azúcares presentes en frutos de diferentes especies de tomate de cáscara (*Physalis* spp.).

Especie	Variedad	pH	Grados Brix	Referencia
<i>P. angulata</i>	Chan	4.22	8.50	Valdivia et al., 2014
<i>P. philadelphica</i>	**	3.39-4.94	1.30-9.40	Arriaga et al., 2005
	Salamanca	3.71-4.37	4.06	Arriaga et al., 2005
	Salamanca	3.80-4.27	3.00	Arriaga et al., 2005
	Arandas	3.76-4.47	4.18	Arriaga et al., 2005
	Rallada	3.43-4.32	4.30	Arriaga et al., 2005
	Rendidora	3.90-4.01	*	Ostrzycka et al., 1988
	Rendidora	3.78-3.88	5.58-6.56	Jiménez-Santana et al., 2012
	*	4.10-4.56	5.10-9.20	González-Mendoza et al., 2001
<i>P. pubescens</i>	*	3.60	7.50	El Sheikha et al., 2010
<i>P. peruviana</i>	*	3.60	14.00	Castro et al., 2008
	*	5.50-7.30	13.00-15.00	Puente et al., 2011
	*	3.80-3.90	*	Ramadan, 2011

** Valor generado para 20 genotipos de la especie. * No determinado.

(2.4) y similar o mayor al de la piña (3.2) y la naranja (3.6) (Sheikha et al., 2009), atributo que lo hace agradable al paladar del consumidor.

Los frutos de tomate tienen un valor alto de materia seca y alto contenido de pectina (Cuadro 1); ambas son cualidades deseables para el procesamiento de productos derivados. La pectina da consistencia firme a salsas, caldos, geles (como gelatinas, pudines) y mermeladas (Camacho y Sanabria, 2005); además, la pectina puede ser responsable de la resistencia mecánica del fruto

durante su manejo y almacenamiento (Ostrzycka et al., 1988). Los estudios en el género *Physalis* spp., sobre compuestos nutrimentales y otros de interés farmacológico son numerosos, debido a su beneficio en la salud. Éstos se han realizado en las especies (*P. angulata*, *P. philadelphica*, *P. pubescens* y *P. peruviana*), *P. virginiana* (Gibson et al., 2012), *P. orizabae* (Maldonado et al., 2012) y otras especies. Estos autores han reportado la existencia de fitoquímicos bioactivos, como son las vitaminas A (carotenoides: β , myricetina y ácido olea-nólico) y C (ácido ascórbico) en hojas, raíces y frutos.

El nivel de carotenoides en jugo de *P. pubescens* ($70 \mu\text{g ml}^{-1}$) es mayor que en melón cantaloupe ($7.6 \mu\text{g ml}^{-1}$), limón ácido ($0.3 \mu\text{g ml}^{-1}$), naranja ($3.2 \mu\text{g ml}^{-1}$) y fruta de la pasión ($4.4 \mu\text{g ml}^{-1}$). De igual forma, el contenido del ácido ascórbico en jugo (39 a $46 \text{ mg } 100 \text{ ml}^{-1}$) es mayor que en melón ($37 \text{ mg } 100 \text{ ml}^{-1}$), fruta de la pasión ($29.8 \text{ mg } 100 \text{ ml}^{-1}$), limón ($30 \text{ mg } 100 \text{ ml}^{-1}$) y tangerina ($31 \text{ mg } 100 \text{ ml}^{-1}$), y similar al de naranja ($50 \text{ mg } 100 \text{ ml}^{-1}$) (El Sheikh *et al.*, 2009). Como bioactivos, en su composición se han identificado metabolitos con propiedades antioxidantes, anticancerígenos, antitumorales, anticonvulsivos, inmunosupresores y antibióticos que se encuentran en las solanáceas y algunos solo en el género *Physalis* spp., entre las que se identifica a las physalinas A a la N; withanolidos A a la D; physagulinas A a la F y O; withangulatina A a la I, withaminimina y physangulidinas A a la C (Herrera *et al.*, 2011; Rengifo y Vargas, 2013; Ramadan, 2011; González *et al.*, 2007; Nanumala *et al.*, 2012). Estas propiedades hacen de los tomates de cáscara modelos biológicos de gran interés para la industria agrícola y farmacéutica.

CONCLUSIONES

El tomate de cáscara es un alimento funcional con altos beneficios nutritivos. Es una fuente concentrada de elementos bioactivos y micronutrientes de gran valor; algunos solo se encuentran en solanáceas y otros solo en este género. Por ello, las especies de *Physalis* spp. tienen potencial alto para ser cultivos comerciales de interés para la industria alimentaria a gran escala. Como productoras de frutos exóticos pueden seguir el ejemplo de la uchuva (*P. peruviana*) y el kiwi (*Actinidia deliciosa*) que redondearon un mercado multimillonario en esta última década. Como hortaliza su valor nutrimental permite recomendar su uso sobre otros frutos similares como el tomate rojo o jitomate, recobrando la extensa utilización que se tenía en la Mesoamérica prehispánica (Sahagun, 1938). Como materia prima para la industria farmacéutica puede proveer elementos bioactivos efectivos para remediar algunas afecciones en la salud. Por tanto, se requiere desarrollar un mayor número de estudios en estas especies de tomate de cáscara.

AGRADECIMIENTOS

A los agricultores que conservan variedades criollas y por lo que fue posible el presente trabajo. Al Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos (SAGARPA-SNICS-SINAREFI) por el financiamiento de la presente investigación.

LITERATURA CITADA

- Arriaga M.C., J. Sánchez L., Fregoso H., Cuevas C., Orozco C., Hernández D., Aguilar y M. Gómez. 2005. Avances en la Investigación Científica en el CUCBA. XVI Semana de la Investigación Científica. Universidad de Guadalajara. México. Pp. 14-24.
- Bharucha Z., J. Pretty. 2010. The roles and values of wild foods in agricultural systems. *Philosophical Transactions of The Royal Society Botanical Sciences* 365: 2913-2926.
- Caballero J., Casas A., Cortés L., C. Mapes. 1998. Patrones en el conocimiento, uso y manejo de plantas en pueblos de México. *Estudios Atacameños* 16: 1-15.
- Caballero J., Rendón B., Rebollar S., Martínez M.A. 2001. Percepción, Uso y Manejo tradicional de los Recursos Vegetales en México. En: Estudio sobre la relación entre seres humanos y plantas en los albores del siglo XXI. UAM-Semarnat. México. Pp. 79-100.
- Camacho G., G. Sanabria. 2005. Alternativas de procesamiento y transformación de la uchuva. 191-203 pp. En: Avances en el cultivo, poscosecha y exportación de la uchiva *Physalis peruviana* L. en Colombia. Fisher, G., D. Miranda, W. Piedrahíta y J. Romero (eds). Universidad Nacional de Colombia, Bogota, Colombia.
- Casas A., Viveros J.L., Caballero J. 1994. Entobotánica mixteca: sociedad, cultura y recursos naturales en la Montaña de Guerrero, México. Instituto Nacional Indigenista. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes. México. 336 p.
- Castro A., Rodríguez L., Vargas E.M. 2008. Secado de uchuva (*Physalis peruviana* L) por aire caliente con pretratamiento de osmodeshidratación. *Vitae* 15(2): 226-231.
- Dressler R.L. 1953. The pre-columbian cultivated plants of Mexico. *Botanical Museum Leaflets. Harvard University.* 16(6): 115-172.
- El Sheikh A.F., Zaki M.S., Bakr A.A., El Habashy M.M., Montet D. 2010. Biochemical and sensory quality of *Physalis (Physalis pubescens* L.) juice. *Journal of Food Processing and Preservation* 34: 541-555.
- ETSIA, 2014. Fichas de plantas útiles: Tomate. Composición nutricional. En: <http://www1.etsia.upm.es/departamentos/botanica/fichasplantas/tomcomp.html>. Consulta: 12 de enero de 2014.
- FAO. 2006. Ficha técnica Tomate (*Lycopersicon esculentum*). Inpho, IICA y Prodar. En: http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents/vlibrary/ae620s/pfrescos/tomate.htm. Consulta: 1º febrero 2014.
- Geno-Heredia Y., Nava G., Martínez A., Sánchez E. 2011. Las plantas medicinales de la organización de parteras y médicos indígenas tradicionales de Ixhuatlancillo, Veracruz, México y su significancia cultural. *Polibotánica* 31: 199-251.
- Gibson K., Reese R.N., Halaweish F.T., Ren Y. 2012. Isolation and characterization of a bactericidal withanolide from *Physalis virginiana*. *Pharmacognosy Magazine* 29(8): 22-29
- González M.C., Ospina L.F., Calle J., Rincón J. 2007. Evaluación de extractos y fracciones de plantas colombianas en modelos de inflamación aguda, subcrónica y crónica. *Revista Colombiana de Ciencias Químico Farmacológicas* 36(2):166-174.
- González-Mendoza D., Ascencio-Martínez D., Hau Poox A., Mendez-Trujillo V., Grimaldo-Juárez O., Santiaguillo Hernández J.F., Cervantes Díaz L., Avilés Marín S.M. 2011. Phenolic compounds and physicochemical analysis of *Physalis ixocarpa* genotypes. *Scientific Research and Essays* 6(17): 3808-3814.

- Herrera A., Ortíz J., Fischer G., Chacón M. 2011. Behavior in yield and quality of 54 cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) accessions from north-eastern Colombia. *Revista Agronomía Colombiana* 29(2): 189-196.
- Jiménez E., Robledo V., Benavides A., Ramírez F., Ramírez H., de la Cruz E. 2012. Calidad del fruto de genotipos tetraploides de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Universidad y Ciencia, Trópico Húmedo* 28(2): 153-161.
- Kindscher K., Long Q., Corbett S., Bosnak K., Loring H., Cohen M., Timmermann B. 2012. The Ethnobotany and Ethnopharmacology of Wild Tomatillos, *Physalis longifolia* Nutt., and Related *Physalis* Species: A review. *Economic Botany* 66(3): 298-310.
- Ligarrreto G.A., Lobo M M., Correa A. 2005. Recursos genéticos del género *Physalis* en Colombia. 9 a 28 pp. En: *Avances en el cultivo, poscosecha y exportación de la uchiva Physalis peruviana* L. en Colombia. Fisher, G., D. Miranda, W. Piedrahita y J. Romero (eds). Universidad Nacional de Colombia, Bogota, Colombia.
- Lira S.R., Casas A., Rosas R., Paredes M., Pérez E., Rangel S., Solís L., Torres I., Dávila P. 2009. Traditional knowledge and useful plant richness in the Tehuacán-Cuicatlán Valley, México. *Economic Botany* 20(10): 1-17.
- Magaña-Lira, N., Santiaguillo Hernández J.F., Grimado Juárez O. 2011. El mejoramiento participativo de Tomate de cáscara como estrategia de conservación in situ. SNICS, SAGARPA, INIFAP, UACH, Texcoco, Estado de México. 25 pp.
- Maldonado E., Gutiérrez R., Pérez-Castorena A.L., Martínez M. 2012. Orizabolide, a New Withanolide from *Physalis orizabae* Journal of the Mexican Chemical Society 56(2): 128-130.
- Martínez y Díaz de Salas M. 1998. Revisión de *Physalis* Sección Epeteiorhiza (Solanaceae). *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, serie Botánica* 69: 71-117.
- Martínez M. 1979. Catálogo alfabético de nombres vulgares y científicos de plantas en México. Fondo de Cultura Económica (eds.). México, 551 p.
- Martínez M., Hernández F. 1969. *Las Plantas Medicinales de México*. Botas, México. 656 p.
- Mera O.L.M. 1987. Estudio comparativo del proceso de cultivo de la arvense *Physalis chenopodifolia* Lamarck, y *Physalis philadelphica* var. *Philadelphica* cultivar Rendidora. Tesis de Maestría. Chapingo, México. 115 p.
- Montes S., Aguirre A. 1994. Etnobotánica del tomate mexicano (*Physalis philadelphica* Lam.). *Revista de Geografía Agrícola* 20:163-172.
- Muniz J., Kretzschmar A.A., Rufato L., Colpo L., Gatiboni. 2012. Principais pesquisas realizadas com o cultivo de physalis no sul do Brasil. http://fruticultura.cav.udesc.br/wp-content/uploads/2012/04/janaina_muniz_et_al.pdf. Consulta: mayo 9, 2014.
- Nanumala S.K., Kannadhasan R., Gunda K., Sivakumar G., Somasekhar P. 2012. Anti ulcer activity of the ethanolic extract of leaves *Physalis angulata* L. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Science* 4(4): 226-229.
- Ostrzycka J., Horbowicz M., Dobrzanski W., Jankiewicz L., Borkowski J. 1988. Nutritive value of tomatillo fruit (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* 57(4): 507-521.
- Peña A., Santiaguillo J.F. 1999. Variabilidad genética del tomate de cáscara en México. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Fitotecnia. Boletín técnico No. 3, 26 p.
- Puente L., Pinto C., Castro E., Cortés M. 2011. *Physalis peruviana* Linnaeus, the multiple properties of a highly functional fruit: A review. *Food Research International* 44: 1733-1740.
- Ramadan M. 2011. Bioactive phytochemicals nutritional value, and functional properties of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.): An overview. *Food Research International* 44: 1830-1836.
- Renfigo E., Vargas G. 2013. *Physalis angulata* (Bolsa Mullaca): a review of its traditional uses, chemistry and pharmacology. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas* 12(5): 431-445.
- Sahagun B. 1938. *Historia General de las cosas de la Nueva España*. Pedro Robredo Eds., México, 396 p.
- Sánchez J., Padilla J., Bojorquez B., Arriaga M.C., Sandoval R., Sánchez E. 2006. Tomate de cáscara cultivado y silvestre del occidente de México. SAGARPA, SNICS, Universidad de Guadalajara, CUCBA. Prometeo editores, México. Pp. 75-79.
- Santiaguillo F., Blas S. 2009. Aprovechamiento tradicional de las especies de *Physalis* en México. *Revista Geografía Agrícola* 43:81-86.
- Santiaguillo Hernández J.F., Vargas Ponce O., Grimado Juárez O., Magaña Lira N., Caro Velarde F. de J., Peña Lomeli A., Sánchez Martínez J. 2012. Diagnóstico del Tomate de cáscara. SNICS, SAGARPA, SINAREFI., Guadalajara, Jalisco. México, 46 p.
- Tardío J., Molina M., Aceituno L., Pardo M., Morales R., Fernández V., Morales P., García P., Cámara M., Sánchez M.C. 2011. *Montia fontana* L. (Portulacaceae), an interesting wild vegetable traditionally consumed in the Iberian Peninsula. *Genetic Resources and Crop Evolution* 58: 1105-1118.
- Valdivia L.E., Vargas Ponce O., Rodríguez Zaragoza F., Sánchez J. J. 2014. Fenología, potencial productivo y nutricional de tres especies silvestres de tomate de cáscara (*Physalis*, Solanaceae) de México (sin publicar).
- Vargas O., Martínez M., Dávila P. 2003. La familia Solanaceae en Jalisco: El género *Physalis*., Colección Flora de Jalisco No. 16. Inst. de Botánica, Departamento de Botánica y Zoología, CUCBA, Universidad de Guadalajara. México. 130 p.
- Williams D.E. 1985. Tres arvenses solanáceas comestibles y su proceso de domesticación en el estado de Tlaxcala, México. Tesis D. Ph. Universidad de Chapingo. México. 17



EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE GERMOPLASMA DE CHILE HABANERO (*Capsicum Chinense* Jacq.)

AGRONOMIC EVALUATION OF HABANERO PEPPER (*Capsicum chinense* Jacq.) GERMPLASM

Latournerie-Moreno, L.¹; Lopez-Vázquez, J. S.¹; Castañón-Nájera, G.²; Mijangos-Cortes, J.O.³; Espadas-Villamil, G.¹; Pérez-Gutiérrez, A.¹; Ruiz-Sánchez, E.¹

¹Instituto Tecnológico de Conkal. División de Estudios de Posgrado e Investigación. Km 16.3 antigua carretera Mérida-Motul, Conkal, Yucatán, México. ²División Académica de Ciencias Biológicas. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tabasco, México. ³Unidad de Recursos Naturales, Centro de Investigación Científica de Yucatán. Mérida, Yucatán, México.

Autor responsable: sayilhahil@yahoo.com.mx

RESUMEN

Se evaluó el potencial agronómico de doce poblaciones criollas de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) en tres localidades de Yucatán, México en el ciclo primavera verano en 2008 y 2009, bajo condiciones de riego, en un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones, y unidad experimental de 40 plantas sembradas a 0.30 m entre plantas y 1.2 m entre surcos. Los datos se analizaron por localidad y a través de localidades (combinado). Aun cuando la evaluación de las poblaciones de chile fueron influenciados por las localidades de prueba sobresalió la población H-224 por rendimiento y caracteres agronómicos, además de otras sobresalientes a condiciones ambientales particulares, como la población H-238 en Conkal y la H-247 en Ichmul, Yucatán.

Palabras clave: chile criollo, germoplasma, evaluación agronómica, Yucatán.

ABSTRACT

The agronomic potential of twelve Creole populations of habanero pepper (*Capsicum chinense* Jacq.) was evaluated in three localities of Yucatán, México, during the spring-summer cycle of 2008 and 2009 under risk conditions, in an experimental design of complete random blocks with three repetitions and experimental unit of 40 plants sown at 0.30 m between plants and 1.2 m between furrows. The data were analyzed per locality and through localities (combined). Even when the evaluation of the pepper populations was influenced by the trial's localities, the H-224 population stood out for its yield and agronomic characters, in addition to others that stood out from particular environmental conditions such as population H-238 in Conkal and H-247 in Ichmul, Yucatán.

Keywords: Creole pepper, germplasm, agronomic evaluation, Yucatán.



INTRODUCCIÓN

El cultivo del chile (*Capsicum* spp.) se ubica entre las siete hortalizas más cultivadas en el mundo, con una producción mundial estimada en 24 millones de toneladas. Los principales países productores son: China, con 14.2 millones de toneladas, seguida de México, con un volumen de 2, 379, 736.0 t, equivalente a 7.6% de la producción mundial (FAOSTAT, 2012). El cultivo de chile en México crece a un ritmo de 9.5% a 12% anual y se siembran entre 140 y 170 mil hectáreas que producen alrededor de 1.6 millones de toneladas (SAGARPA, 2009). En el sureste mexicano el chile habanero (*Capsicum chinense*) ha incrementado su superficie sembrada; en 2012 se establecieron 951.52 hectáreas, con una producción de 9,977 toneladas (SIAP, 2013). Actualmente el chile habanero se cultiva en diversas regiones de México, principalmente en los estados de Yucatán, Tabasco, Campeche y Quintana Roo, con rendimientos de entre 10 t ha⁻¹ y 30 t ha⁻¹, atribuido al nivel de tecnificación empleada en el cultivo (Santoyo y Martínez, 2012), y la producción se comercializa desde nivel local hasta el internacional procesado y fresco.

En la Península de Yucatán el chile habanero es una de las hortalizas más cultivadas y es ampliamente apreciado por su olor, sabor y pungencia. Dada sus características, el 4 de junio de 2010 obtuvo la denominación de origen como "Chile habanero de la Península de Yucatán" (DOF, 2010), derivando con ello la resolución del "PROYECTO de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-189-SCFI-2012 Chile habanero de la Península de Yucatán (*Capsicum chinense* Jacq.)-Especificaciones y métodos de prueba" (DOF, 2012). Con base en lo anterior se caracterizó el germoplasma de chile habanero, con el fin de fomentar su conservación y aprovecharlo de forma sustentable, de tal forma que en el presente trabajo se inició con la evaluación agronómica de diferentes poblaciones criollas de chile habanero (*C. chinense* Jacq.) en Yucatán, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El material genético consistió de 12 poblaciones de chile habanero de frutos color naranja, rojo y amarillo (Cuadro 1).

El trabajo se estableció en las localidades de Conkal (primavera-verano de 2008 y primavera-verano 2009) e Ichmul en 2009. Para el caso de la primera, el ensayo se estableció en 2008 (Cuadro 2).

Cuadro 1. Código experimental, origen y color del fruto de las poblaciones de chile habanero (*Capsicum chinense*) evaluadas.

Poblaciones	Lugar de origen	Color de fruto
H-248	Mérida, Yuc.	Naranja
H-171	Conkal, Yuc.	Naranja
H-172	Valladolid, Yuc.	Rojo
H-223	Dzizantun, Yuc.	Naranja
H-224	China, Camp.	Naranja
H-225	Xpechil, Peto, Yuc.	Rojo
H-228	Yaxcopoil, Peto, Yuc.	Rojo
H-238	Conkal, Yuc.	Amarillo
H-241	Tzucacab, Yuc.	Naranja
H-243	Yaxcopoil, Peto, Yuc.	Naranja
H-244*	Yaxcopoil, Peto, Yuc.	Naranja
H-247	Mérida, Yuc.	Rojo

Semillero, trasplante y manejo del cultivo

Para el semillero se usaron charolas de poliestireno de 200 cavidades y cosmopeat[®] como sustrato. Cuando las plantas alcanzaron una altura de entre 15 y 20 cm de altura se realizó el trasplante (Figura 1). El experimento se estableció bajo condiciones de riego en un diseño estadístico de bloques completos al azar con tres repeticiones; la unidad experimental constó de 40 plantas sembradas a una distancia de 0.30 m entre plantas y 1.2 m entre surcos. El manejo agronómico del cultivo se hizo de acuerdo con el paquete tecnológico propuesto por Soria et al. (2002).

Cuadro 2. Características geográficas y edafo-climáticas de las localidades.

Características de sitios experimentales	Conkal, Yuc.	Ichmul, Yuc.
Latitud (N)	21° 08'	20° 09'
Longitud (O)	89° 49'	88° 36'
Altitud (m)	10	30
Suelo	Litosol	Litosol-Redzinas
Precipitación media anual (mm)	900	79.9
Temperatura media anual (°C)	26.5	25.9



Figura 1. A: Planta de chile habanero (*Capsicum chinense*) trasplantada. B: Planta de chile habanero en fructificación.

Variables y análisis estadístico

Se midió el rendimiento de frutos por planta (g plantas⁻¹), días a inicio de cosecha (cuando los frutos adquieren un color verde brillante y consistencia dura al tacto), número de frutos por planta, longitud y diámetro de fruto (mm) y peso individual de fruto (g), y con los datos se realizó análisis de varianza individual por localidad y a través de localidades (combinado), además de comparación de medias con Duncan ($p \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza a través de localidades (combinado) presentó variación significativa ($p \leq 0.01$) para las variables agronómicas y rendimiento de fruto en las poblaciones evaluadas de chile habanero. En el análisis individual por localidad se manifestó un comportamiento similar, lo que indica que existe variabilidad entre las poblaciones, por lo cual se pueden identificar los mejores genotipos para incluirlos un programa de mejoramiento genético. Por otro lado, la interacción poblaciones por localidades fue altamente significativa para rendimiento y características agronómicas, con excepción del tamaño de fruto, por lo que el efecto observado no solamente se debe al componente genético, sino también a la influencia del ambiente de prueba. Lo anterior permite identificar genotipos sobresalientes en ambientes específicos (Zewdie y Bosland, 2000). Este tipo de resultados también fueron reportados en líneas de chile jalapeño en Costa Rica (Echandi, 2005).

El comportamiento medio del rendimiento de fruto por localidades y a través de las tres localidades de prue-

ba se presenta en el Cuadro 3. El rendimiento medio por localidad varió de 249.8 a 1349.1 g planta⁻¹ (Conkal 2008 e Ichmul 2009, respectivamente), con media de 591.6 g planta⁻¹ a través de localidades. Lo anterior indicó fuerte variación en el comportamiento de las poblaciones en las tres localidades de prueba; en el caso de Conkal, del año de evaluación al siguiente, el rendimiento varió en más de 200 g planta⁻¹, mientras que en la localidad de Conkal 2008 se presentó mayor incidencia de mosquita blanca y problemas de virosis, por lo cual el rendimiento de fruto fue menor. Con respecto al efecto que causa mosquita blanca y virosis en chile habanero se ha reportado por Berny et al. (2013). En la localidad de Conkal 2008 las poblaciones H-223 y H-224 de frutos color naranja (Figura 2) presentaron mayores rendimientos de frutos, 482.0 y 421.4 g planta⁻¹, respectivamente, así como mayor



Figura 2. Frutos de la población H-224 de *Capsicum chinense*.

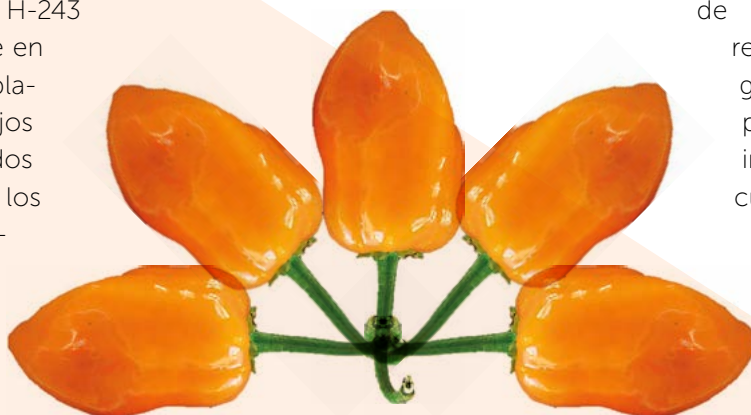
Cuadro 3. Rendimiento promedio de fruto de doce poblaciones criollas (*Capsicum chinense*) por localidades y a través de localidades.

Población genética	Rendimiento de frutos (g planta ⁻¹) y localidades			
	Conkal 2008	Conkal 2009	Ichmul 2009	Combinado
H-248	359.2bcd	529.7abc	1328.5abcd	597.3bcd
H-171	200.6cde	550.9ab	1633.5abcd	557.8bcd
H-172	309.3bcd	544.0abc	1059.6cd	525.3bcd
H-223	421.4bc	511.5abc	1194.2bcd	577.0bcd
H-224	482.0ab	577.1ab	1865.2ab	786.9a
H-225	63.9e	218.2d	1728.4abc	603.2bcd
H-228	356.2bcd	303.3bcd	1246.0bcd	511.5dc
H-238	231.3cde	652.1a	1107.1cd	564.0bcd
H-241	169.6de	266.4cd	1066.9cd	421.2d
H-243	344.4bcd	568.0ab	1263.5bcd	581.3bcd
H-247	210.9cde	388.9abcd	1963.5a	716.5ab
H-244*	373.0bcd	480.2abcd	1521.0abcd	654.4abc
Media	249.3	466.8	1349.1	591.6

Medias con la misma literal entre columnas son estadísticamente iguales (P<0.05). * Testigo.

número de frutos por planta (59 y 56, respectivamente). También se observó que estas poblaciones fueron precoces a inicio a cosecha (91 días en promedio); no obstante cabe mencionar que el peso de fruto individual fue bajo, entre 6.8 y 7.1 g⁻¹. En esta última característica las poblaciones H-172 (población de frutos rojos) y H-243 (población con frutos naranjas) fueron las de mayor peso de fruto (9.1 y 8.5 g⁻¹, respectivamente); también en Conkal 2009 sobresalió H-243 con 8.9 g⁻¹, mientras que en Ichmul la mejor fue la población H-228 de frutos rojos (9.1 g⁻¹). Estos resultados superan ampliamente a los reportados en chile habanero criollo con frutos naranjas por Tucuch *et al.* (2012), donde el mejor tratamiento produjo frutos de 5.9 g⁻¹ en condiciones

protegidas (invernadero). Estas diferencias se atribuyeron a las condiciones que se realizaron los trabajos; es decir, el chile habanero está adaptado a las condiciones agroclimáticas de la Península de Yucatán, pero no así a las condiciones que predominan en otras regiones de México, lo que conllevó a que en general se obtuvieran frutos más pequeños de menor peso.



En la localidad de Conkal 2009 las poblaciones H-238 (de frutos amarillos) y H-224 (Figura 2) sobresalieron con 652.1 y 577.1 g planta⁻¹, respectivamente, y presentaron mayor número de frutos por planta (74.7 y 77.9 respectivamente), mientras que H-225 registró el rendimiento más bajo con 218.2 g planta⁻¹. López *et al.* (2012) mencionan que al probar diferentes abonos orgánicos en una variedad criolla de chile habanero de color naranja registraron rendimientos superiores 949 g planta⁻¹ con lombricomposta y 863 g planta⁻¹ con infusión de estiércol. Aun cuando en esta evaluación no se consideraron abonos orgánicos, lo anterior muestra el potencial agronómico del chile habanero criollo susceptible de mejorarse.



Figura 3. Frutos de la población H-247 de *Capsicum chinense*.

En Ichmul la mejor población fue H-247 (1,963.5 g planta⁻¹) de frutos rojos (Figura 3), seguido por H-224 (1,865.2 g planta⁻¹). En general, esta localidad obtuvo el mayor rendimiento, con un promedio de 1349.1 g planta⁻¹ y rango de variación de 1963.5 a 1059.6 g planta⁻¹. En esta localidad los rendimientos experimentales superaron las 12 t ha⁻¹, por lo que son superiores a los reportados en chile habanero para el sureste mexicano, que fueron de 8 t ha⁻¹ en promedio (SIAP, 2013).

Es importante resaltar que, por su buen rendimiento y características agronómicas, algunas poblaciones fueron sobresalientes para condiciones particulares en una u otra localidad; en este sentido, dependiendo de las demandas del tipo de chile habanero, se podrían seleccionar poblaciones con frutos rojos (H-247) que responden mejor a suelos poco profundos, como los de Ichmul, o bien, H-223 y H-224 para condiciones de suelos pedregosos, como los de Conkal. Al respecto, Zewdie y Bosland (2000) mencionan que este tipo de trabajos permite identificar genotipos adaptables y con buen rendimiento en determinados ambientes de cultivo. En este sentido Pardey *et al.* (2006) y Palacios y García (2007) mencionan que la evaluación agronómica es una actividad a través de la cual se valoran características cuantitativas de las accesiones que conforman una colección de trabajo, con el fin de iniciar un programa de mejoramiento genético. La población H-224 sobresalió en los tres ambientes de prueba, mostrando estabilidad, altos rendimientos de fruto y buenas características agronómicas. Además, en los últimos años se

han hecho diversos trabajos con esta población; por ejemplo, en un estudio con diferentes niveles de humedad aprovechable en Conkal, Quintal *et al.* (2012) reportaron rendimientos de 547.7 g planta⁻¹ y 6.4 g⁻¹ para peso de fruto individual; mientras que, con uso de microorganismos, Reyes *et al.* (2014) reportaron 899.8 g planta⁻¹ y 8.1 g⁻¹ por fruto.

CONCLUSIONES

La población criolla de chile habanero H-224 tiene potencial para integrarse en un programa de mejoramiento genético por sus características agronómicas y rendimiento de frutos en las localidades evaluadas. También se identificaron poblaciones que responden a condiciones ambientales particulares, como la población H-238 en Conkal y la H-247 en Ichmul, Yucatán.

AGRADECIMIENTOS

A los agricultores que conservan variedades criollas ya que es gracias a ellos que el presente trabajo fuera posible. Al Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos (SINAREFI-SNICS-SAGARPA) por el financiamiento de la presente investigación.

LITERATURA CITADA

- Berny M., Abdala T.J.C., Duran R.L.Y.A., Tut P.F. 2013. Variation in insect pest and virus resistance among habanero peppers (*Capsicum chinense* Jacq.) in
- Diario Oficial de la Federación (DOF). 2010. Declaratoria General de Protección de la Denominación de Origen Chile Habanero de la Península de Yucatán. Disponible en URL: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5145315&fecha=04/06/2010
- Diario Oficial de la Federación (DOF). 2012. NORMA Oficial Mexicana NOM-189-SCFI-2012, Chile Habanero de la Península de Yucatán (*Capsicum Chinense* Jacq.)-Especificaciones y métodos de prueba. Disponible en URL: <http://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4730/seeco2/seeco2.htm>
- Echandi G.C.R. 2005. Estabilidad fenotípica del rendimiento y adaptación en líneas de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) durante la época lluviosa en Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. 29(2): 27-44.
- FAOSTAT 2012. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponible en URL: <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>
- López A.M., Poot M J.E., Mijangos C.M.A. 2012. Respuesta del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq) al suministro de abono orgánico en Tabasco, México. *Revista UDO Agrícola* 12(2): 307-312.
- Palacios C.S., García D.M.A. 2007. Caracterización morfológica de accesiones de capsicum spp. *Acta agronómica* 57: 247-252.
- Pardey R.C., García D.M.A., Vallejo C.F.A. 2006. Caracterización morfológica de cien accesiones de *Capsicum* del banco de germoplasma de la Universidad Nacional Sede Palmira. *Acta Agronómica*. 55: 1-9.

- Quintal O.W.C., Perez G.A., Latournerie M.L., May L.C., Ruiz S.E., Martínez C.A.J. 2012. Uso de agua, potencial hídrico y rendimiento de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq). Revista Fitotecnia Mexicana. 35(2): 155-160.
- Reyes R.A., López A.M., Ruiz S.E., Latournerie M.L., Pérez G.A., Lozano C.M.G., Zavala L.M.J. 2014. Efectividad de inoculantes microbianos en el crecimiento y productividad de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). Agrociencia 48(3): 285-294.
- Santoyo J.J.A., Martínez A.C.O. 2012. Tecnología de producción de chile habanero en casa sombra en el sur de Sinaloa. Fundación Produce Sinaloa. 23 p.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2009. Anuario Estadístico de la Producción a Nivel Nacional 2009. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2013. Chile habanero de la Península de Yucatán. Disponible en URL: http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=306:chile-habanero-de-la-peninsula-de-yucatan&catid=72:infogramas&Itemid=422
- Soria F.M., Trejo R.J.A., Tun S.J.M., Teran S.R. 2002. Paquete tecnológico para la producción de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq) Instituto Tecnológico Agropecuario No. 2. pp: 31-36.
- Tucuch H.C.J., Alcántar G.G., Ordaz C.V.M., Santizo R.J.A., Larqué S.A. 2012. Producción y calidad de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq) con diferentes relaciones de NH_4^+/NO_3^- y tamaño de partícula de sustrato. Terra Latinoamericana. 30(1): 9-15.
- Zewdie Y., Bosland P.W. 2000. Evaluation of genotype, environment, and genotype-by-environment interaction for capsaicinoids in *Capsicum Annuum* L. Euphytica 111:185-190.



CONOCIMIENTO ACTUAL DEL CULTIVO DE CAMOTE (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) EN MÉXICO

CURRENT KNOWLEDGE OF SWEET POTATO CULTIVATION (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) IN MÉXICO

**Basurto, F.¹; Martínez, D.²; Rodríguez, T.²; Evangelista, V.¹; Mendoza, M.¹;
Castro, D.¹; González, J.C.¹; Vaylón, V.¹**

¹Jardín Botánico, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Tercer Circuito exterior, S/N Ciudad Universitaria Coyoacán, México, D.F. C.P. 04510. ²Escuela de Biología, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Calle 4 sur 104, Centro Histórico, C.P. 72000, Puebla, Puebla, México.

Autor responsable: abasurto@ib.unam.mx

RESUMEN

El camote es uno de los cultivos más antiguos en México y se reconoce a Mesoamérica como la región con la más alta diversidad genética de esta especie. La producción mundial es de 150 millones de toneladas, con China como principal productor. En México se siembran unas 3000 ha y se cosechan alrededor de 50 000 toneladas al año. El camote se cultiva en 26 estados y existe una gran diversidad, con numerosas variedades criollas. Se planta de manera vegetativa, utilizando tramos del tallo como 'semilla' y en algunos sitios se usan los camotes más pequeños y que carecen de valor comercial. En México su consumo es más bien escaso, y se utiliza como alimento complementario o como golosina. La superficie sembrada en el país es reducida, si bien se ha mantenido casi constante en los últimos 30 años. El cultivo del camote incluye un amplio espectro de maneras de producción, desde el cultivo comercial al autoabasto del productor.

Palabras clave: Cultivos básicos, diversidad genética, agricultura tradicional

ABSTRACT

Sweet potato is one of the oldest crops in México, and Mesoamerica is recognized as the region with the highest genetic diversity of this species. World production is 150 million tons, with China as the principal producer. In México, about 3000 ha are sown and around 50 000 tons are harvested per year. Sweet potato is cultivated in 26 states and there is a great diversity, with numerous landraces. It is planted in a vegetative manner, using parts of the stem as 'seed' and the smallest sweet potatoes, which lack commercial value, are used in some sites. In México its consumption is rather scarce, since it is used as complementary food or dessert. The surface sown in the country is small, although it has been kept almost constant for the last 30 years. The cultivation of sweet potato includes a broad spectrum of ways of production, from commercial cultivation to auto-supply by the producer.

Keywords: basic crops, genetic diversity, traditional agriculture.



INTRODUCCIÓN

El camote (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) (Convolvulaceae) es un cultivo tradicional muy antiguo en México y en América, con evidencias arqueológicas en la costa peruana de entre 4000-8000 años, y es probable que en épocas precolombinas se distribuyera a través del Pacífico hasta Nueva Zelanda, aunque su origen americano se reconoce cada vez con más certeza, así como se reconoce que México es centro de diversidad de la sección Batatas, donde se ubica *Ipomoea batatas*, ubicando a Mesoamérica como la región con la más alta diversidad genética de esta especie (Urbina, 1906; Purseglove, 1968; Martin & Jones, 1971; Yen, 1976; Zhang et al., 2000; Zhang et al., 2004; Srisuwan et al., 2006).

Ipomoea batatas es una especie hexaploide ($2n=90$) que no se conoce en estado silvestre, aunque en algunas revisiones taxonómicas se reporta creciendo en hábitats de bosque mesófilo (Carranza, 2007); entre los posibles ancestros de esta especie se mencionan a *Ipomoea trifida*, *I. tiliácea* (= *I. fastigiata*) e *I. trilobata*. Algunos autores consideran a *I. trifida* como un derivado feral, más que como un posible ancestro (Martin et al., 1974).

La raíz botánica de *Ipomoea batatas* es conocida en México como camote (del náhuatl camotli); otros nombres comunes son: camote dulce, camote de guía, hiedra, isak (tzotzil), nodzá hixée (mazateco), man'á (totonaco), ña'mi (mixteco) (Katz, 1990; Martínez et al., 1995; Mota, 2007; Carranza, 2007). Su distribución mundial ocurrió muy rápido luego de la llegada de los españoles a América y actualmente constituye un cultivo muy importante

en Asia y África. Se sabe que para 1516 se cultivaba en la Península Ibérica; en el mismo siglo XVI es llevada por españoles y portugueses al continente Africano y de ahí al sureste asiático; para 1594 se encuentra en China y en 1698 en Japón. Al lejano oriente pudo llegar también por medio de la Nao de Filipinas. Su presencia en Oceanía es muy temprana, quizá a partir del siglo XIII o XIV (Figura 1).

Actualmente se cultiva en todo el mundo entre los 40° N y 40° S y en el ecuador alcanza hasta los 3000 m de altitud. Es un cultivo muy importante en países tropicales de Asia, África y América Latina, y es visto como una de las especies que pueden ayudar a solucionar problemas de seguridad alimentaria. El camote es básicamente un cultivo amiláceo, subsidiario de la papa en la dieta caucasoide, pero que en El Caribe y en varios países de África forma parte importante de la dieta, aportando más de 20% de la ingesta calórica o de carbohidratos (Cuadro 1), mientras que en Asia, Australia y Oceanía alcanza el segundo lugar como cultivo importante, luego del arroz

Cuadro 1. Aporte calórico del camote (*Ipomoea batatas*) en varios países.

País	Calorías de la dieta (%)
Islas Solomon	22.7
Papúa Nueva Guinea	14.2
Ruanda	17.6
Uganda	12.8
Burundi	12.6

Fuente: Sanderson (2005).

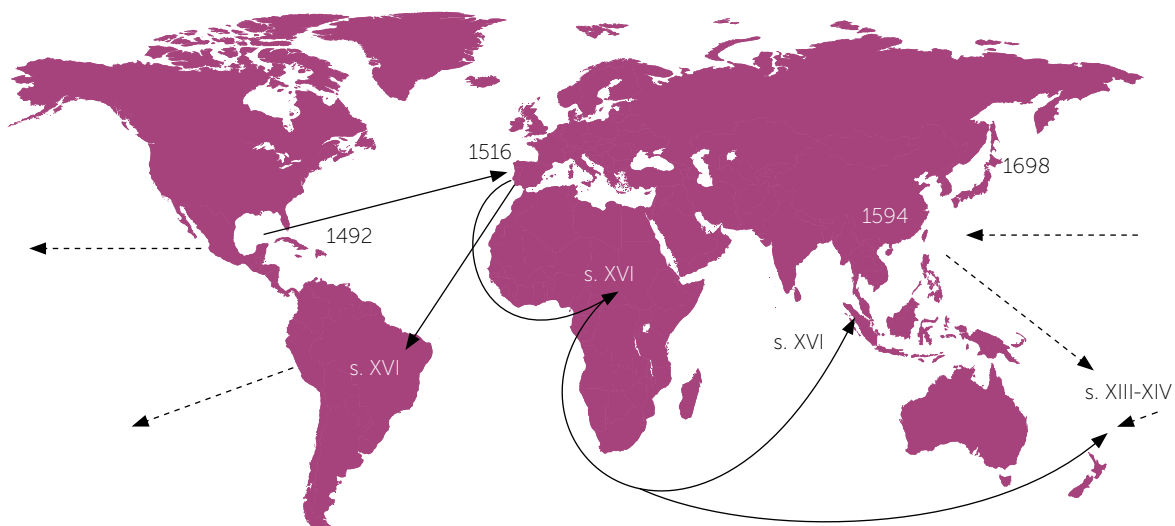


Figura 1. Dispersión de camote (*Ipomoea batatas*) en el mundo.

(*Oryza sativa*) o del taro (*Colocasia esculenta*) (Yen, 1976).

La producción mundial de camote es de unos 150 millones de toneladas cultivadas en 15 millones de hectáreas, con China como el principal productor, registrando cosechas de hasta 13 millones de toneladas al año en el sureste asiático y de 6 millones de t en África y Oceanía. En Japón el camote es el segundo cultivo en importancia y es fuente de almidón para uso industrial. En México se siembran cerca de 3000 hectáreas y se cosechan alrededor de 50 000 t año⁻¹ (Cuadro 2).

A pesar de que el camote es una de las plantas comestibles más importantes en los trópicos y subtropicos, constituyendo el séptimo cultivo mundial en importancia por su producción y ser la raíz más consumida como fuente de calorías (Sander-

son, 2005), por su contenido de vitaminas y minerales, su consumo en México es escaso y, aunque en algunas zonas del país es parte de los alimentos salados, generalmente se consume más en dulce o golosina. En el presente trabajo se muestra el conocimiento actual del cultivo del camote en México.

MATERIAL Y MÉTODOS

La información se obtuvo a partir de la creación de la Red Camote del Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (SINAREFI) en 2009; de entonces a la fecha se han visitado diversas zonas productoras de camote en el país y se ha entrevistado a productores y comerciantes de camote, identificando las formas de cultivo, agrobiodiversidad, calendario agrícola, implementos y herramientas utilizadas, modos de comercialización y usos regionales del camote, además de revisión bibliográfica.

Cuadro 2. Países y regiones productoras de camote (*Ipomoea batatas*).

País	Producción (millones t año ⁻¹)
China	120
Sureste asiático	13.0
África	6.0
Oceanía	6.0
América	2.9
EUA	0.7
Japón	1.5
Nueva Zelanda	0.6
México	0.05

Fuente: FAO (1999); SIAP (2010).

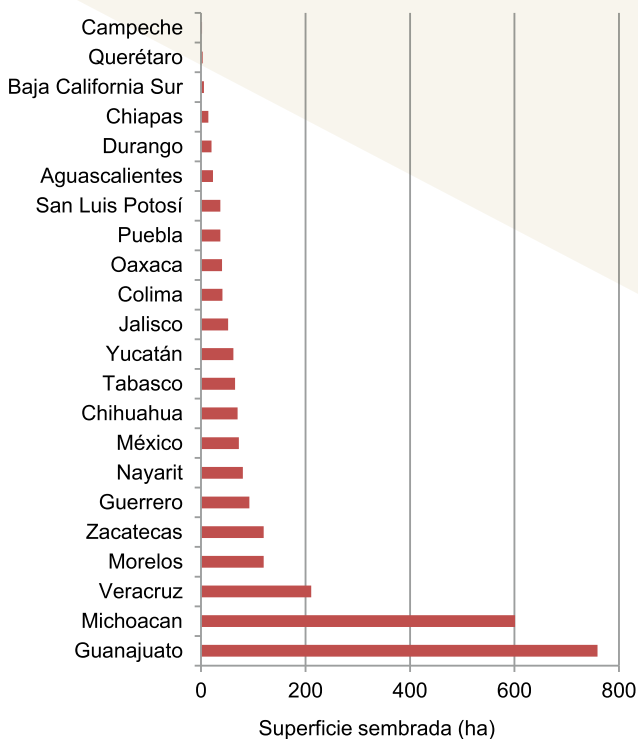


Figura 2. Estados productores de camote (*Ipomoea batatas*) en México.

RESULTADOS Y DISCUSION

En México el camote se distribuye principalmente en la zona centro sur de la costa del Golfo, en la Península de Yucatán, Chiapas y Oaxaca, la región del Bajío y en algunos puntos de la vertiente del Pacífico en los estados de Colima, Jalisco, Michoacán, Nayarit y Sinaloa; también se cultiva en algunos municipios de Chihuahua y Tamaulipas.

Se tienen dos ciclos de cultivo; el de temporal, que ocurre en los meses de junio a octubre y noviembre; y el de invierno, en los meses de diciembre a mayo y hasta junio. En el primero la cosecha abastece la principal temporada de demanda que ocurre en noviembre, mientras que en el segundo se produce la "semilla" que se utilizará para la plantación de verano o de temporal. De acuerdo con datos de SAGARPA (2010), el camote se cultiva en 22 estados (Figura 2) y en 2010 se sembraron 2121.26 ha, con un rendimiento promedio de 17.5 ton ha⁻¹, registrando a la región del Bajío (Guanajuato y Michoacán) como los principales productores, con su producción destinada al mercado nacional. Con base en las colecciones de herbario se reporta además la presencia de camote en los estados de Hidalgo, Sinaloa, Tamaulipas y Quintana Roo, sumando así la presencia de este cultivo en 26 de los 32 estados de México.

En México existe una gran diversidad de camotes, con numerosas variantes criollas. Es una especie de importancia alimentaria y cultural que se encuentra pobremente representada tanto en los herbarios como en los bancos de germoplasma nacionales, tomando en cuenta que en México se cultiva en más de 100 municipios de 26 estados. La diversidad de camote se identifica principalmente por el color de la epidermis y parte interna de la raíz, que pueden ser roja, púrpura, rosada, anaranjada, amarilla, pajiza o blanca (Figura 3), así como de la forma de la hoja, la cual puede ser acorazonada, hastada, dentada o trilobulada (Figura 4).

El cultivo de camote ocurre tanto bajo riego como en condiciones de temporal, con la producción destinada al mercado local, regional o nacional, o para autoabasto del productor, dependiendo de la región donde se produzca. En la región del Bajío el camote es un cultivo comercial, con inversión de insumos y maquinaria en áreas con riego, y la producción se destina al mercado nacional; en otros lugares del país, como Oaxkubcab, Yucatán, Acatlán y Pilcaya, Guerrero, Atlixco, Huaquechula y Santa Isabel Cholula, Puebla y Zacualpan e Ixtapan de la Sal, en el Estado de México, el cultivo se realiza con yunta de equinos, bueyes y herramientas manuales, principalmente en áreas de temporal, aunque también se planta en terrenos con riego y la producción se comercializa en plazas o tianguis próximos a las zonas de producción.

En otras regiones, como Ocotlán, Oaxaca; Huejutla, Hidalgo y la Sierra Norte de Puebla, el camote se produce con herramientas manuales, como azadón y machete, para auto consumo y, ocasionalmente, para venta al menudeo. Con frecuencia se vende cocido en mercados locales. El camote se planta de manera vegetativa, utilizando tramos del tallo o esquejes como "semilla" y en algunos sitios se usan los camotes más pequeños que carecen de valor comercial. De acuerdo con los datos del Sistema de Información Agropecuaria y Pesquera (SIAP, 2010), en las últimas tres décadas la producción de camote en México ha variado entre 30 000 y 70 000 t año⁻¹, con tendencia positiva (Figura 5), misma que se debe a mayores rendimientos por unidad de superficie (Figura 6), manteniendo una superficie cultivada de 2500 ha año⁻¹ en el mismo periodo (Figura 7).

CONCLUSIONES

A pesar de tener un gran potencial como alimento, el



Figura 3. Diversidad de colores de camote (*Ipomoea batatas*) registradas en el Estado de México.

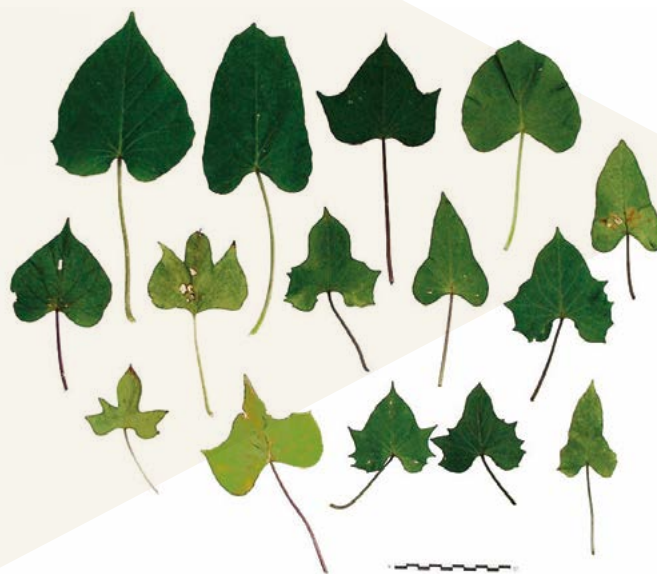


Figura 4. Diversidad de hojas de camote (*Ipomoea batatas*).

camote se consume muy poco en México y se utiliza como alimento complementario o como golosina. En concordancia con lo anterior, la superficie sembrada en el país es reducida; si bien se ha mantenido casi constante en los últimos 30 años, periodo en que ha habido un aumento en su producción, atribuido principalmente al aumento en rendimiento por unidad de superficie. El cultivo del camote incluye un amplio espectro de maneras de producción, del cultivo comercial al auto consumo del productor.

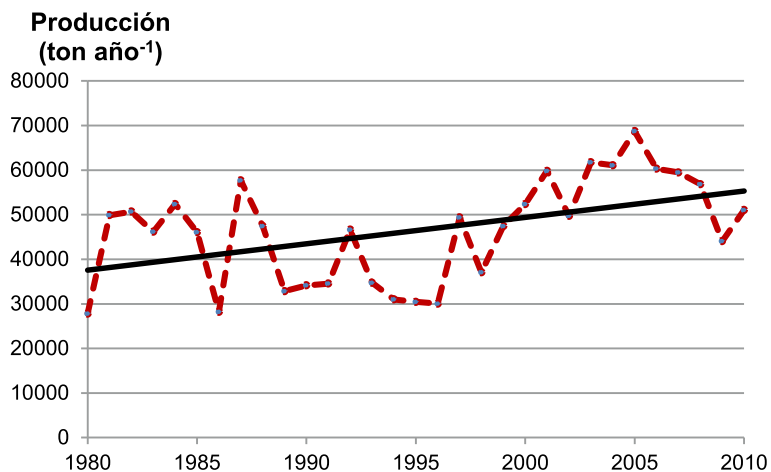


Figura 5. Producción de camote (*Ipomoea batatas*) en México para el periodo 1980-2010.

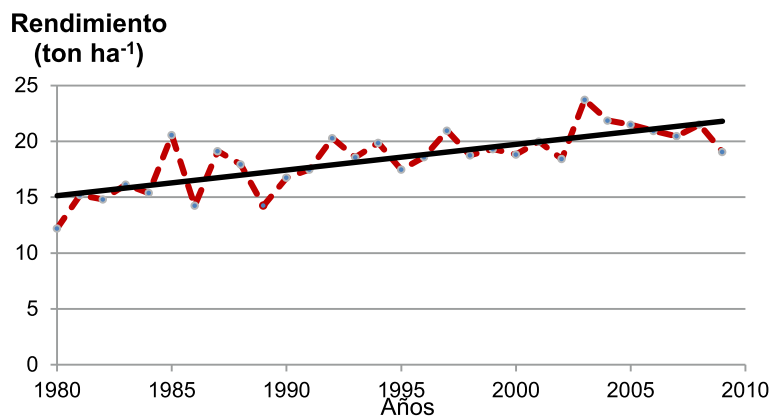


Figura 6. Rendimiento de camote (*Ipomoea batatas*) en México 1980-2010.

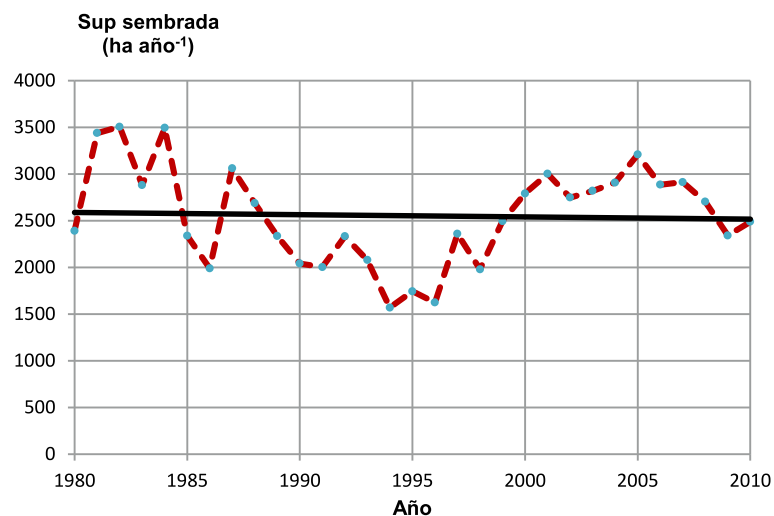


Figura 7. Superficie sembrada de camote (*Ipomoea batatas*) en México 1980-2010.

AGRADECIMIENTOS

A los comerciantes y productores de camote encuestados por su valiosa información. Al Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (SINARE-FI-SNICS-SAGARPA), Ing. Enriqueta Molina, M.C. Rosalinda González, Ing. Oscar Gámez y Biol. Sandibel Vera. A las autoridades del Instituto de Biología y del Jardín Botánico.

LITERATURA CITADA

- Carranza E. 2007. Familia Convolvulaceae. Flora del bajo y de regiones adyacentes. Fascículo 151.
- FAO. 1999. <http://faostat3.fao.org/>
- Katz DE. 1990. Des racines dans la terre de la pluie. Identité, ecologie et alimentation dans le haut pays mixtèque. Tesis doctoral. Université de Paris X.
- León J. 1987. Botánica de los cultivos tropicales. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), San Jose, Costa Rica.
- Martin F., Jones A. 1971. The species of *Ipomoea* closely related to the sweet potato. *Economic Botany* 25: 201-215
- Martin F., Jones A., Ruberte R. 1974. A wild *Ipomoea* species closely related to the sweet potato. *Economic Botany* 28: 287-292.
- Mota C. 2007. Plantas comestibles de la Sierra Negra de Puebla, México. Tesis Maestría en Ciencias (Botánica). Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, estado de México.
- Purseglove J. 1968. Tropical Crops. Dicotyledons. Longman, London pp: 78-88 Convolvulaceae.
- Sanderson H. 2005. Roots and Tubers. In: G. Prance & M. Nesbitt (eds.) *The Cultural History of Plants*. Routledge, London. pp: 61-76.
- SIAP. 2010. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, SAGARPA. www.siap.gob.mx. Consultado en mayo 2014
- Srisuwan S., Sihachakr D., Siljak-Yakovlev S. 2006. The origin and evolution of sweet potato (*Ipomoea batatas* Lam.) and its wild relatives through the cytogenetic approaches. *Plant Science* 171: 424-433.
- Urbina M. 1906. Raíces comestibles entre los antiguos mexicanos. *Anales del Museo Nacional de México*. Segunda época. T III: 117-190.
- Yen D.E. 1976. Sweet potato. *Ipomoea batatas* (Convolvulaceae). in: N. W. Simmonds (ed) *Evolution of Crop Plants*. Longman, London. pp: 42-45.
- Zhang D., Cervantes J., Huamán Z., Carey E. Ghislain M. 2000. Assessing genetic diversity of sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) Cultivars from Tropical America using AFLP. *Genetic Resources and Crop Evolution* 47: 659-665.
- Zhang D., Rossel G., Kriegner A., Hijmans R. 2004. AFLP assessment of diversity in sweetpotato from Latin America and the Pacific region: Its implications on the dispersal of the crop. *Genetic Resources and Crop Evolution* 51: 115-120.

EL CHILE HUACLE (*Capsicum annuum* sp.) EN EL ESTADO DE OAXACA, MÉXICO

HUACLE PEPPER (*Capsicum annuum* sp.) IN THE STATE OF OAXACA, MÉXICO

López-López, P.¹; Pérez-Bennetts, D.²

¹Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. CIRPAS, INIFAP; Av. Progreso # 5 Barrio de Santa Catarina, Delegación Coyoacán C.P. 04010, México D.F. ²Instituto Universitario de Oaxaca Victoria-no González #266, Colonia del Maestro, Oaxaca de Juárez, Oaxaca, México C.P. 68010.

Autor responsable: diegobenn@me.com



RESUMEN

Se presentan las principales características agronómicas y morfológicas del chile Huacle (*Capsicum annuum* sp.) en condiciones de campo y ambiente protegido. Se utilizaron 45 descriptores que incluyeron siete de planta, nueve de hoja, cinco de flor y 24 de fruto. Los resultados obtenidos indicaron que la planta de chile Huacle es de posición erecta, hábito de crecimiento dicotómico y tallos de color verde con rasgos de antocianinas. Las hojas tienen forma ovalada, color verde oscuro, ápice acuminado, base atenuada y margen laminar entero. Las flores son de posición intermedia, con anteras de color morado, filamento blanco y estigma del tipo exserto. El fruto es una baya de forma trapezoidal, de color verde antes de la madurez y de color café oscuro e intensidad media y brillantez fuerte en su madurez. El ciclo del cultivo es de 185-195 días y constituye el principal ingrediente del mole negro oaxaqueño.

Palabras clave: chiles, Caracterización, Gastronomía, mole negro.

ABSTRACT

The main agronomic and morphologic characteristics of the Huacle pepper (*Capsicum annuum* sp.) are presented, under field conditions and a protected environment. Forty-five descriptors were used, which included seven from the plant, nine from leaves, five from flowers and 24 from fruits. The results obtained indicated that the Huacle pepper plant has erect position, dichotomous growing habit, and green stems with anthocyanin features. The leaves are oval shaped, with dark green color, pointed apex, soft base and full laminar margin. The flowers are of intermediate position, with purple anthers, white filaments and exserted stigma. The fruit is a berry with trapezoidal shape, green color before maturity and in maturity dark brown color, medium intensity, and strong brilliance. The cultivation cycle is 185-195 days, and the pepper constitutes the main ingredient in Oaxaca's mole negro.

Keywords: chili pepper, characterization, gastronomy, mole negro.





INTRODUCCIÓN

En México se domesticaron especies como maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus spp.*), calabaza (*Cucurbita spp.*) y chile (*Capsicum spp.*), entre otras principales, y que en la actualidad forman parte de la dieta humana a nivel mundial (CONABIO, 1998, Lépiz y Rodríguez, 2006). En cuanto al chile, existen cinco especies cultivadas (*C. annum*, *C. pubescens*, *C. frutescens* y *C. baccatum*) y alrededor de 25 silvestres y semicultivadas (Hernández y Verdugo *et al.*, 1999). *C. annum* es la especie cultivada más importante en todo el mundo y en México se encuentra la mayor diversidad; sin embargo, solo algunos tipos de chile del país son ampliamente reconocidos, tales como: Jalapeño, Ancho, Guajillo, Pasilla, Serrano, Manzano, Habanero, de Árbol y Piquín. La mayor parte de la diversidad solo es conocida a nivel regional o local (Laborde y Pozo, 1984; Pozo *et al.*, 1991). El estado de Oaxaca por sus características ambientales se divide en ocho regiones: Valles Centrales, Cañada, Istmo de Tehuantepec, Cuenca del Papaloapan, Costa, Mixteca, Sierra Norte y Sierra Sur. La región de la Cañada Oaxaqueña presenta múltiples contrastes en cuanto a su orografía y grupos culturales. Su clima se ubica dentro de los secos muy cálidos y semicalidos (BS(h1)) y templado (BS1k), con una temperatura anual promedio de 22 °C, con lluvias mínimas de 372.8 mm y máximas de 643.7 mm total anual. Desde tiempos ancestrales, bajo estas condiciones de clima y suelo, se desarrolla el cultivo del chile Huacle o Chilhuacle en sus variantes de color negro, amarillo y rojo, registrando a la región La Cañada, Oaxaca como la única región en México donde se cultiva esta variante biológica con registro de hasta 10 hectáreas en promedio cultivadas anualmente (Aguilar *et al.*, 2010).

El manejo general de cultivo es con riego rodado en extensiones de 0.5-1.0 hectáreas con pendientes de hasta 3%, suelos del tipo Luvisol, Litosol y Cambisoles. El cultivo involucra actividades generales de producción de plántula en almácigos de suelo, trasplante, fertilización y control de plagas. En precosecha el mayor problema lo constituyen las enfermedades de naturaleza viral y

en postcosecha el deshidratado de los frutos, que se realiza en exposición directa al sol con rendimientos promedio de hasta 1.0 t ha⁻¹ de chile seco. Con base en la importancia económica que el chile Huacle representa, el objetivo del presente fue realizar recolecta regional de la diversidad biológica con fines de caracterización, evaluación y registro de usos principales que fomente su conservación.

MATERIALES Y MÉTODOS

La caracterización agro morfológica del chile Huacle se realizó en las localidades de San Juan Bautista Cuicatlán y Santo Domingo el Chilar, Oaxaca; en esta última el proceso productivo se efectuó en condiciones de ambiente controlado (invernadero).

Las condiciones climáticas generales de los sitios de estudio son de clima cálido semiseco con lluvias en verano, temperatura anual de 38 °C, y la temperatura del mes más frío es de 10 °C; con lluvias en verano, presencia de la canícula, con un verano caluroso y largo, temperatura media del mes más caliente de entre 28 °C y 43 °C (García 1970; Cano y Serrano 2008). La precipitación anual promedio de los años anteriores oscila entre 500 y 600 mm anuales distribuidos entre los meses de junio a septiembre, con excepción del mes de agosto, en el que frecuentemente se presenta sequía intraestival o "canícula". El manejo agronómico del cultivo comprendió las actividades del manejo integrado del chile propuesto por Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Los caracteres cualitativos y cuantitativos se evaluaron de acuerdo con descriptores para *Capsicum* propuestos por IPGRI-CATIE-AVRDC (1995) y a la Guía para la descripción varietal del chile *Capsicum annum* L., del SNICS (SNICS 2005).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se describen a continuación los principales caracteres morfológicos del chile Huacle de acuerdo con descriptores:

Planta: Planta de posición erecta, hábito de crecimiento dicotómico, altura promedio de 145 cm, raíz típica con un gran número de raíces secundarias, tallos de





Figura 1. A: Planta de chile Huacle (*Capsicum annuum*). B: Tallo angular pigmentado por antocianinas de chile Huacle.

forma angular color verde (Figura 1 A), y color violáceo intenso por antocianinas en los entrenudos, y escasa pubescencia (Figura 1 B).

Con respecto al largo de los tallos es importante destacar que las plantas bajo condiciones de campo y riego por gravedad (como se realiza el proceso productivo del chile Huacle en San Juan Bautista Cuicatlán)



Figura 2. Hoja de forma ovalada del chile Huacle (*Capsicum annuum*).

presentan una longitud promedio de los cotiledones a la primera flor de 30.7 cm; sin embargo, las plantas producidas en condiciones de ambiente protegido (invernadero) y sistema de riego presurizado tuvieron longitud promedio de los cotiledones a la primera hoja de 46.8 cm, efecto que se manifestó en los entrenudos subsecuentes y que indudablemente afectó la altura de planta, a tal grado que las plantas establecidas de campo alcanzaron una altura de 1.45 m, mientras que las de invernadero alcanzaron una altura promedio de 1.78 m.

Hojas. De forma ovalada, de color verde oscuro, con ápice acuminado, base atenuada y margen laminar entero; con ampolado medio en la superficie de la hoja, pinnadamente nervadas y pubescencia escasa. Con posición del pedúnculo no erecto (Figura 2).

Las hojas del chile Huacle cultivado en campo presentaron longitud promedio de 10.3 cm y promedio de 9.2 cm de ancho de limbo; sin embargo, en invernadero el tamaño fue mayor con promedios de longitud de limbo de 13.6 cm y 12.5 cm en el ancho de limbo. El pecíolo presentó 8 cm de longitud en promedio.

Flor. Son de posición intermedia, con anteras de color morado y filamento blanco; el estigma es de tipo exserto. La corola es de color blanco, pétalos blancos en número de seis y deciduos (Figura 3).

Fruto. Es una baya de forma trapezoidal, posición pendiente, textura lisa en la superficie, ápice agudo color verde e intensidad media antes de la madurez, y de color café oscuro e intensidad media y brillantez fuerte en su madurez (Figura 4 A), aunque también existen frutos de color rojo (Figura 4 B) y amarillo (Figura 4 C). En los tres casos, los frutos presentan forma angular predominante en la sección transversal, con tres o cuatro lóculos.

En cuanto a caracterización agronómica se determinaron los siguientes datos. El chile Huacle presenta un

ciclo de cultivo de 185 a 195 días distribuidos de la siguiente manera: 35 a 45 días de almácigo, 90 días de crecimiento y desarrollo, y 60 días de cosecha, aunque puede variar dependiendo de la temperatura, fotoperiodo, intensidad luminosa y humedad disponible en el suelo. A temperaturas medias diarias de 28 °C y fotoperiodo largo (10 horas luz), las fases vegetativas del chile Huacle se desarrollan con la germinación en tres días, emergencia, 12 días; inicio de floración, 25 días; inicio de fructificación, 45 días; e inicio de cosecha, 105 días.

La fuerza gastronómica que reside en el chile Huacle, que lo caracteriza y lo hace único en el estado de Oaxaca, consiste en ser uno de los ingredientes reconocidos para la elaboración del Mole Negro Oaxaqueño (Guzmán, 1985), (Figura 5), platillo que está presente en la mayoría de las celebraciones sociales y religiosas del estado de Oaxaca. Sin embargo, el Huacle no solo se ha consumido de esta forma a lo largo del tiempo. Murguía y Galardi (1818) caracteriza por primera vez al chile cuicateco como una especia que se usa para aderezar guisos servidos en eventos fúnebres y como colorante para teñir salsas. Durante el mismo siglo, en un manuscrito anónimo escrito en 1829, se encontró al chile huacle como ingrediente de más de 25 recetas de una colección de 170, entre las que figuraban la sopa de chile-ago (chileajo), manchamanteles, mal asado, chanfaina, estofado, clemole y moleprietto, mismo que años después derivaría en el mole negro oaxaqueño.

La elaboración de los platillos antes mencionados ha decaído considerablemente y las técnicas empleadas se han visto modificadas debido al avance tecnológico, pero se concuerda en lo siguiente: el chile Huacle solo se utiliza ahora en la preparación de los moles negro, rojo y amarillo en el estado de Oaxaca, así como en los chiles rellenos y el chile caldo, preparaciones típicas de San Juan Bautista Cuicatlán (Velásquez, 1991; Kennedy, 2009).

CONCLUSIONES

El chile Huacle es ícono en la gastronomía tradicional de Oaxaca y su uso se ha visto modificado al paso del tiempo. Su caracterización morfológica es importante para definir usos que promuevan su conservación como reservorio genético.

AGRADECIMIENTOS

Esta contribución es resultado de las actividades de la Red de Chile. Agradecemos el apoyo financiero para el desarrollo de esta investigación al Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y Agricultura (SINAREFI), a través del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).



Figura 3. Flor de chile Huacle (*Capsicum annuum*).

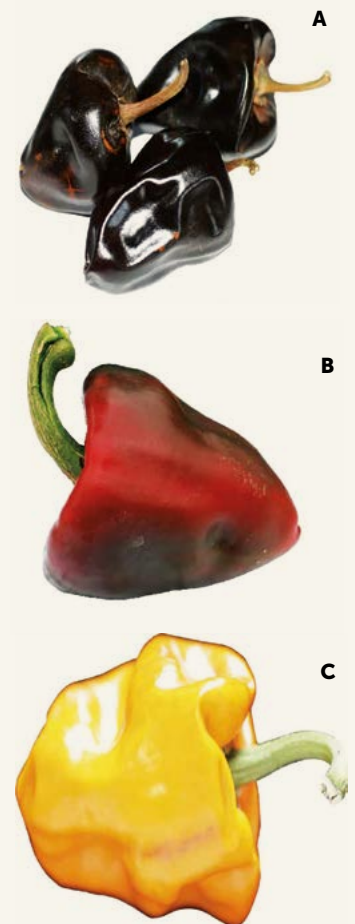


Figura 4. Frutos de chile Huacle (*Capsicum annuum*) en forma angular. A: Huacle Negro. B: Huacle rojo. C: Huacle amarillo.



Figura 5 Platillo tradicional de Mole Negro de Oaxaca, México, elaborado con chile Huacle (*Capsicum annuum* sp.).

LITERATURA CITADA

- Aguilar R.V.H., Corona T.T., López L.P.; Latournerie M.L., Ramírez M.M., Villalón M.H., Aguilar C.J.A. 2010. Los chiles de México y su distribución. SINAREFI, Colegio de Postgraduados, INIFAP. IT-Conkal, UANL, UAN. Montecillo, Texcoco, estado de México. 114p.
- Anónimo. 2010. Arte de cosina de según el uso de la provincia. C. Sánchez (Ed.), Arte de [cosina] según el uso de la provincia [de Oajaca] año de 1829 (1ª ed.). Oaxaca: Carteles editores.
- CONABIO. 1998. La diversidad biológica de México: Estudio del país, 1998. Comisión Nacional para el conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. pp: 61-102.
- Guzmán A. 1985. Tradiciones gastronómicas oaxaqueñas. Oaxaca, México.
- IPGRI-AVRDC-CATIE. 1995. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), Centro Asiático para el Desarrollo y la Investigación relativos a los Vegetales (AVRDC), Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Descriptores para *Capsicum* (*Capsicum* spp). 51 p.
- Kennedy D. 2009. Oaxaca al gusto (1ª edición ed.). EUA: Plaza y Janés.
- Laborde C.J.A., Pozo C.O. 1984. Presente y pasado del chile en México. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (SARH INIA) Publicación Especial No. 85. México. 80 p.
- Lepíz I.R., Rodríguez G.E. 2006. Los recursos fitogenéticos de México. En: J. C. Molina m. y L. Córdoba T. (eds.). Recursos Fitogenéticos de México para la Alimentación y la Agricultura: Informe Nacional 2006. SAGARPA y SOMEFI. pp:1-17.
- Murguía y Galardi J.M. 1818. Partido de Teotitlán del Camino. En J. M. Murguía y Galardi, Apuntamientos estadísticos de la provincia de Oaxaca en esta Nueva España (pág. 74-78). Oaxaca, México: Imprenta de Ignacio de Rincón.
- Pozo C.O., Montes H.S., Redondo J.E. 1991. Chile (*Capsicum* spp) En: R. Ortega P., G. Palomino H., F. Castillo G., V. A. González H. y M. Livera M. (eds.) Avances en el estudio de los Recursos Fitogenéticos en México. SOMEFI. Chapingo, Méx. pp 217-238.
- Serrano A.V., Cano G. M.A. 2003. Caracterización del medio físico del estado de Oaxaca y sus distritos políticos. INIFAP. Folleto Técnico No. 4. 24 p.
- Servicio Nacional de Inspección y certificación de Semillas. (SNICS). 2006. Guía para la descripción varietal del Chile (*Capsicum annuum* L.). México. 26 p.
- Velásquez J. 1991. Las recetas de cocina de doña Josefina Velásquez de León: cocina oaxaqueña (2ª Edición ed.). DF, México: Grupo editorial Diana.

DIVERSIDAD Y DISTRIBUCIÓN DE CALABAZAS (*Cucurbita* spp.) EN GUERRERO, MÉXICO

DIVERSITY AND DISTRIBUTION OF PUMPKINS (*Cucurbita* spp.) IN GUERRERO, MÉXICO

Hernández-Galeno, C. del Á.¹; Flores-Zárte, M²; Castro-Lara, D.³; Vera-Sánchez, K. S.⁴; Toledo-Aguilar, R.¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Iguala, Carretera Iguala-Tuxpan Km. 2.5, C. P. 40000. Iguala de la Independencia, Guerrero. ²Investigador independiente. San Pablo Huitzo, Oaxaca. ³Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología. ⁴Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas, Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos.

Autor responsable: hernandez.cesar@inifap.gob.mx

RESUMEN

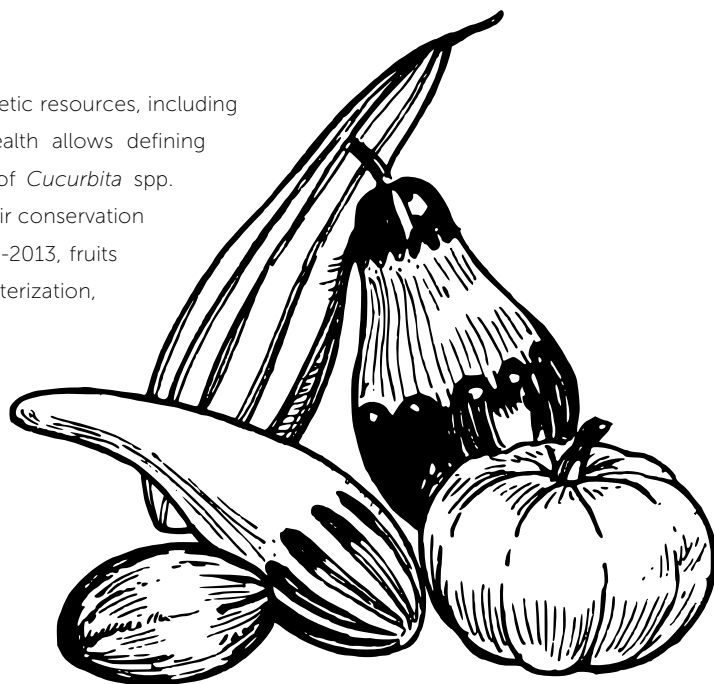
El estado de Guerrero, México, cuenta con amplia diversidad de recursos fitogenéticos, incluidos los referentes a *Cucurbita* spp., y conocer su riqueza permite definir estrategias para su estudio, conservación y aprovechamiento. Se realizó la recolecta de recursos genéticos de *Cucurbita* spp., con el fin de promover su conservación y usar en programas de mejoramiento genético. Durante los años 2012-2013 se recolectaron frutos y semillas para realizar su caracterización preliminar la cual evidenció la existencia de amplia diversidad interespecífica, destacando *C. moschata* con amplia variación en formas, texturas y coloración de fruto, además de registrar múltiples usos alimenticios en que se emplean los frutos, flores, brotes vegetativos tiernos y semilla que lo posicionan como un cultivo importante en el estado de Guerrero.

Palabras clave: Caracterización, recursos fitogenéticos, conservación.

ABSTRACT

The state of Guerrero, México, has a broad diversity of phylogenetic resources, including those related to *Cucurbita* spp., and understanding their wealth allows defining strategies for their study, conservation and use. A collection of *Cucurbita* spp. genetic resources was performed, with the aim of promoting their conservation and using them in genetic improvement programs. During 2012-2013, fruits and seeds were collected to carry out their preliminary characterization, which evidenced the existence of broad inter-specific diversity, with *C. moschata* standing out with a broad variation in shapes, textures and coloring of the fruit, in addition to showing multiple dietary uses in which the fruits, flowers, tender vegetative shoots and seeds are used. This makes it an important crop in the state of Guerrero.

Keywords: characterization, plant genetic resources, conservation.



INTRODUCCIÓN

México es considerado por diversos autores entre los países con la mayor riqueza florística a nivel mundial (Mittermeier, 1988; Akeroyd y Synge, 1992; Toledo, 1993; Heywood y Davis, 1997; Neyra y Durand, 1998), lo cual crea un fuerte compromiso para conocer, conservar y utilizar sustentablemente dichos recursos. Específicamente de la familia Cucurbitaceae se tiene conocimiento que comprende alrededor de 750 especies, entre las cuales, 27 se encuentran agrupadas en el género *Cucurbita* spp., (Cerón *et al.*, 2012), originarias del Continente Americano (McClung *et al.*, 2001). Las especies domesticadas que se conocen son: *Cucurbita pepo* L., *C. ficifolia* Bouché, *C. moschata* (Duchesne ex Lam.) Duchesne ex Poiret, *C. maxima* Duchesne ex Lam., y *C. argyrosperma* Huber., (Cerón *et al.*, 2012), de las que *C. maxima* se considera de origen Sudamericano, mientras que *C. pepo* fue la primera en ser domesticada en América hace aproximadamente siete mil años (Lira, 1996; McClung *et al.*, 2001). Cerón *et al.* (2012), mencionan que cada una de estas especies esta confinada a ciertos ambientes; por ejemplo, *C. moschata* se encuentra en lugares cálidos con altitudes menores a 1000 m, mientras que *C. pepo* se localiza en altitudes mayores a 1000 m; *C. ficifolia* se desarrolla entre 1800 m y 3000 m (McClung *et al.*, 2001). El cultivo de estas especies fue importante para el desarrollo de las primeras civilizaciones de América (Sánchez *et al.*, 2000), pues, combinadas con otros cultivos del sistema milpa, brindaron alimentos necesarios para su subsistencia (Mera *et al.*, 2011); y en la actualidad, en el año 2012 la superficie sembrada con calabazas fue superior a ocho mil hectáreas, con un valor de producción de más de 557 millones de pesos (SAGARPA, 2012). En el estado de Guerrero existe una gran diversidad de especies del genero *Cucurbita*, sin embargo, su estudio aún está incompleto, razón por la cual se realizaron recolectas de los recursos genéticos de *Cucurbita* spp., con fines de iniciar su caracterización morfológica y conservación para un futuro mejoramiento genético.

MATERIALES Y MÉTODOS

Recolecta de frutos y semilla

Se realizó un muestreo aleatorio simple para recolectar germoplasma de las especies *C. pepo*, *C. moschata*, *C. argyrosperma* y *C. ficifolia* principalmente, como las especies de mayor importancia económica agrícola en el estado de Guerrero. Las colectas se realizaron a partir del mes de noviembre del 2012, a noviembre del 2013, pues en zonas de la Costa Chica es posible obtener siembras de humedad residual. Se obtuvieron al menos cinco frutos maduros para su caracterización morfológica preliminar, así como, al menos un kilogramo de semilla. Adicional a la muestra de semilla, se registraron los datos de pasaporte de cada accesión, que incluyeron el nombre del productor, comunidad, lugar de colecta, nombre local del cultivo, georreferenciación y usos del material recolectado.

Caracterización de frutos

Cuando en la recolecta se obtuvieron frutos, se registraron las variables listadas en el Cuadro 1, tomando como referencia las directrices para la eje-

cución del examen de la distinción, la homogeneidad y la estabilidad para calabaza (UPOV, 2007). Posteriormente se obtuvo la semilla, la cual fue sometida a un proceso de secado a temperatura ambiente, eliminando las que presentaban daños por insectos o enfermedades, así como aquellas infértiles o vanas.

El análisis de la información obtenida de la caracterización preliminar de los frutos se realizó utilizando estadísticos descriptivos, incluyendo un análisis de componentes principales (CP) efectuado con el paquete estadístico SAS (SAS, 1999).

Riqueza de especies

Las coordenadas geográficas de las 53 accesiones obtenidas durante 2012-2013, incluyendo ocho adicionales resguardadas en el Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos (SINAREFI), así como, 29 puntos reportados para el estado de Guerrero identificados en bases de datos de herbarios nacionales, se utilizaron para la elaboración de mapas de distribución real, análisis de riqueza de especies y distribución potencial del genero *Cucurbita* spp., para dicho estado, utilizando los programas DIVA-GIS versión 7.5.0 con capas en un sistema de coordenadas geográficas WGS-84 y celdas de 0.5 grados (55.5 km), la edición se realizó con ArcMap 10.1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Recolecta de frutos y semilla

De las regiones Acapulco, Centro, Norte, Costa Grande, Costa Chica y Montaña, abarcado el 25.9% de los municipios que conforman el estado de Guerrero (Cuadro 2, Figura 1), se obtuvo un total de 53 recolectas de las especies *C. argyrosperma*, *C.*

Cuadro 1. Variables para caracterización de frutos de *Cucurbita* spp., procedentes del estado de Guerrero, México en los años 2012 y 2013.

Parte Evaluada	Variable evaluada	Parte Evaluada	Variable evaluada
Fruto	Longitud (LFr).	Fruto	Textura de la superficie (TSFr).
	Diámetro (DFr).		Formación suberosa (FSFr).
	Forma (FFr).		Espesor de la suberosidad (ESFr).
	Posición de la parte más ancha (PPAFr).		Diámetro de la cicatriz floral (DCFFr).
	Perfil en la base (PBFr).		Color principal de la pulpa (CPPFr).
	Perfil en el ápice (PAFr).	Pedúnculo	Longitud (LPe).
	Surcos (SFr).		Diámetro (DPe).
	Distancia entre surcos (DESFr).	Semilla	Largo (LSe).
	Profundidad de los surcos (PSFr).		Ancho (Ase).
	Número de colores en la piel (NCPFr).		Grosor (GSe).
	Color principal de la piel (CPPFr).		Forma (FSe).
	Color secundario de la piel (CSPFr).		Color del tegumento (CTSe).
	Distribución del color secundario en la piel (DCSPFr).		

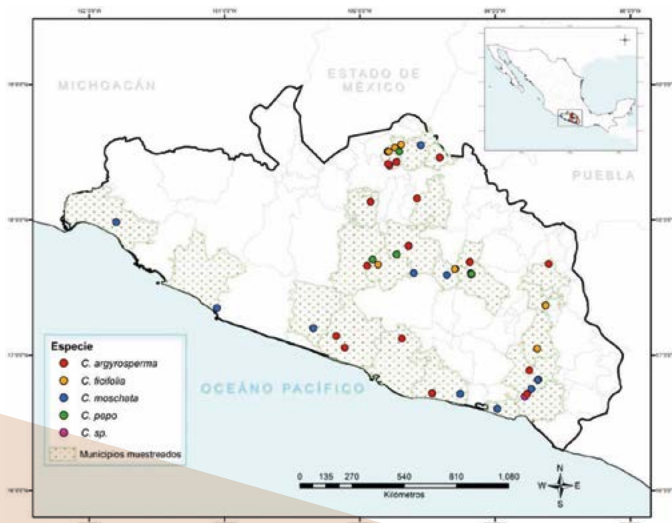


Figura 1. Especies de *Cucurbita* y distribución real de las colectas obtenidas en el estado de Guerrero en 2012-2013.

pepo, *C. moschata* y *C. ficifolia* y *Cucurbita* sp., considerada esta última como calabaza silvestre, la cual no fue posible ubicar a nivel especie. La distribución fue 38% para *C. argyrosperma*, 30% para *C. moschata*, 17% para *C. ficifolia*, 13% *C. pepo* y 2% para *Cucurbita* sp. (Figura 2), esta última, dispersada ampliamente en el estado, sin embargo, solo se pudo identificar a un productor que le daba un uso alimenticio y almacenaba semillas, razón por la cual, se consideró oportuno incluirla como accesión.

En las comunidades de la región Norte del estado, se observó que debido al incremento en el uso de herbicidas en el cultivo de maíz, los productores han abandonado paulatinamente el cultivo de calabaza y frijol, ambos asociados al sistema milpa, sin embargo, esto ha favorecido la siembra de la calabaza como monocultivo utilizando en ocasiones hasta dos ciclos por año. El principal uso dado por los agricultores a todas las especies es el alimenticio, aprovechando principalmente las semillas, frutos, flores y ápices (guías). Las formas de preparación dependen de la parte utilizada y las regiones del estado, usando desde las semillas tostadas, hasta la preparación de tamales y pozole (Cuadro 3, Figura 3).

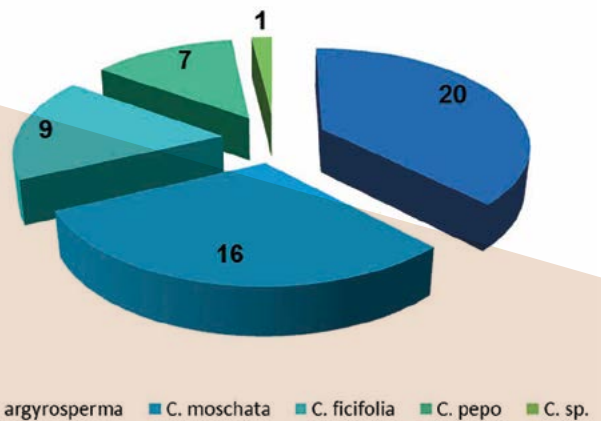


Figura 2. Distribución de colectas de *Cucurbita* spp., en función de la especie. Guerrero, México 2012-2013.

Cuadro 2. Municipios y localidades muestreadas en el estado de Guerrero, México.

Municipio	Comunidad
Acapulco	El Playón
Atoyac de Álvarez	Ejido Las Trincheras
Buenavista de Cuellar	Buenavista de Cuellar
Chilapa de Álvarez	Chilapa de Álvarez
Copala	Col. Vista Hermosa
Copanatoyac	La Concepción
Coyuca de Benítez	San José Mogollón
	Huertecillas
Eduardo Neri	Xochipala
	La Laguna
Gral. Heliodoro Castillo	Verde Rico
Iliatenco	Iliatenco
Ixcateopan de Cuauhtémoc	Ixcateopan de Cuauhtémoc
	El Horcón
	Xalostoc
	San Martín Pachivia
La Unión de Montes de Oca	La Unión de Montes de Oca
Leonardo Bravo	Corralitos
	Corral de Piedra
Marquelia	Cruz Verde
San Luis Acatlán	Yoloxochitl
	Rancho Los Calixto
	Jolotichán
	Horcasitas
San Marcos	Alto de Ventura
	Monte Alto
Taxco de Alarcón	San Miguel Guerrero
	San Pedro y San Felipe Chichila
	San Juan de Dios
Técpán de Galeana	Los Laureles
Tepecoacuilco	Sasamulco
Tixtla de Guerrero	Almolonga
	Plan de Guerrero
Tlapa de Comonfort	Zacualpan

Cuadro 3. Especies del género *Cucurbita* spp., recolectadas en el estado de Guerrero, México en los años 2012-2013 y descripción de usos principales.

Especie	Uso	Parte utilizada
<i>C. argyrosperma</i>	Semillas tostadas, pozole, mole verde.	Semillas
	Tamales, calabacitas fritas.	Frutos tiernos
	Dulce de calabaza, panquetas, alimento para ganado	Frutos maduros
<i>C. ficifolia</i>	Conservas, atole, dulces cristalizados, alimento para ganado, medicinal	Frutos maduros
	Clemoles de chile, calabacitas fritas en salsa	Frutos tiernos
	Semillas tostadas	Semillas
<i>C. moschata</i>	Semillas tostadas, pozole, mole verde.	Semillas
	Tamales, caldo de verduras.	Frutos tiernos
	Conservas, dulce, atole, alimento para ganado	Frutos maduros
	Empanadas	Flores
<i>C. pepo</i>	Semillas tostadas	Semillas
	Caldo de verduras, tamales	Frutos tiernos y ápices
	Dulce de calabaza, horneadas, alimento para ganado	Frutos maduros
	Empanadas	Flores

Otro uso principal es como alimento para ganado, pues los productores obtienen más frutos de los que pueden consumir o comercializar, aprovechando únicamente la semilla mientras la pulpa es utilizada en la engorda de ganado porcino y bovino.

Caracterización de frutos

La especie cuyos frutos fueron mejor documentados es *C. ficifolia*, pues fue uno de los principales materiales recolectados. Presento en promedio, diámetro de 67.2 ± 3.9 cm, con longitud de 27.1 ± 2.8 cm. El color predominante fue verde con manchas y franjas blancas, seguido de frutos completamente blancos o verdes. La forma del fruto fue elíptica media, con el ápice deprimido y perfil basal ligeramente deprimido. Para el caso de *C. moschata*, la forma de fruto dominante fue la elíptica transversal ancha, con el perfil basal plano y el apical deprimido. El diámetro promedio fue de 67.0 ± 8.3 cm, con longitud de 36.6 ± 31 cm. El color dominante del fruto fue amarillo claro ("crema"), seguido del "anaran-



Figura 3. Muestra de los usos diferentes dados a frutos y semillas de calabazas (*Cucurbita* spp.) en el estado de Guerrero, México.

jado”. Las accesiones de *C. argyrosperma* fueron generalmente de frutos elípticos transversales medios, con perfil basal ligeramente deprimido y ápice deprimido. El diámetro promedio fue de 70.6 ± 6.7 cm, y longitud de 15.8 ± 5.4 cm. El color predominante fue verde grisáceo con franjas de color blanco y crema. *C. pepo* mostró como seña distintiva la presencia de surcos o “costillas”, la forma del fruto dominante fue de circular a ligeramente elíptica, con un diámetro de 55.0 ± 15.2 cm y una longitud de 19.3 ± 7.0 cm, dominando los frutos de color verde grisáceo.

El análisis de componentes principales (CP) realizado a 26 de las 53 accesiones, mostró que los dos primeros componentes principales explican el 39% y 17% de la variación total respectivamente (Figura 4). En el CP1, las variables PPAFr, DCFFr y DPe contribuyeron mayormente a la variación, en el caso del CP2, las variables más relevantes fueron PAFr, DCSPFr y SFr. En la representación bidimensional de la dispersión de las colectas en base al CP1 y CP2 (Figura 4), se formaron dos grupos definidos; uno definido por accesiones de *C. ficifolia*, *C. argyrosperma* y *C. moschata* con valores negativos para las variables, resaltando que las accesiones de *C. moschata* fueron las más alejadas conformando el grupo dos y mostraron una dispersión hacia el extremo positivo de los cuadrantes I y IV, sus principales características es-

tuvieron ligadas a la presencia de valores para perfil en el ápice del fruto el cual fue deprimido, distribución de coloración secundaria en la piel del fruto y presencia de surcos en el fruto, que son características típicas de la especie. Las colectas GR-09 de *C. argyrosperma*, GR-14 de *C. ficifolia* y GR-32 perteneciente a *C. Moschata*, se aislaron de los dos principales grupos mencionados por características coincidentes para las variables PPAFr, DCFFr y DPe. Las accesiones GR-05 y GR-13 pertenecientes a *C. pepo* y GR-15 de la especie *C. moschata*, se distribuyeron principalmente en la parte superior del

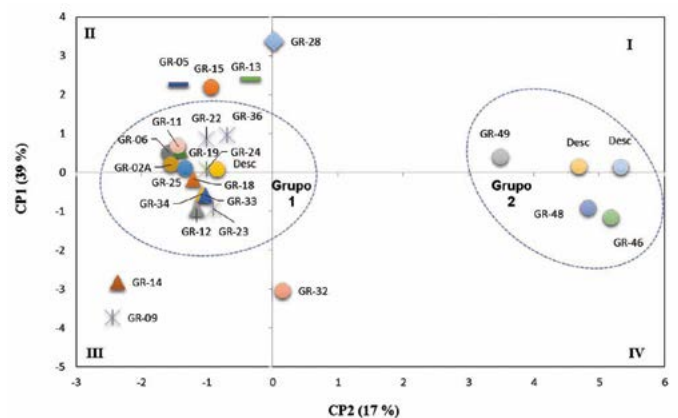


Figura 4. Dispersión de 26 colectas de *Cucurbita* spp., con base en los dos primeros componentes principales.

cuadrante II, debido a que presentaron características similares para las variables DPe (2.9-3.1 cm), LFr (14-24 cm) y DFr (45-65 cm), estos valores son muy similares a los que presenta la colecta de *Cucurbita* sp., (GR-28), razón por la cual, se presume cercanía en su representación en la gráfica de dispersión de componentes principales.

Riqueza de especies

Se analizaron 90 puntos, para el género *Cucurbita* spp., ubicando cuatro celdas (55.5×55.5 km) donde se concentró un mayor número de especies, indicativo de que estas son las zonas más ricas, por el contrario las zonas en verde y blanco indicaron menos de dos especies, sin embargo, el resultado puede responder a la concentración de datos reportados o al “efecto colecta” (Parra-Quijano et al., 2012). La Figura 5 muestra el análisis de distribución potencial de recolecta de acuerdo a la riqueza de especies, identificando las zonas que de acuerdo a las características de los nichos de distribución de los puntos reportados, existe mayor probabilidad de que se encuentren especies del género *Cucurbita* L., de esta manera, las zonas en rosa evidencian mayor probabilidad (0.7 a 1) de tener presencia de poblaciones del género, mientras que las áreas en color gris y blanco como de menor probabilidad (0 a 0.3) (Figura 6).

CONCLUSIONES

Existe gran diversidad interespecífica entre cada una de

las especies estudiadas, destacando principalmente *C. moschata* en su diversidad de formas, texturas y colores de fruto, características que determinan su forma de cultivo y usos. Las especies mejor representadas dentro de las accesiones fueron *C. argyrosperma* y *C. moschata*, seguidas por *C. ficifolia* y *C. pepo*. La utilización de la calabaza como alimento en el estado de Guerrero, México, tiene un uso muy diversificado ya que se utilizan todas sus estructuras (guías, flores, fruto tierno y maduro, semillas) en muy diversas formas de preparación. En función de los mapas de riqueza de especies y distribución potencial del género en el estado de Guerrero, se pueden redirigir esfuerzos de recolecta de una manera focalizada hacia las zonas donde es más probable su presencia. Los efectos colaterales de la tecnificación de la agricultura han propiciado la disminución del sistema milpa entre los campesinos, pues los herbicidas pre emergentes no son selectivos para calabaza y frijol, por lo cual se sugiere como necesario, planificar acciones que favorezcan la siembra de la calabaza bajo dicho sistema ancestral de asociación de especies.

AGRADECIMIENTOS

Esta contribución es resultado de las actividades de investigación con el apoyo financiero del Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y Agricultura (SINAREFI) a través del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).

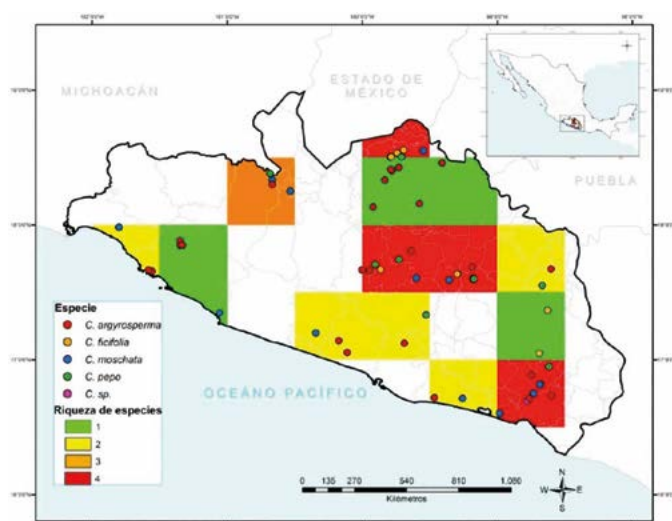


Figura 5. Riqueza de especies del género *Cucurbita* spp., en el estado de Guerrero, México (celdas con colores intensos indican mayor concentración de especies).

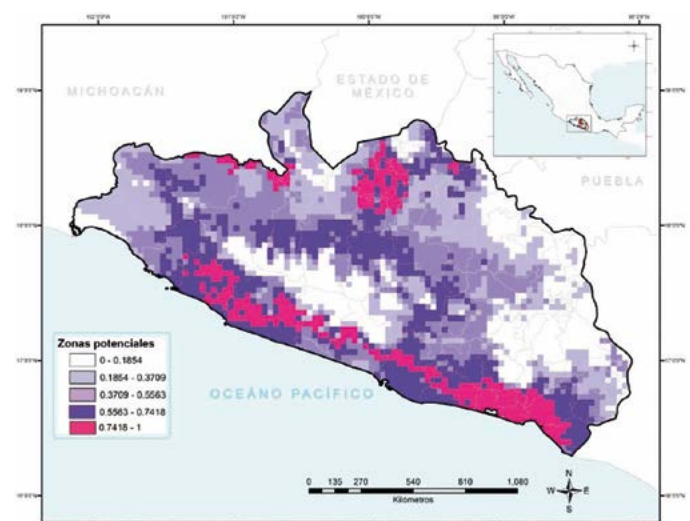


Figura 6. Distribución potencial del género *Cucurbita* spp., en Guerrero, México (zonas con celdas con valores más cercanos a 1 indican altas probabilidades de que se encuentren las especies).



LITERATURA CITADA

- Akeroyd J., Synge H. 1992. Higher plant diversity. *In*: Groombridge B (Ed.) Global Biodiversity. Status of the Earth's living resources. Chapman & Hall. Londres. Reino Unido. pp. 64-87.
- Cerón G.L., Legaria S.J.P., Villanueva V.C., Sahagún C.J. 2012. Diversidad genética en cuatro especies mexicanas de calabaza (*Cucurbita* spp.). *Rev. Fitotec. Mex.* 33(3): 189-196.
- Heywood V.H., Davis S.D. 1997. Introduction. *En* Davis SD, Heywood VH, Herrera-Lira S.R. 1996. Calabazas de México. Del Herbario. Instituto de Ciencias de la UNAM. *Revista Ciencias* 42: sin paginación. Documento electrónico (<http://www.ejournal.unam.mx/cns/no42/CNS04210.pdf>). Consultado en enero 2013.
- McClung de T.E., Martínez Y.D., Acosta G., Zalaquet F., Robitaille E.A. 2001. Nuevos fechamientos para las plantas domesticadas en el México prehispánico. *An. Antrop.* 35: 125-156.
- Mera O.L.M., Bye B. R. A., Villanueva V.C., Luna M.A. 2011. Documento de diagnóstico de las especies cultivadas de *Cucurbita* L. Instituto de Biología UNAM. México. P. 79.
- Mittermeier R.A. 1988. Primate diversity and the tropical forest. *En* Wilson EO (Ed.) Biodiversity. National Academy Press. Washington, DC. pp. 145-154.
- Neyra G.L., Durand S.L. 1998. Biodiversidad. *In*: Loa LE (Coord.) La diversidad biológica de México: estudio del país. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, DF. pp. 61-102.
- Parra Q.M., Iriondo J.M., Torres E. 2012. Review. Applications of ecogeography and geographic information systems in conservation and utilization of plant genetic resources. *Spanish Journal of Agricultural Research* 10(2):419-429.
- SAGARPA. 2012. Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON). Información de la Producción Agrícola Nacional.
- Sánchez H.M.A., Villanueva V.C., Sahagún C.J., Channing M.L. 2000. Variación genética y respuesta a la selección combinada en una variedad criolla de calabaza pipiana (*Cucurbita argyrosperma* Huber var. *stenosperma*). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 6(2): 221-240.
- SAS Institute.1999. The SAS® System for Windows® (Ver. 8.0). SAS Institute Inc. Cary. NC.
- Toledo V.M. 1993. La riqueza florística de México: un análisis para conservacionistas. *In*: Guevara S, Moreno-Casasola P, Rzedowski J (Comp.) Logros y perspectivas del conocimiento de los recursos vegetales de México en vísperas del siglo XXI. Instituto de Ecología, AC. / Sociedad Botánica de México. Xalapa, Veracruz. México. pp. 109- 123.
- Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV). (2007) Directrices para la ejecución del examen de la distinción, la homogeneidad y la estabilidad de Calabaza (*Cucurbita maxima* Duch.). TG/155/4 Rev. Ginebra, Suiza. 29 p.



ETNOBOTÁNICA DE LAS CALABAZAS CULTIVADAS (*Cucurbita* spp.) EN VALLES CENTRALES DE OAXACA, MÉXICO

ETHNOBOTANY OF CULTIVATED PUMPKINS (*Cucurbita* spp.) IN OAXACA'S CENTRAL VALLEYS, MÉXICO

Basurto-Peña, F.¹; Castro-Lara, D.¹; Mera-Ovando, L.M.¹; Juárez-Castro, T.¹

¹Jardín Botánico, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Av. Universidad 3000, Col. UNAM-CU, Deleg. Coyoacán, México, D. F. CP. 04510.

Autor responsable: abasurto@ib.unam.mx

RESUMEN

Las calabazas (*Cucurbita* spp.) (Cucurbitaceae) son plantas que han sido parte de la alimentación del hombre americano por más de 10000 años, forman parte del sistema de producción de alimentos básicos que se conoce como milpa. Estas plantas junto con muchas otras especies vegetales útiles encuentran en el sistema de mercados de los Valles centrales de Oaxaca un medio muy eficaz de distribución y comercialización. En los mercados de los Valles Centrales de Oaxaca, México, se encuentran cuatro especies domesticadas en mesoamérica, de las cuales se comercializan frutos tiernos, maduros, semillas tostadas y crudas, guías para ser usadas como verdura y flores masculinas. Se cultivan en asociación con otras plantas como parte de la milpa o como monocultivo; de temporal o riego, en este último caso para producción de calabacita de variedades mejoradas y calabaza huicha, variedad criolla que compite favorablemente con las variedades mejoradas.

Palabras clave: Plantas comestibles, milpa, mercados semanales, variedades criollas.

ABSTRACT

Pumpkins (*Cucurbita* spp.) (Cucurbitaceae) are plants that have been part of man's diet in America for more than 10 000 years; they are part of the basic food production system known as milpa. These plants, together with many other useful plant species, have found a very efficient medium for distribution and commercialization in the system of markets in Oaxaca's Central Valleys, México. Four species domesticated in Mesoamerica can be found in Oaxaca's Central Valley markets, from which tender and mature fruits are sold, as well as toasted and raw seeds, vines to be used as vegetable and male flowers. They are cultivated in association with other plants as part of the milpa or as a single crop, rainfed or with irrigation; the latter is the case for the production of zucchini from improved varieties and calabaza huicha, a landrace that competes favorably with the improved varieties.

Keywords: edible plants, milpa, weekly markets, Creole varieties.



INTRODUCCIÓN

Las calabazas (*Cucurbita* spp.) (Cucurbitaceae) son plantas que han sido parte de la alimentación del hombre americano por más de 10000 años (Cutler & Whitaker, 1961; Brooks et al., 1962; Whitaker & Cutler, 1965), forman parte del sistema de producción conocido como milpa, asociadas con maíz, frijoles y chile, que fueron base alimentaria de civilizaciones mesoamericanas y en la actualidad son un cultivo importante en la agricultura tradicional de México, territorio que se reconoce como centro de origen y diversidad de cuatro de las cinco especies del género (*C. argyrosperma*

Huber, *C. ficifolia* Bouché, *C. moschata* Duchesne y *C. pepo* L. (Cutler & Whitaker, 1961; León, 1987; Villanueva, 2007). La otra especie, *C. maxima* Duchesne, es nativa de Sudamérica y en total se reconocen unas 26 especies para el género.

Actualmente las calabazas se cultivan en todas las entidades federativas del país, con una producción de casi medio millón de t de calabacita, 78000 t de calabaza, y 27500 t de semilla, con un valor combinado de más de dos mil trescientos millones de pesos al año (Cuadro 1) (Figura 1).

Cuadro 1. Producción de calabazas (<i>Cucurbita</i> spp.) en México.				
Tipo	Superficie sembrada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t ha ⁻¹)	Valor producción (miles pesos)
Calabacita	27 470.5	444 520.58	16.5	1 825 968.94
Calabaza	5 307.8	77 832.46	15.3	241 237.22
Semilla	29 383.8	27 597.50	0.5	297 873.07
Calabacita criolla	1 297.4	20 262.10	16.0	71 795.32

Fuente: SIAP (2010).



Figura 1. Partes comestibles de las calabazas (*Cucurbita* spp.) A: Guías y flores. B: Calabacita de calabaza huiche y calabacitas italianas. C: Frutos maduros de calabaza tamala y chompa. D: Semilla de calabaza tamala y chompa secándose al sol.

El aporte nutrimental de las calabazas es diferencial dependiendo de la estructura que se consuma (Cuadros 2 y 3), pero en conjunto proporcionan lípidos, carbohidratos y proteínas, contienen vitaminas A, C, tiamina, riboflavina y niacina, así como calcio, fierro, fósforo zinc y magnesio, las hojas y brotes (guías) son ricas en potasio y contienen vitamina B6 y folato equivalente, además contienen fibra cruda y no tienen colesterol (Muñoz et al., 1996; INCAP, 2006).

En los Valles Centrales de Oaxaca existe una rica tradición gastronómica y de cultivo de plantas, y las calabazas forman parte de las milpas y otros sistemas de cultivo. Estas plantas junto con muchas otras especies vegetales útiles encuentran en el sistema de mercados de los Valles centrales de Oaxaca un medio eficaz de distribución y comercialización. Con base en lo anterior, se realizó un estudio etnobotánico de las calabazas (*Cucurbita* spp.) en los Valles Centrales del Estado de Oaxaca, México.

Cuadro 2. Análisis químico proximal de las calabazas (*Cucurbita* spp.).

Especie	Agua (%)	Energía (Kcal)	Proteína (g 100 g ⁻¹)	Grasa (g 100 g ⁻¹)	Carbohidratos (g 100 g ⁻¹)	Fibra (g 100 g ⁻¹)	Ceniza (g 100 g ⁻¹)
chilacayote maduro <i>C. ficifolia</i>	93.6%	21.0 kcal	0.80 g	0.10 g	5.10 g		0.40 g
semilla tostada	7.1	522	33.0	42.1	134	3.9 g	4.8 g
semilla cruda	6.9	541	24.5	45.8	17.8	3.9 g	4.9
hojas y puntas calabaza	92.9-93.1	12-19	2.8-3.2	0.4	1.3-2.3	1.2	1.24
calabaza madura	87.8-91.0	30-40	0.6-0.8	0.1-0.2	7.6-10-4	0.5-1.4	0.60
suchini crudo <i>C. pepo</i>	94.0-94.6	16-18	1.2-1.8	0.1-0.2	3.4-3.7	1.1-1.5	0.62
calabacita cruda	92.8	24	1.0	-0.2	3.7-5.5	---	0.50
flores calabaza	92.15	15	1.03	0.07	3.28	---	0.48
calabaza madura <i>C. pepo</i>	91.6	27	1.6	0.7	4.9	1.1	---

Fuentes: Muñoz (1995); INCAP (2006).

Cuadro 3. Contenido de vitaminas y minerales de calabazas.

Especie	Calcio (mg)	Fósforo (mg)	Hierro (mg)	Mg (mg)	Tiamina (mg)	Riboflavina (mg)	Niacina (mg)	Vitamina C (mg)	Vitamina A (mcg)
chilacayote maduro <i>C. ficifolia</i>	15 mg	19	0.4		0.04 mg	0.03 mg	0.3 mg	11.0	---
semilla tostada	43	1172	14.9	534.0	0.21	0.32	1.74	2.0	19
semilla cruda	43	1174	14.9	535.0	0.21	0.32	1.75	2.0	19
hojas y puntas calabaza	39-149	24-104	2.2-5.8	38.0	0.09-0.11	0.12-0.13	0-90-0.92	11.0	46-94
calabaza madura	19.0-33.0	22.0	0.5-0.7	32.0	0.04-0.14	0.01-0.04	0.5-0.7	11.0-15.0	143.0
suchini crudo <i>C. pepo</i>	15.0	38.0	0.35	17.0	0.05	0.14	0.49	17.0	10.0
calabacita cruda	19.0	32.0	0.60	---	0.05	0.04	0.50	19.0	369.0
flores calabaza	39.0	49.0	0.70	24.0	0.04	0.08	0.69	28.0	97.0
calabaza madura <i>C. pepo</i>	21.0	---	2.3	12.0	0.06	0.04	0.50	8.0	246

Fuentes: Muñoz (1995); INCAP (2006).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estado de Oaxaca es uno de los más diversos del país, tanto en flora y vegetación (García *et al.*, 2004) como en Pueblos y Culturas originarias. Los Valles Centrales son una de las ocho regiones económicas del estado, localizados al centro del territorio estatal, limitan al norte con la región de la Cañada y la Sierra Norte, al sur con la Sierra Sur, al este con la Mixteca y al oeste con las Sierras Norte y Sur. Comprende, según Ortiz *et al.* (2004), dos subprovincias fisiográficas, la de los Valles Centrales y la de Montañas y Valles del Centro, la primera situada al occidente de la segunda situada por debajo de los 1600 m de altitud y con rampas en el piedemonte por arriba de dicha cota; la segunda, presenta elevaciones hasta los 2800 m en la Sierra de Tehuantepec (Ortiz *et al.*, 2004). Los climas que se encuentran son semiárido cálido, semicálido subhúmedo y semifrío húmedo, con temperatura media anual de 12 °C a 18 °C en la porción norte y 18 °C a 22 °C en el sur, con precipitación media anual entre 500 mm a 800 mm en la parte meridional y alcanza hasta 1200 mm en el límite norte (Trejo, 2004). La vegetación es de bosque de pino, bosque de encino y bosque mesófilo en las zonas más altas y templadas y de selva mediana subperennifolia, selva baja caducifolia y matorral en la áreas más secas y cálidas (Trejo, 2004).

Mercados y comunidades

La recopilación de la información se hizo en siete de los mercados que integran el sistema de plazas semanales de los Valles Centrales de Oaxaca (Diskin & Cook, 1975), descritos a continuación: Tlacolula, que tiene lugar los días domingo; Miahuatlán, los lunes; Ayoques-

co, que se establece como mercado los martes.; Villa de Etla, los días miércoles, Ejutla, los jueves; Ocotlán, los viernes y el mercado o tianguis de los días sábado en la ciudad de Oaxaca, ubicado junto al mercado de abasto de la ciudad. Durante las visitas a estos mercados se compraron muestras de las calabazas (flores, frutos tiernos, frutos maduros, semillas) y productos elaborados con las mismas, a la vez que se indagaba con los comerciantes acerca del lugar de procedencia de los artículos y condiciones agroecológicas de donde se obtenían, nombre común y en su caso, las formas de preparación de los productos elaborados que ofrecían a la venta.

Se visitaron además las localidades de procedencia de los comerciantes (San Bartolomé Quialana, Tlacolula, San José del Peñasco, Yagatlán, La Trinidad Zaachila, Yegoseve y San Antonino Castillo Velasco y Ayoquesco) para ampliar las recolectas y obtener muestras de las calabazas empleadas en la elaboración de los productos, ya fuera con las mismas personas contactadas en los mercados o con vecinos de la localidad; en este caso se complementaba la información obtenida en el mercado, también se reconocieron los sistemas agrícolas.

De los siete mercados, los de Ayoquesco y Villa de Etla son los más pequeños, pero en todos ellos es posible encontrar gran diversidad de productos vegetales y sus derivados, especialmente comestibles y utensilios o herramientas que forman parte de la cultura material local y que desde otra perspectiva son llamados artesanías; entre estos se encuentran frutas, verduras, quelites, flores, granos y semillas,

madera, leña, hojas de palma, herramientas para el trabajo agrícola o utensilios domésticos, muchos de los cuales son producidos en las comunidades próximas al mercado, pero también se encuentran en estos sitios productos procedentes de otras regiones del estado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Diversidad y uso de las calabazas

En los mercados de los Valles Centrales de Oaxaca se encuentran las cuatro especies de *Cucurbita* domesticadas en mesoamérica, de ellas se comercializan frutos tiernos, frutos maduros, semillas tostadas y adicionadas con sal para comerse como botana, semilla cruda, pelada o con 'cáscara' para usarse en guisados; guías para ser usadas como verdura y flores masculinas o estaminadas, aunque no de todas las especies se comen todas las estructuras y para distintos usos se prefieren distintas especies. Las calabazas, sobre todo la 'tamala' y la 'huicha' como frutos maduros, tienen gran demanda en la plaza previa a los días 31 de octubre, 1 y 2 de noviembre, pues en forma de dulce constituyen parte importante de las ofrendas de Día de Muertos.

Cucurbita pepo. Llamada calabaza huicha, huiche o güicha, nombre probablemente derivado del náhuatl huitzayotl (calabaza espinosa), haciendo referencia al tacto áspero y espinoso del follaje y del pedúnculo de esta especie, que se conoce como 'it hoch' en idioma zapoteco; se aprovecha el fruto verde o tierno como calabacita, llamada 'criolla' y es preferida sobre la calabacita italiana comercial y que también es producida en la región; el fruto maduro se come en dulce, las semillas se pueden

comer tostadas o se venden crudas para la elaboración de guisados y pipianes. Se venden también las guías y las flores para hacer caldo o sopa de guías e incluso en el mercado de la ciudad de ETLA, Oaxaca, se venden ya como un paquete que contiene las guías, flores y calabacitas tiernas listas para cocinarse (Figura 2). Esta especie se encontró a la venta en todos los mercados, pero en Ocotlán no se encontraron guías a la venta.

Cucurbita moschata. Conocida como tamala, tamaloyota (del náhuatl ‘tamalayot’, calabaza de tamal) o calabaza de Castilla, e ‘it huu’ en zapoteco; se usa preferentemente el fruto maduro para comerse en dulce, cocida con piloncillo o azúcar, en trozos o batida con pozol o maíz apozolado, como se vende en Tlacolula, Oaxaca (Figura 3); en Miahuatlán se vende para hacer tamales de calabaza con masa de maíz, allí mismo y en San Bartolomé Quialana se menciona que no se comen las flores ni las guías pues son amargas y en Ejutla se dice que las guías de la calabaza tamala son amargas, muy gruesas y tienen ‘ahuatitos’ (tricomas), aunque si se comercializa como fruto tierno; la semilla se vende principalmente tostada con sal, en todos los mercados (Figura 3).

Cucurbita ficifolia. Chilacayota, ‘it hee’ en zapoteco. Se utiliza el fruto ‘recio’ o maduro para hacer agua de chilacayota que es muy común de encontrar a la venta en los mercados (Figura 4), también se cuecen con azúcar para hacer dulce; se come la flor en diferentes guisos, aunque no se vende en los mercados. Los frutos tiernos se comen como verdura, la guía de esta especie no se consume. Las semillas se comen tostadas



Figura 2. Paquete preparado para hacer sopa de guías, calabaza huiche



Figura 4. Dulce de calabaza y calabaza batida con maíz, Tlacolula, Oaxaca.



Figura 3. Agua de chilacayota (*Cucurbita ficifolia*) en el mercado de Ayoquesco, Oaxaca.

aunque no es común su venta en los mercados. Es quizá la calabaza más voluminosa de las cuatro especies, pues un fruto puede llegar a medir hasta unos 50 cm de largo por 35 cm de diámetro y pesar más de 15 kg. Se registró su comercialización en seis de los siete mercados visitados (excepto en Miahuatlán) procedente de poblaciones localizadas en zonas de clima templado.

***Cucurbita argyrosperma*.** Calabaza chompa, 'jit tsen' en zapoteco (Villanueva, 2004). Se distingue fácilmente de las otras calabazas por tener el pedúnculo del fruto de forma globosa y acorchado (Figura 5); se cultiva principalmente por la semilla, que se come tostada, pero también se vende cruda, pelada o con 'cáscara' pues se utiliza para guisos como el mole verde y pipián; el fruto maduro puede comerse cocido en dulce al igual que el de las calabazas huicha y tamala, se come también como fruto tierno y se aprovechan como alimento las flores y guías tiernas, aunque no se venden en los mercados, y de éstas últimas, siempre se prefieren las de la calabaza huicha. En Ejutla, Oaxaca, se dice que la guía de la calabaza chompa es muy delgada. Cuando se saca la semilla, los frutos partidos se utilizan como forraje para ganado vacuno y porcino.

Sistemas agrícolas

En general las calabazas se siembran en la milpa, asociadas con maíz, mayormente en temporal, aunque para producción de calabacita suele cultivarse en parcelas con riego.

En parcelas de temporal, dependiendo de la zona, se siembra entre mayo, junio y julio, para cosechar-



Figura 5. Calabaza chompa (*Cucurbita argyrosperma*).

se como fruto maduro a partir de finales de octubre y noviembre, el aprovechamiento como calabacita y flor de estas milpas empieza en agosto o septiembre, la guía puede cortarse casi todo el tiempo. El abasto a los mercados de calabacita, flor y guía proviene tanto de las calabazas sembradas en temporal como de las que se siembran bajo riego. En riego puede sembrarse casi todo el año, pero en este sistema se cultiva principalmente *C. pepo* para cosecha de calabacita, tanto de variedades mejoradas (calabacita italiana) como de calabacitas huicha. La chilacayota es propia de zonas de mayor altitud o templadas en tanto que la calabaza chompa se cultiva en zonas más cálidas y en una misma parcela pueden estar presentes hasta tres especies de *Cucurbita* L. Las calabazas en los Valles Centrales de Oaxaca se emplean tanto para abasto del hogar como para venta es decir son importantes tanto como bienes con valor de uso y de cambio.

CONCLUSIONES

En los mercados de los Valles Centrales de Oaxaca se encuentran a la venta las distintas estructuras comestibles (flores, guías, semillas y frutos tierno y maduro) de las cuatro especies de calabaza domesticadas en Mesoamérica, tanto en forma natural como en diversos alimentos preparados. Se cultivan en asociación con otras plantas como parte de la milpa o como monocultivo, en condiciones de temporal y riego; en este último caso para producción de calabacita de variedades mejoradas o de calabaza huicha, variedad criolla que compite favorablemente con las calabacitas mejoradas.

AGRADECIMIENTOS

A los comerciantes y pobladores de mercados y comunidades visitadas por su generosa colaboración. Al Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (SINAREFI-SNICS-SAGARPA) por el financiamiento de esta investigación. Al Jardín Botánico del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México por las facilidades otorgadas.

LITERATURA CITADA

- Brooks R., Kaplan L., Cutler H., Whitaker T. 1962. Plant material from a Cave on the Rio Zape, Durango, México. *American Antiquity* 27 (3): 356-369
- Cutler H.C., Whitaker T.W. 1961. History and distribution of the cultivated Cucurbits in the Americas. *American Antiquity* 26 (4): 469-485
- Diskin M., Cook S. 1975. Mercados de Oaxaca. Instituto Nacional Indigenista. México, D. F. 369 pp.
- García A., Ordóñez M.J., Briones M. 2004. Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de

- México. Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza. World Wildlife Fund. México, D. F.
- Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). 2006. Tabla de composición de alimentos de Centroamérica. Guatemala, Centro América. <http://www.tabladealimentos.org>. Consulta en línea 13 octubre 2011.
- Leon J. 1987. Botánica de los cultivos tropicales. 2da. ed. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). San José, Costa Rica.
- Muñoz M., Chávez A., Roldán J., Ledes J., Mendoza E., Pérez F., Hernández Gil S., Chaparro A. 1996. Tablas de valor nutritivo de los alimentos de mayor consumo en México. Instituto Nacional de Nutrición Salvador Zubirán. México, D.F. 330 pp.
- Ortiz M., Hernández J., Figueroa J. 2004. Reconocimiento fisiográfico y geomorfológico. En: A. García. M.J. Ordóñez y M. Briones. Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza. World Wildlife Fund. México, D. F. pp: 43-54.
- Trejo I. 2004. Clima. En: A. García. M.J. Ordóñez y M. Briones. Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza, World Wildlife Fund. México, D. F. pp: 67-85.
- Villanueva C. 2007. Calabazas cultivadas. Identificación de especies, caracterización y descripción varietal. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Estado de México.
- Whitaker T., Cutler H. 19. Cucurbits and Cultures in the Americas. Economic Botany 1965 (4): 344-349.
- Whitaker T., Cutler H., MacNeish R. 1957. Cucurbit Materials from Three Caves near Ocampo, Tamaulipas. American Antiquity 22 (4): 352-358.



COMPARACIÓN DE HUELLAS DE DNA EN HOJA Y FRUTO DE *Capsicum* spp.: INFERENCIA DE POLINIZACIÓN CRUZADA

COMPARISON OF DNA FINGERPRINTS IN LEAVES AND FRUITS OF *Capsicum* spp.: INFERENCE OF CROSS-POLLINATION



Ibarra-Torres, P.¹; Jaramillo-Flores, M.E.¹; Valadez-Moctezuma, E.^{2*}

¹Departamento de Graduados e Investigación en Alimentos, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas-IPN., C.P.11400, México D.F., México. ²Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma de Chapingo, km 38.5 carr. México - Texcoco. CP 56230, Chapingo, Estado de México, México.

*Autor responsable: Ernestina Valadez-Moctezuma (evaladez@correo.chapingo.mx)

RESUMEN

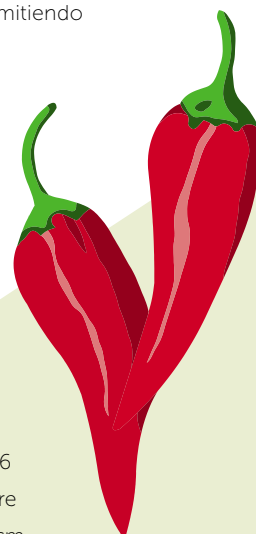
El género *Capsicum* comprende cinco especies mayormente cultivadas (*C. annuum* L., *C. chinense* Jacq., *C. frutescens* L., *C. baccatum* L. y *C. pubescens*). México ocupa el segundo lugar de producción mundial, en donde el cultivo de *C. annuum* es de mayor importancia económica, cultural y social. Se compararon huellas de DNA en hoja y fruto de dos variedades de *C. annuum* (Jalapeño y Serrano) y una variedad de *C. pubescens* (Manzano) con marcadores genómicos ISSR, para estimar el grado de entrecruzamiento ocurrido en diferentes ambientes en plantas experimentales. Se obtuvieron de 32 a 44 amplicones por iniciador para PCR y en total se consideraron 76 fragmentos de diferentes pesos moleculares para realizar los análisis. Los valores de PIC, MI y Rp fueron de 0.75, 0.70 y 18.8 para hoja, y de 0.67, 0.62 y 20 para fruto. Con el iniciador Iso_1 se obtuvieron porcentajes de polimorfismo de 91.3% para hoja y 87% en fruto de la misma planta. Los marcadores ISSR permitieron estimar el porcentaje de polinización cruzada, comparando la información genómica de estructuras de hoja y fruto en *Capsicum* spp., lo que puede acelerar el proceso de fitomejoramiento, permitiendo además, diferenciar a las tres variedades de chile, separar a los cultivares y estimar el nivel de polinización ocurrida en condiciones experimentales.

Palabras clave: *Capsicum* spp., Entrecruzamiento, Fitomejoramiento, ISSR, Marcadores de DNA.

ABSTRACT

The *Capsicum* genus comprehends five species that are mostly cultivated (*C. annuum* L., *C. chinense* Jacq., *C. frutescens* L., *C. baccatum* L. and *C. pubescens*). México occupies the second place in world production, with the *C. annuum* crop being of greater economic, cultural and social importance. DNA fingerprints in leaf and fruit of two varieties of *C. annuum* (Jalapeño and Serrano) and one variety of *C. pubescens* (Manzano) were compared with ISSR gene markers, in order to estimate the degree of crossing that took place in different environments in experimental plants. For each PCR primer, 32 to 44 amplicons were obtained, and in total 76 fragments of different molecular weights were considered to carry out the analyses. The PIC, MI and Rp values were 0.75, 0.70 and 18.8 for leaf, and de 0.67, 0.62 and 20 for fruit. With the Iso_1 primer the percentages of polymorphism obtained were 91.3% for leaf and 87% for fruit from the same plant. The ISSR markers allowed estimating the percentage of cross-pollination, thus comparing the genetic information of leaf and fruit structures in *Capsicum* spp., which can accelerate the plant improvement process, also permitting to differentiate the three pepper varieties, separate the cultivars and estimate the level of pollination that took place under experimental conditions.

Keywords: *Capsicum* spp., Crosslinking, Breeding ISSR, DNA Markers.



INTRODUCCIÓN

El chile *Capsicum* spp., (Solanáceas), es nativo de América latina e incluye 27 especies, cinco de las cuales son cultivadas (*C. annuum* L., *C. chinense* Jacq., *C. frutescens* L., *C. baccatum* L. y *C. pubescens* Ruiz y Pavón) (Ibiza *et al.*, 2012). En el mundo se producen cerca de 32 MT, donde China se perfila como mayor productor y México como el segundo productor con cerca de 2.4 MT (FAOSTAT, 2012). En México el chile es de gran importancia cultural, social y económica debido a que es un producto de exportación, posee amplia distribución y su consumo es cada vez más generalizado, alcanzado un consumo per cápita de 8 a 9 kg, del cual 75% se consume en fresco (Castellón-Martínez *et al.*, 2012).

C. annuum presenta dos ciclos de floración; y dependiendo la especie, la morfología de la planta y del fruto pueden ser variables. La diferencia en flores se afecta por la temperatura del aire, especialmente por la noche. Las flores son completas, con el cáliz, corola y órganos sexuales masculinos y femeninos, son hipóginas y por lo general pentámeras. El estilo puede estar al mismo nivel que las anteras, por debajo de ellas o sobresalir ligeramente (Bosland y Votava, 2000). Las especies de *Capsicum* son generalmente auto-compatibles, y la polinización cruzada está asociada principalmente a insectos polinizadores con porcentajes que oscilan del 2% a 90%, pero pueden influir otros factores (Onus y Pickersgill, 2004). Se han llevado a cabo cruza-mientos experimentales interespecíficos en *Capsicum* con fines agronómicos y taxonómicos y se han producido híbridos fértiles de diversa magnitud entre los subtaxa integrantes del complejo *C. annuum* (Jarret y Dang, 2004); pero también con *C. baccatum* y con *C. pubescens* (Walsh y Hoot, 2001). Por otro lado, se han observado niveles de polinización cruzada de alrededor de 16.5% entre *C. annuum*, *C. chinense*, *C. frutescens* y *C. baccatum*. Las hibridaciones espontáneas o híbridos interespecíficos naturales entre estas especies son difíciles de determinar, sin embargo, también han sido reportadas por autores como Jarret y Dang (2004). Reconocer el grado de entrecruzamiento es complejo debido a la taxonomía del género y a la amplia variación dentro de las especies domesticadas. Las hibridaciones entre poblaciones silvestres, semi silvestres y cultivadas locales pueden ser de ocurrencia regular y varían en el grado de fertilidad. Esta misma observación se ha hecho para poblaciones mejoradas genéticamente de *C. annuum* var. *annuum*, y entre variedades genéticamente modificadas con variantes cultivadas locales (Jarret y Dang, 2004; Kim *et al.*, 2009a; Kim *et al.*, 2009b).

El uso de los marcadores moleculares ha sido exitoso en las últimas décadas. Los marcadores ISSR (Inter-Repeticiones de Secuencia Simple) han sido útiles para detectar polimorfismos de DNA, identificar genotipos y evaluar la diversidad genética. En *Capsicum* se han empleado para reconocer y seleccionar recombinantes meióticos con alteraciones en su genoma, con el fin de hacer una nueva selección de genotipos específicos (Gyulai *et al.*, 2000). También se han utilizado para estudiar cambios inducidos por injerto heredable en la forma del fruto de pimiento (*C. annuum*), mostrando que los cambios genéticos menores sólo afectaron al vástago durante el injerto (Tsa-

balla *et al.*, 2012). Estudiar el nivel de entrecruzamiento de *Capsicum* y sus especies radica en su uso para la implementación de programas de mejoramiento, por medio de la creación de métodos para promover o inducir la hibridación de especies con ciertas características deseadas. Por tal motivo se aplicaron marcadores ISSR para estimar el grado de entrecruzamiento de dos variedades de *C. annuum* (Serrano y Jalapeño) y una variedad de chile manzano (*C. pubescens*) desarrollados en diferentes ambientes con el fin de diferenciar las variedades mediante sus perfiles de DNA.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se emplearon semillas híbridas de *C. annuum* variedad Hulk (Jalapeño) y de la variedad RSS-C36 (Serrano) (Agroseeds Chicuate S. de R.L); además de tipo Jalapeño variedad Ahutlán y tipo Serrano variedad Santo Tomás (Semini Vegetable Seeds, Inc, St. Louis, Missouri, USA). Para *C. pubescens* se emplearon semillas variedad Grajales ST. Los cultivos de *C. annuum* se establecieron en condiciones de campo en diferentes regiones (Cuadro 1); excepto en Chapingo, Estado de México donde se desarrollaron en invernadero con temperatura de 35 °C a 40 °C. Los cultivos de *C. pubescens* se establecieron en todas las localidades en condiciones de invernadero con temperatura de 18 °C a 25 °C. En el caso del desarrollo del cultivo en campo, las semillas fueron previamente germinadas en invernadero y las plántulas se trasplantaron a camas de suelo arcilloso de 10 m cada 50 cm. Estos cultivos (campo) se establecieron en el mismo terreno donde los productores sembraron simultáneamente las mismas variedades de chile.

Cuadro 1. Localidades y condiciones para el desarrollo de *Capsicum* spp. evaluadas.

Especie	Tipo de chile	Lugar de cultivo	Clave asignada*	Condiciones de cultivo
C. annuum	Jalapeño	Ixcuintla, Nayarit	JN ^{a,x}	Campo
	Serrano	El Marques, Querétaro	SQ ^{b,x}	
	Jalapeño		JQ ^{a,x}	
	Serrano	Celaya, Guanajuato	SG ^{b,x}	
	Jalapeño		JG ^{a,x}	
	Serrano	Guasave, Sinaloa	SS ^{c,x}	Campo
	Jalapeño	Sinaloa de Leyva, Sinaloa	JS ^{d,x}	
	Serrano	Chapingo, Estado de México	SE ^{b,x}	Invernadero
	Jalapeño		JE ^{a,x}	
C. pubescens	Manzano		ME ^{e,l}	Invernadero
		Villa Guerrero, Estado de México	MV ^{e,l}	
		Chignahuapan, Puebla	MP ^{e,l}	

*La combinación de letras describe: tipo de chile (J: Jalapeño, S: Serrano, M: Manzano), localidad (N: Nayarit, Q: Querétaro, G: Guanajuato, E: Estado de Mexico, S: Sinaloa, V: Villa Guerrero, P: Puebla), variedad (a: Hulk, b: RSS-C36, c: Santo Tomas, d: Ahutlán, e: Grajales ST) y tipo de material (x: híbrido, l: línea).

Desarrollo de marcadores

Se utilizaron hojas jóvenes y frutos sin semillas de la misma planta para obtener el DNA y realizar los análisis moleculares. Se desinfectaron por inmersión en soluciones de ddH₂O, NaClO 30%, NaClO 10% durante cinco minutos, después en Etanol al 70% y finalmente en ddH₂O estéril por 5 min. Las muestras se almacenaron a -20 °C hasta su uso.

Extracción de DNA

El DNA genómico se extrajo con el kit Plant DNAzol[®] (Invitrogen), siguiendo el protocolo establecido por el fabricante. El DNA se cuantificó a 260 nm y la pureza se determinó con la relación de 260/280 nm en un espectrofotómetro Nanodrop[™] 1000 V3.7 (Thermo Fisher Scientific). De manera complementaria se estimó la calidad del DNA en geles de agarosa 1%.

Marcadores ISSR

Se emplearon ocho iniciadores para ISSRs anclados en el extremo 5' o 3' sintetizados por IDT (Integrated DNA Technologies, USA): Iso_1 [AC(GACA)₄], Iso_2 [(AC)₈ YG], Iso_3 [(AGAC)₄GC], Iso_6 [(GA)₈ YC], T [(GAGA)₄ YC], U [(CA)₈ RT], W [(GACA)₄ GT] y X [(TCC)₅ RY]. Las reacciones de PCR se llevaron a cabo en 25 μL, que contenía buffer para Taq DNA pol adicionado con 25mM de MgCl₂, 200 μM de dNTPs, 1.5 U de GoTaq DNA Pol (PROMEGA), 60 ng de DNA genómico y 20

pM del iniciador correspondiente. Para la amplificación, se utilizó un termociclador Geneamp PCR system 9700 (Applied Biosystems) con el siguiente termociclaje: 1 ciclo a 94 °C, 1 min; 35 ciclos [94 °C, 30 s; 59 °C, 30 s; 72 °C, 1.5 min] y un ciclo de extensión final a 72 °C, 5 min. Los amplicones se separaron en geles de poliacrilamida 5%, usando como referencia el marcador de peso molecular de 1 kb (O'GeneRuler, Thermo Scientific), se tiñeron con AgNO₃ 0.2% (Valadez y Kahl, 2000) y el gel se documentó con luz blanca. Tanto las reacciones de PCR como la separación en los geles se llevaron a cabo al menos en tres ocasiones para verificar la reproducibilidad de los resultados.

Cada fragmento de DNA-ISSR fue considerado como locus independiente y se codificó visualmente en una matriz binaria de 1 y 0 (presencia-ausencia) en cada una de las muestras; solo aquellas huellas que resultaron reproducibles en las repeticiones, se utilizaron para los análisis respectivos. El tamaño de la banda se estimó mediante la comparación con el marcador de peso molecular de 1 kb. No se consideraron las diferencias en la intensidad de las bandas entre los perfiles de las diferentes muestras. Los datos moleculares obtenidos se utilizaron para elaborar el análisis de agrupamiento. La similitud genética entre accesiones se calculó de acuerdo al coeficiente de similitud de DICE (Dice, 1945) y el agrupamiento se llevó a cabo con el algoritmo Unweighted Pair Group Method

using Arithmetic average (UPGMA), utilizando el software DARwin versión 6.0.5 (Xavier Perrier & J P Jacquemoud-Collet, CIRAD-BIOS Department, UMR AGAP-Genetic Improvement and Adaptation of mediterranean and Tropical Plants Biomathematics team. Avenue Agropolis-TA A-108/03, 34398-Montpellier cedex 5, France).

La capacidad de cada primer para diferenciar los cultivares estudiados se evaluó por el Poder de Resolución (R_p), Índice de marcador (MI) y el Contenido de Información Polimórfica (PIC), así como el porcentaje de bandas polimórficas (PPB) el cual resulta de la relación de las bandas totales entre las bandas polimórficas. El valor de PIC fue calculado con la fórmula $PIC_i = 1 - \sum (P_{ij})^2$ (Qiu et al., 2013), donde P_{ij} es la frecuencia de la i -ésima banda revelada por el j -ésimo iniciador sumado por todas las bandas amplificadas por los iniciadores. El valor de MI fue calculado para cada iniciador ISSR como $MI = PIC \times \eta\beta$, donde PIC es la media del valor de PIC , η es el número de bandas y β es la proporción del polimorfismo (Qiu et al., 2013). El valor de R_p se calculó con la fórmula $R_p = \sum l_b$ donde l_b representa la informatividad de la banda y se obtuvo con la fórmula $l_b = 1 - (2 \times 10.5 - pl)$ donde, p es la proporción de las accesiones que contiene la banda l (Prevost and Wilkinson, 1999).

Cálculo del porcentaje de polinización

Se determinó a partir del número de huellas totales de DNA en hoja y fruto de cada cultivar de la siguiente manera:

$$\%P = \left(1 - \left(\frac{B_{hoja}}{B_{fruto}} \right) \right) \times 100 \quad \text{Donde: \%P=Porcentaje de polimorfismo; } B_{hoja} =$$

Bandas presentes en muestra de hoja; B_{fruto} =Bandas presentes en muestra de fruto.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

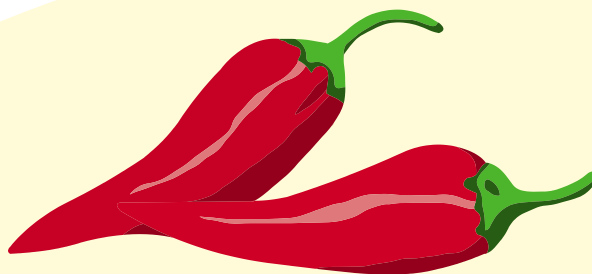
Análisis ISSR

De los ocho iniciadores ISSR evaluados, se seleccionaron Iso_1 e Iso_2 debido a que mostraron amplicones consistentes en un rango de 150 a 2500 pb y muchos de ellos polimórficos entre los materiales evaluados; sin embargo, los seis restantes (Iso_3, Iso_6, T, U y W) mostraron perfiles aceptables pero con poca separación entre bandas de DNA que fueron de bajo peso molecular y siempre monomórficas (datos no mostrados), por lo cual se decidió no considerarlos para los análisis. En muestras de fruto se observó la presencia de nuevas bandas respecto a las amplificadas en hoja de cada cultivar (Cuadro 2). Este comportamiento se atribuyó a que el fruto pudo haber sido producto de polinización cruzada en campo, lo

que pudo generar recombinación genética en diferente medida (Arias y Duarte 2006). Los resultados evidenciaron diferencias entre los perfiles de DNA de ambos órganos; las huellas detectadas en las hojas correspondieron a la información de la planta madre y las huellas extra en el fruto (polimorfismos) correspondieron en mayor medida a la polinización abierta.

Uno de los resultados relevantes, fue que los representantes de las dos especies *C. annuum* y *C. pubescens* compartieron algunas huellas de DNA del mismo peso molecular. Por ejemplo, con el primer Iso_2 (Figura 1) se visualizaron dos bandas monomórficas de alrededor de 2050 y 1100 pb presentes en hoja y fruto de las variedades Serrano y Jalapeño (señaladas como A y B); también se observaron otras bandas, entre ellas algunos polimorfismos entre muestras de hoja y fruto (bandas C y D; E y F); este dato se esperaba debido a que ambas variedades pertenecen a *C. annuum*. Sin embargo, se evidenciaron también otras bandas comunes entre los representantes de *C. annuum* y *C. pubescens* (señaladas como A, indicada arriba; ó G, H, I y J) cuyos pesos moleculares oscilaron entre 800 a menos de 500 pb.

Es importante resaltar que las huellas de DNA comunes entre ambas



Cuadro 2. Numero de bandas totales en hoja y fruto de cada cultivar.

	Iso_1												Iso_2											
	SQ ^{b,x}	SG ^{b,x}	SE ^{b,x}	SS ^{c,x}	JQ ^{a,x}	JG ^{a,x}	JE ^{a,x}	JS ^{d,x}	JN ^{a,x}	ME ^{e,l}	MV ^{e,l}	MP ^{e,l}	SQ ^{b,x}	SG ^{b,x}	SE ^{b,x}	SS ^{c,x}	JQ ^{a,x}	JG ^{a,x}	JE ^{a,x}	JS ^{d,x}	JN ^{a,x}	ME ^{e,l}	MV ^{e,l}	MP ^{e,l}
Hoja	14	19	17	24	17	14	16	19	16	16	15	14	12	14	15	13	15	15	13	16	14	16	10	11
Fruto	20	22	21	26	20	17	20	21	25	18	24	16	15	18	16	17	17	17	16	17	16	17	19	15
%P	30	14	19	8	15	18	20	10	36	11	38	13	20	22	6	24	12	12	19	6	13	6	47	27

La combinación de las letras describen lo siguiente: tipo de chile (J: Jalapeño, S: Serrano, M: Manzano), localidad (N: Nayarit, Q: Querétaro, G: Guanajuato, E: Estado de Mexico, S: Sinaloa, V: Villa Guerrero, P: Puebla), variedad (a: Hulk, b: RSS-C36, c: Santo Tomas, d: Ahutlán, e: Grajales ST) y tipo de material (x: híbrido, l: línea). %P= % de Polimorfismo

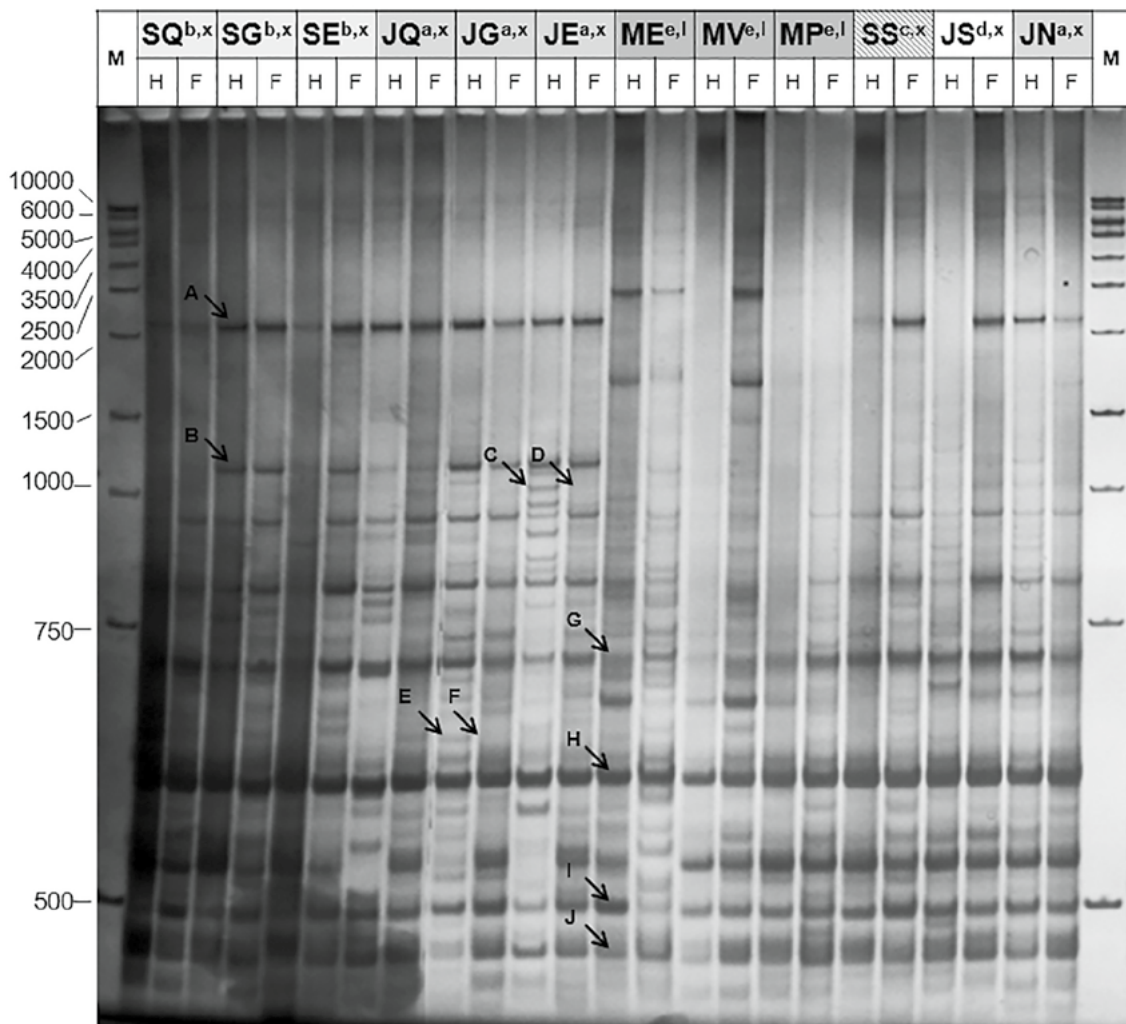


Figura 1. Perfiles ISSR detectados con el iniciador Iso_2, secuencia (AC)₈ YG en cultivares de *Capsicum* (H: Hoja, F: Fruto). Carril M=marcador de peso molecular de 1 Kb. La combinación de las letras describen lo siguiente: tipo de chile (J: Jalapeño, S: Serrano, M: Manzano), localidad (N: Nayarit, Q: Querétaro, G: Guanajuato, E: Estado de Mexico, S: Sinaloa, V: Villa Guerrero, P: Puebla), variedad (a: Hulk, b: RSS-C36, c: Santo Tomas, d: Ahutlán, e: Grajales ST) y tipo de material (x: híbrido, l: línea). Letras señaladas en gel: A y B: bandas monomórficas en hoja y fruto; C, D; E y F: bandas polimórficas en hoja y fruto; G, H, I y J: bandas monomórficas entre *C. annum* y *C. pubescens*.

especies, sugieren una relación genómica/genética muy estrecha. Este resultado probablemente apoya lo reportado por Kim *et al.* (2014), quienes al secuenciar y comparar los genomas de *C. annuum* y *C. chinense* concluyeron que estas especies se diferenciaron solo en 1.8% en su genoma. Por otro lado, la polinización entre las distintas especies de Chile ha sido ya reportada (Walsh y Hoot, 2001), y los presentes resultados apoyan la idea de que las diferencias entre los genomas del resto de las especies de *Capsicum* también puede ser baja. Datos similares, pero obtenidos con marcadores SSR en estos mismos materiales fueron reportados recientemente por Ibarra-Torres *et al.* (2015). La evidencia de polimorfismos entre las muestras de hoja y fruto de *C. annuum*, se observó claramente en este estudio porque ambas estructuras pueden tener información genética diferente debido al entrecruzamiento genético ocurrido en el fruto.

Para las muestra de hojas en *C. pubescens* la similitud se mantuvo en el rango de 0.63 a 0.79 mostrando una distancia cercana entre $MV^{e,l}$ y $MP^{e,l}$ (0.79) y menor similitud genética entre $MV^{e,l}$ y $ME^{e,l}$ (0.63). Dentro de las muestras de *C. annuum* el grado de similaridad osciló de 0.44 a 0.94, mostrando una distancia genética cercana entre $SG^{b,x}$ y $SQ^{b,x}$ (0.94) y menor similitud entre $JS^{d,x}$ y $JE^{a,x}$ (0.44). Entre jalapeños y serranos el grado de similaridad osciló de 0.50 a 0.83, mostrando una distancia genética cercana entre $SG^{b,x}$ y $JG^{a,x}$ (0.83) y menor similitud entre $JS^{d,x}$ con $SQ^{b,x}$ y $SG^{b,x}$ (0.50).

La variación entre chiles Serrano y Jalapeño fue de 0.50 a 0.83, mostrando una relación cercana entre $JG^{a,x}$ y $SG^{b,x}$ (0.83) y menor similitud genética entre $SG^{b,x}$ y $SQ^{b,x}$ con $JS^{d,x}$ (0.50). Los rangos de índices de similitud para *C. pubescens* y variedades de Jalapeño y Serrano (*C. annuum*) fueron de 0.63 a 0.79, 0.44 a 0.94 y 0.50 a 0.83 respectivamente, indicando que existe un alto nivel de similitud y un bajo nivel de variación entre los cultivares en las condiciones evaluadas, incluso entre ambas especies. Los valores de distancia genética no se incluyeron en ambos dendrogramas.

El análisis de agrupamiento para los primers Iso_1 e Iso_2 en muestras de hoja, separaron los cultivares en dos grupos principales (Figura 2 A). El grupo mayor se conformó con las dos variedades de *C. annuum*, los chiles Serranos ($SQ^{b,x}$, $SG^{b,x}$ y $SE^{b,x}$) y los Jalapeños ($JE^{a,x}$, $JQ^{a,x}$ y $JG^{a,x}$); todos diferentes entre sí, evidenciando la diferenciación intraespecífica a nivel de huellas de DNA;

aunque existió la tendencia de que los Jalapeños se mantuvieran cercanos entre sí, pero no lograron separarse totalmente de los Serranos.

El segundo agrupamiento se constituyó por los genotipos de *C. pubescens* ($ME^{e,l}$, $MV^{e,l}$ y $MP^{e,l}$), ubicados dentro del recuadro, denotando una diferencia interespecífica e intraespecífica. Se han utilizado anteriormente primers ISSR, logrando separar las especies *C. annuum* de *C. baccatum*, *C. chinense*, *C. eximium*, *C. frutescens*, y *C. luteum* (Thul *et al.*, 2012). En la presente investigación, se demostró que los marcadores ISSR seleccionados son útiles también para diferenciar variedades de Jalapeños y Serranos; así como, para separar las dos especies consideradas en el estudio. La diferenciación eficiente entre estas dos especies fue relativamente fácil porque se trató de materiales de línea (*C. pubescens*) e híbridos (*C. annuum*), sabiendo que el material de línea es un cultivar homocigoto en muchas partes del genoma a diferencia del material híbrido.

En muestras de fruto, los coeficientes de similitud en *C. pubescens* oscilaron de 0.74 a 0.86 mostrando una distancia cercana entre $MV^{e,l}$ y $ME^{e,l}$ (0.86) y menos similitud genética entre $ME^{e,l}$ y $MP^{e,l}$ (0.74); dentro *C. annuum* los valores variaron de 0.48 a 0.93, con relación cercana entre $JG^{a,x}$ y $JE^{a,x}$ (0.93) y menos similitud genética entre $JN^{a,x}$ y $JG^{a,x}$ (0.48); para Chile Serrano y Jalapeño (*C. annuum*) los coeficientes variaron de 0.50 a 0.90, mostrando una distancia genética cercana entre $JG^{a,x}$ y $SQ^{b,x}$ (0.90) y menos similitud genética entre $SQ^{b,x}$ y $SE^{b,x}$ con $JN^{a,x}$ (0.50).

Los intervalos de índices de similitud para *C. pubescens* y *C. annuum* (Jalapeño-Serrano) fueron 0.74 a 0.86, 0.48 a 0.93 y 0.50 a 0.90 respectivamente, indicando que existe alto nivel de similitud y bajo nivel de diversidad entre los genotipos. El análisis de agrupamiento para las muestras de frutos con cada iniciador (Iso_1 e Iso_2), también separó a los materiales en dos grupos principales (Figura 2 B); pero en este caso, no se separaron los chiles Manzanos (*C. pubescens*) de las variedades de *C. annuum*; un ejemplo claro se señala en el recuadro de la Figura 2B. Este comportamiento, aunque contradictorio a lo que se esperaba, tiene sentido si se considera que las especies de *Capsicum* evidencian poca diferencia genómica; y en el presente caso, ambas especies y variedades evaluadas, comparten varios marcadores genéticos; lo que sugiere que también comparten similitudes provenientes posiblemente de ancestros comunes. Esta

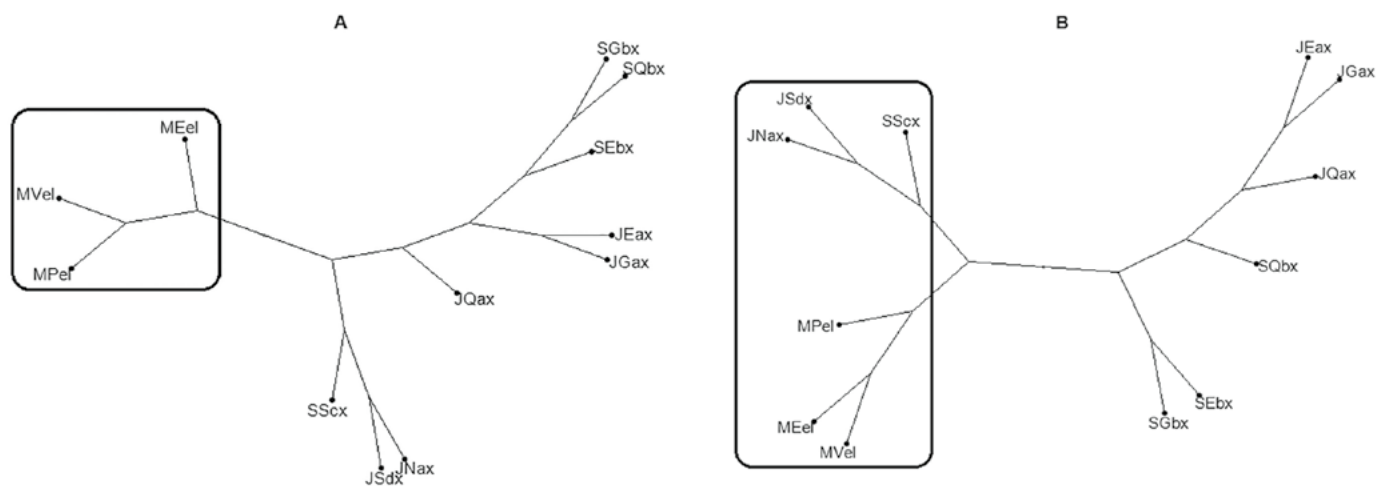


Figura 2. Dendrogramas obtenidos con los primers Iso_1 (AC(GACA)₄) e ISO_2 ((AC)₈ YG) en muestras de hoja (A) y fruto (B) de Chile, usando el coeficiente DICE para el agrupamiento de las especies. La combinación de las letras describen lo siguiente: tipo de Chile (J: Jalapeño, S: Serrano, M: Manzano), localidad (N: Nayarit, Q: Querétaro, G: Guanajuato, E: Estado de México, S: Sinaloa, V: Villa Guerrero, P: Puebla), variedad (a: Hulk, b: RSS-C36, c: Santo Tomas, d: Ahutlán, e: Grajales ST) y tipo de material (x: híbrido, l: línea).

misma información fue observada con los perfiles de los iniciadores Iso_3, Iso_6, T, U y W (datos no mostrados). De esta manera, los dendrogramas obtenidos indicaron que a nivel de hoja, las huellas lograron separar a ambas especies; sin embargo, a nivel de fruto no fue posible diferenciarlas; mismo comportamiento reportado por Ibarra-Torres *et al.*, (2015) pero con marcadores SSR. Los dos iniciadores revelaron en total 76 bandas (TB), con un promedio de 93% de bandas polimórficas (PPB) y 37.5 bandas por primer (Cuadro 3). En general, los valores de PIC, PPB, MI y Rp resultaron mayores con Iso-1 que con Iso-2; en este sentido, el iniciador Iso-1 fue más eficiente.

Ambos iniciadores (Iso-1 e Iso-2) mostraron diferentes valores PIC en hoja y fruto de la misma planta. Lo anterior se atribuye al efecto de polinización cruzada ocurri-

da (Martin y González, 1991), tomando en cuenta que la planta de Chile es monoica y aunque es autógena, puede ser fecundada con el polen de una planta vecina (Arias y Duarte, 2006), lo que ha permitido reportes que oscilan de 7% a 91% de polinización cruzada en campo. El grado de polinización cruzada afecta las medidas necesarias para producir semillas; así como las metodologías de mejoramiento utilizados por el fitomejorador (Bosland, 1993). En este trabajo se demostró que los marcadores de DNA son buena herramienta para acelerar este proceso.

CONCLUSIONES

Se demostró que los marcadores ISSR seleccionados son eficaces para estimar el porcentaje

Cuadro 3. Contenido de Información Polimórfica e índices de marcador en hoja y fruto de cada cultivar de Chile (*Capsicum* spp.).

Iniciador	Estructura	PIC	MI	Rp	PPB	(TB)	(PB)	(TA)	Tamaño producto (bp)
Iso-1	Hoja	0.78	0.77	22.83	98%	44	43	59 °C	150-2500
	Fruto	0.71	0.69	25.33					
Iso-2	Hoja	0.72	0.63	14.67	88%	32	29		
	Fruto	0.63	0.55	14.67					
Promedio	Hoja	0.75	0.70	18.75	93%	37.5	36		
	Fruto	0.67	0.62	20.00					
Total						76	72		

de polinización cruzada a través de la comparación de la información genómica de la hoja y del fruto de *Capsicum* spp., lo que puede ayudar a acelerar el proceso de mejoramiento genético. De acuerdo a los intervalos de índices de similaridad encontrados en el estudio, existe mayor similitud y baja diversidad entre las variedades de *C. pubescens* y *C. annuum*. Se demostró que ambas especies y variedades presentaron marcadores de DNA comunes. El análisis de agrupamiento en las muestras de hojas separó al chile Manzano; pero no a los chiles Jalapeños de los Serranos; mientras que las huellas de DNA de fruto no lograron diferenciar a ninguna de las variedades.

AGRADECIMIENTOS

La primera autora agradece la beca otorgada por CONACYT para estudios de doctorado.

LITERATURA CITADA

- Arias-Rivera O.U., Duarte-Rivas C.A. 2006. Determinación de las dosis efectivas del biopreparado *Trichoderma* (koningii y harzianum) sobre *Sclerotium rolfsii* causante del mal del talluelo en chile dulce (*Capsicum annuum*) en época lluviosa. Tesis de Licenciatura. Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas.
- Bosland P.W. 1993. An Effective Plant Field Cage to Increase the Production of Genetically Pure Chile (*Capsicum* spp.) Seed. Hort Science 28(10):1053.
- Bosland P.W., Votava E.J. 2000. Peppers: Vegetable and Spice Capsicums. Crop Production Science in Horticulture 12. CAB International Publishing, Wallingford, England, UK. 204 pp.
- Castellón-Martínez E., Chávez-Servia J.L., Carrillo-Rodríguez J.C., Vera-Guzman A.M. 2012. Preferencias de consume de chiles (*Capsicum annuum* L.) nativos en los valles centrales de Oaxaca, México. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 35 (Número Especial 5): 27-35.
- Dice L.R. 1945. Measures of the amount of ecologic association between species. Ecology, 26, 297:302.
- FAOSTAT. 2012. <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/browse/Q/QC/E>
- Gyulai G., Gemesne J.A., Sagi Zs., Venczel G., Pinter P., Kristóf Z., Törjék O., Heszky L., Bottka S., Kiss J., Zatykó L. 2000. Doubled Haploid Development and per-analysis of F1 Hybrid Derived DH-R2 Paprika (*Capsicum annuum* L.) Lines. J Plant Physiol 156:168-174.
- Ibarra-Torres P., Valadez-Moctezuma E., Pérez-Grajales M., Rodríguez Campos J., Jaramillo-Flores M.A. 2015. Inter- and intraspecific differentiation of *Capsicum annuum* and *Capsicum pubescens* using ISSR and SSR markers. Scientia Horticulturae. Volume 181: 137-146.
- Ibiza V.P., Blanca J., Cañizares J., Nuez F. 2012. Taxonomy and genetic diversity of domesticated *Capsicum* species in the Andean region. Genet Resour Crop Evol 59:1077-1088. DOI 10.1007/s10722-011-9744-z
- Jarret R.L., Dang P. 2004. Revisiting the waxy locus and the *Capsicum annuum* L. complex. Georgia Journal of Science 62: 117-133.
- Kim C-G., Kim D.I., Kim H-J., Park J.E., Lee B., Park K.W., Jeong S-C., Choi K.H., An J.H., Cho K-H., Kim Y-S., Kim H.M. 2009a. Assessment of Gene Flow from Genetically Modified Anthracnose-Resistant Chili Pepper (*Capsicum annuum* L.) to a Conventional Crop. Journal of Plant Biology 52: 251-258.
- Kim C-G., Park K.W., Lee B., Kim D.I., Park J-Y., Kim H-J., Park J.E., An J.H., Cho K-H., Jeong S-C., Choi K.H., Harn C.H., Kim H.M. 2009b. Gene flow from genetically modified to conventional chili pepper (*Capsicum annuum* L.). Plant Science 176: 406-412.
- Kim S., Park M., Yeom S., Kim Y., Lee J., Lee H., Seo E., Choi J., Cheong K., Kim K., Jung K., Lee G., Oh S., Bae C., Kim S. B., Lee H. Y., Kim S. Y., Kim M.S., Kang B.C., Jo Y.D., Yang H.B., Jeong H.J., Kang W.H., Kwon J.K., Shin C. 2014. Genome sequence of the hot pepper provides insights into the evolution of pungency in *Capsicum* species. Nat Genet. 46, 270-278. doi:10.1038/ng.2877
- Martín N.C., González E.G. 1991. Caracterización de Acciones de Chile (*Capsicum* spp.). Agronomía Mesoamericana 2: 31-39.
- Onus A.N., Pickersgill B. 2004. Unilateral Incompatibility in *Capsicum* (Solanaceae): Occurrence and Taxonomic Distribution. Annals of Botany 94: 289-295, 2004. doi:10.1093/aob/mch139
- Prevost A., Wilkinson M.J. 1999. A new system of comparing PCR primers applied to ISSR fingerprinting of potato cultivars. Theoretical and Applied Genetics, 98, 107-112
- Qiu C., Yan W., Li P., Deng W., Song B., Li T. 2013. Evaluation of Growth Characteristics and Genetic Diversity of Commercial and Stored Lines of *Hypsizygus marmoratus*. International Journal of Agriculture Biology, 15(3), 479-485.
- Thul S.T., Darokar M.P., Shasany A.K., Khanuja S.P. 2012. Molecular Profiling for Genetic Variability in *Capsicum* Species Based on ISSR and RAPD Markers. Molecular Biotechnology, 51, 137-147.
- Tsabalá A., Athanasiadis C., Pasentsis K., Ganopoulos I., Obeidat I.N., Tsaftaris A. 2012. Molecular studies of inheritable grafting induced changes in pepper (*Capsicum annuum*) fruit shape. Scientia Horticulturae, 149 (4), 2-8.
- Valadez-Moctezuma E., Kahl G. 2000. Huellas de DNA en genomas de plantas (teoría y protocolos de laboratorio). Mundi-prensa México ISBN 968-7462-22-1.
- Walsh B.M., Hoot S.B. 2001. Phylogenetic relationships of *Capsicum* (Solanaceae) using DNA sequences from two noncoding regions: The chloroplast atpB-rbcL spacer region and nuclear waxy introns. Int. J. Plant Sci. 162(6):1409-1418.

CARACTERIZACIÓN AGROMORFOLÓGICA DE *Physalis pruinosa*

AGRO-MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF *Physalis pruinosa*

García-Sahagún, M.L.¹; Santiaguillo-Hernández, J.F.²; De Luna-Vega, A.¹; Rodríguez-Díaz, E.¹; Corona-Salazar, J.P.¹

¹Departamento de Producción Agrícola. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Guadalajara. Camino Ramón Padilla Sánchez No. 2100, Nextipac, Zapopan, Jalisco. ²Centro Regional Universitario Occidente. Universidad Autónoma Chapingo. Rosario Castellanos 2332. Residencial La Cruz. Guadalajara, Jalisco.

Autor responsable: mgarcia@cucba.udg.mx

RESUMEN

Los objetivos de este trabajo fueron evaluar el efecto de algas marinas sobre la altura de planta, longitud de tallo y longitud de hoja de *Physalis pruinosa* y caracterizar morfológicamente esta especie. El experimento se estableció bajo invernadero durante 2013. Los tratamientos fueron Alga 600, Seaweed, Osmocalm y un testigo. Las algas se aplicaron al suelo, en el trasplante y cada 15 días durante 10 ocasiones. La caracterización se hizo en el testigo, con base en la Guía UPOV de *Physalis*; además se determinó el peso, diámetros polar y ecuatorial, sólidos solubles totales, firmeza y porcentaje de ácido cítrico de fruto. La aplicación de algas marinas en *Physalis pruinosa* mejoró la altura de la planta, longitud de tallo y longitud de hoja. *Physalis pruinosa* tiene hábito de crecimiento postrado, baja altura de tallo a la primera bifurcación y pigmentación antocianica en entrenudos; así como, frutos pequeños color amarillo, de diferente peso, tamaño, sólidos solubles totales y firmeza.

Palabras clave: Tomatillo, algas marinas, caracterización morfológica, calidad.

ABSTRACT

The objectives of this study were to evaluate the effect of marine algae on the plant height, stem length and leaf length of *Physalis pruinosa*, and to characterize this species morphologically. The experiment was established under greenhouse conditions during 2013. The treatments were Alga 600, Seaweed, Osmocalm, and a witness. The algae were applied to the soil, at the moment of transplanting, and every 15 days for 10 occasions. The characterization was done with the witness, based on the UPOV *Physalis* guide; in addition, the weight, polar and equatorial diameters, total soluble solids, firmness and percentage of citric acid of the fruit were determined. Applying marine algae on *Physalis pruinosa* improved the height of the plant, length of the stem and length of the plant. *Physalis pruinosa* has a prostrate growth habit, low stem height at first bifurcation, and anthocyanin pigmentation on the internodes, as well as small yellow fruits, of different weight, size, total soluble solids and firmness.

Keywords: tomatillo, marine algae, morphological characterization, quality.



INTRODUCCIÓN

Physalis es un género de plantas herbáceas (Solanaceae) que incluye especies comestibles y ornamentales, llamadas comúnmente tomates de cáscara. En cuanto a especies ornamentales se conoce a *Physalis alkekengi*, denominada linterna china. Otras especies exóticas incluyen a *P. pruinosa* y *P. peruviana.*, que producen frutos comestibles, de color amarillo dorado a naranja, de las cuales la segunda se cultiva en Sudamérica y Europa, en tanto que la primera se reporta como especie ornamental en huertos de los Estados Unidos; sin embargo, presenta un vacío en la información relativa a su fisiología, caracterización y producción en México. En relación con la calidad del tomate, en los últimos años se han implementado sistemas especiales de producción que incluyen condiciones de invernadero, hidroponía, fertirrigación y uso de productos químicos, cuya acción fisiológica ha propiciado aumento del rendimiento y calidad (color, firmeza y sabor) de los frutos (Claridades Agropecuarias, 1998). Como productos químicos, en el caso de solanáceas se ha probado la aplicación foliar y al suelo de fertilizantes quelatados, fertilizantes de liberación lenta, ácidos húmicos, hormonas, ácidos alginicos y fúlvicos que contienen las algas marinas. Senn (1987) reportó que la incorporación de algas al suelo incrementa las cosechas y favorece la calidad de los frutos, básicamente porque administra a los cultivos todos los macro y micronutrientes que requiere la planta, además de 27 sustancias naturales cuyos efectos son similares a los reguladores de crecimiento. Dentro de los compuestos ya identificados en las algas se tienen agentes quelatantes, como ácidos alginicos, fúlvicos y manitol, así como vitaminas, cerca de 5000 enzimas y algunos compuestos biocidas que controlan algunas plagas de las plantas (Crouch y Van Staden, 1992). Considerando las propiedades alimenticias y ornamentales de *Physalis pruinosa*, además de los beneficios del uso de las algas marinas durante el desarrollo de varios cultivos, el presente trabajo tuvo como objetivo caracterizar morfológicamente una población de *Physalis pruinosa*, además de evaluar la respuesta a la aplicación de fertilizantes ultrasolubles y al-



gas marinas en cuanto al desarrollo, rendimiento y calidad de frutos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó semilla de *Physalis pruinosa* del Banco Nacional de Germoplasma Vegetal de la Universidad Autónoma Chapingo. Las semillas se sembraron en charolas de germinación, utilizando como sustrato helecho Spagnum del producto comercial Sun Shine No.3[®]. En el mes de mayo de 2013 las plántulas se trasplantaron a bolsas de plástico de 10 L⁻¹ de capacidad, utilizando como sustrato una mezcla de dos partes de estopa de coco, dos de suelo, una de jal (grava volcánica) y una de tezontle (Figura 1), desinfectado con sales cuaternarias de amonio. Se realizó un análisis de agua y los resultados incluyeron una conductividad eléctrica de 0.138 Mmhos, pH de 6.8, RAS de 3.040, Salinidad efectiva de 1.097 meq L⁻¹, Carbonato de Sodio Residual 0.550, Carbonatos 0.00 meq L⁻¹ y Bicarbonatos 0.80 meq L⁻¹. Se manejó un pH de 6.2 y conductividad eléctrica de 0.5 a 1.5 Mmhos. Para el control de plagas se utilizó un programa integrado. La polinización



Figura 1. Plántulas de *Physalis pruinosa*.

se realizó artificialmente, al inicio en forma manual y posteriormente con el uso de abejorros.

Se aplicaron fertilizantes ultrasolubles, basándose en el análisis de agua y sustrato. La aplicación de algas marinas se realizó considerando un diseño completamente al azar con 15 repeticiones y como prueba de comparación de medias se utilizó Tukey ($p \leq 0.05$), empleando el paquete estadístico NCSS (Hintze, 2001). Los tratamientos aplicados se describen a continuación:

Tratamiento con Alga 600[®]: extracto de Algas Marinas Marrón: *Laminaria sp.*, *Ascophyllum nodosum* y *Sargassum sp.*

Tratamiento con Osmocalm[®]: es un fertilizante orgánico líquido, bioestimulante extraído de algas *Ascophyllum nodosum* con calcio y boro de fácil absorción y desplazamiento, que controlan el estrés y previenen o corrigen las carencias de calcio en la planta (Cuadro 2), en dosis para fertirrigación de 200 a 500 cc ha⁻¹.

El extracto de algas marinas de Noruega (*Ascophyllum nodosum*) contiene más de 60 nutrientes, especial-

Cuadro 1. Composición del producto Alga600[®].

Características	Composición
Materia orgánica	45-55%
Cenizas	9.4-17.5%
Densidad	0.50 g cm ³
Solubilidad en agua	100%
pH	9-10
Nitrógeno Total (N)	0.5-0.8%
Fosforo Soluble (P ₂ O ₅)	4.0-5.0%
Potasio Soluble (K ₂ O)	21.0-22.0%
Magnesio (Mg)	0.04%
Calcio (Ca)	0.6-1.8%
Hierro (Fe)	0.15-0.30%
Azufre (S)	1.0-1.5%
Sodio (Na)	1.5-2.2%
Cobre (Cu)	0.0007%
Iodo (I)	350-650 ppm
Ácido alginico (laminaria, vitaminas)	8.0-10.0%
Aminoácidos (totales 17)	5.0%

Cuadro 2. Composición de Osmocalm.

Componente	Composición
Extracto de algas	7.50% p/p (9% p/v)
Calcio (CaO)	7.80% p/p (9,36% p/v)
Boro (B)	0.20% p/p (0,24% p/v)

Tratamiento con Seaweed[®].

mente nitrógeno, fósforo y potasio (N-P-K), además de calcio, magnesio, azufre, micronutrientes aminoácidos, citoquininas, giberelinas y auxinas promotoras de crecimiento, y contiene 12% del ingrediente activo. La recomendación para su uso en el sistema de riego fue una dilución de 1:1000, equivalente a 100 ppm.

4.- Testigo (Sin aplicación de algas marinas).

Las aplicaciones de los tratamientos se realizaron utilizando las dosis recomendadas por el fabricante, durante el trasplante y cada 15 días durante el desarrollo de las plantas.

Caracterización. La caracterización de la planta se efectuó con base en el Manual Gráfico para la Descripción de Variedades de Tomate de Cáscara (Peña *et al.*, 2011). También se evaluaron los caracteres de calidad: peso, diámetro polar y ecuatorial, firmeza, sólidos solubles totales, pH y acidez titulable.

Peso. Se determinó en una muestra de 10 frutos, para ello se estableció el peso de cada fruto (g), empleando una balanza "Adventurer" modelo Ohaus.

Diámetro polar y ecuatorial del fruto. El diámetro polar se determinó utilizando un vernier digital modelo 3416, marca Control Company, que se colocó en el fruto abarcando los polos. El diámetro ecuatorial se estableció colocando el vernier en la región media (ecuador) del fruto. Los valores se expresaron en mm.

Firmeza. Se determinó con un penetrómetro manual de 0-13 Kg con puntal de 8 mm. Se eliminó la cutícula en un punto de la región ecuatorial, antes de utilizar el equipo. Se obtuvo el valor promedio de firmeza de 10 repeticiones y los resultados se expresaron en gramos fuerza (kg).

Sólidos solubles totales (SST). Para determinar el contenido de sólidos solubles totales (%) se empleó un

refractómetro Marca "Atago" Modelo N-1E. Se tomó una muestra de jugo del fruto de tomate y se colocó en el lente de refracción con valor de lectura de 0% a 30%.

pH. Se utilizó un potenciómetro marca "Hanna" modelo pH213. Se tomó una muestra de 6 g^{-1} de tejido de fruto, se maceró, se preparó una mezcla con agua destilada hasta llegar a un volumen de 50 ml, se coló y se procedió a medir el pH.

Acidez titulable expresado en % de ácido cítrico. Se utilizó la muestra que se preparó para la determinación de pH. El método se basó en titular la muestra con solución de hidróxido de sodio 0.1 N, deteniendo la titulación hasta alcanzar un pH de 8; para ello se utilizó un potenciómetro marca "Hanna" modelo pH 213, y el porcentaje de acidez titulable fue calculado como porcentaje de ácido cítrico mediante la siguiente fórmula: % de ácido cítrico = $(\text{Gasto de NaOH}) (\text{Normalidad del NaOH}) (0.064) \times 100 / \text{gramos de muestra}$.

Extracción de semilla. Se realizó mezclando los frutos con agua, licuando y decantando para separar la semilla del tejido. Se procedió a lavarla, colar y colocar en papel para su secado (Figuras 2). Se produjeron 169,962 semillas de *Physalis pruinosa* de frutos maduros y 119,540 semillas en frutos verde-amarillo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el caso de altura de planta el tratamiento que generó mayor valor fue Seaweed, seguido de Alga 600, resaltando que Osmocalm registró una respuesta semejante al tratamiento testigo. En el caso de la longitud de tallo el tratamiento que generó los valores más altos fue Alga 600; los demás tuvieron los mismos valores estadísticos que el testigo. Finalmente, en la longitud de hojas el mejor fue Alga 600, mientras que Osmocalm y Seaweed obtuvieron el mismo efecto.

El efecto que produjo Seaweed en la altura de la planta de *Physalis pruinosa* puede atribuirse a que las algas

Cuadro 3. Resultados de variables de desarrollo en *Physalis pruinosa*.

Tratamiento	Altura de planta	Longitud de tallo	Longitud de hoja
Testigo	12.12 c	25.29 b	4.08 c
Alga 600	14.03 b	27.35 a	5.91 a
Seaweed	16.25 a	26.44 b	4.73 b
Osmocalm	11.88 c	25.84 b	4.75 b

Tukey (≤ 0.05). Medias con la misma letra en columna son estadísticamente iguales.



Figuras 2. Extracción de semilla de *Physalis pruinosa*.

marinas incorporadas al suelo o vía foliar mejoran la absorción de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, Fe, B, Cu, Mn, Zn) e incrementan los rendimientos, además de que aportan aminoácidos, citoquininas, giberelinas y auxinas promotoras de crecimiento (Bludes, 1976 y Canales, 2000).

En el caso de longitud de tallo y de hoja, el mejor tratamiento fue con Alga 600. Esto pudo deberse a que contiene tres tipos de alga y, por ejemplo, *Laminaria* sp., provee importantes cantidades de polisacáridos; *Ascophyllum nodosum* es un producto esencial con betainas y altamente recomendado en suelos; y *Sorgassum* sp., que es rico en ácido algínico (Vitaminas esenciales para las plantas) y con alto contenido de reguladores de crecimiento naturales de más de 600 ppm, contribuyendo a la regulación bidireccional del sistema complejo nutricional. Por su alto contenido de nutrientes esenciales cubren perfectamente los requerimientos de las plantas a nivel celular; además, por ser un complejo oligómero (duplica la absorción de nutrientes), aumenta la disponibilidad de los mismos vía radicular (al suelo) y mejorando paulatinamente las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Crouch y Van Staden, 1992).

En el Cuadro 4 se observa la caracterización de frutos de *Physalis pruinosa* con los valores promedio de variables de calidad en función de su etapa de madurez. El Cuadro 5 presenta la caracterización morfológica de la especie. Se obtuvieron frutos de 1.16 a 1.71 g de peso. Los frutos amarillos tuvieron menores valores de firmeza (677.08 g) que los verdes (782 g). Los frutos amarillos presentaron mayores va-

lores en sólidos solubles totales (12.1%) que los verdes (8.99%) y menor porcentaje de ácido cítrico (0.33%) que los frutos verdes (0.41%). Los niveles de sólidos solubles totales obtenidos coinciden con lo reportado por Novoa et al. (2006) en frutos de *Physalis peruviana*. A medida que los frutos maduran, los contenidos de sólidos solubles aumentan por procesos de hidrólisis del almidón en azúcares más simples (Herrero y Guardia, 1999). La disminución del ácido cítrico durante la madurez generalmente coincide con el pico climatérico. Esto puede deberse a la oxidación del ácido por acción de enzimas, provocando una reducción acelerada (Mozafar, 1994). Las diferencias entre las variables de calidad de los frutos de *Physalis pruinosa* amarillos y verdes se debieron a que durante la madurez se incrementa la actividad respiratoria, se degradan azúcares, se sintetizan pigmentos y se produce etileno (Salisbury y Ross, 1994; Kader 2002).



CONCLUSIONES

Physalis pruinosa es una

planta con hábito de crecimiento postrado, con altura de tallo a la primera bifurcación baja, que presenta pigmentación antocianídica en entrenudos, con frutos pequeños color amarillo, con una firmeza de 680 g fuerza, contenido de sólidos solubles totales de hasta 12%, con cáliz pubescente, acostillado y con pigmentación antocianica, pedúnculo delgado de longitud corta y semillas amarillas. La aplicación de algas marinas en *Physalis pruinosa* mejoró la altura de la planta, longitud de tallo y longitud de hoja. La aplicación de algas marinas propició la producción de mayor cantidad de semillas de *Physalis pruinosa* de frutos maduros, en comparación con la cantidad de semillas en frutos verde-amarillo.

Cuadro 4. Resultados promedio de variables de calidad en frutos de *Physalis pruinosa*.

Madurez	Peso (g)	Diámetro polar (mm)	Diámetro ecuatorial (mm)	Firmeza (g)	Sólidos solubles totales (%)	Ácido cítrico (%)
1 Amarillo	1.71a	12.27a	12.1a	677.08b	12.10a	0.33a
2 Verde-amarillo	1.29b	11.57b	11.16b	691.76b	10.90b	0.36a
3 Verde	1.16c	10.81b	10.49b	782.00a	8.99c	0.41a

Tukey (≤ 0.05). Medias con la misma letra en columna son estadísticamente iguales.

Cuadro 5. Caracterización morfológica de *Physalis pruinosa*.

Variable	Característica
1.- Plántula	
1.1- Pigmentación antocianídica del hipocotilo	Presente 9
2.- Planta	
2.- Hábito de crecimiento	Postrado 3
3.- Tallo	
3.- Tallo-Altura a la primera bifurcación	Baja 3
3.4.- Longitud de entrenudos	Corto 3
3.5.- Pigmentación antocianídica en los entrenudos:	Presente 9
3.6.- Intensidad de la pigmentación antocianídica en los entrenudos:	Débil 3
3.7.-Pubescencia de los entrenudos:	Presente 9
4.- Hoja	
4.8 Forma	Elíptica estrecha 3
4.9 Longitud	Corta 3
4.10 Anchura	Estrecha 3
4.11 Dentado	Media 2
4.12 Color	Verde amarillento 1
4.13 Intensidad de color verde	Débil 3
5.- Pecíolo	
5.14 Porte	Colgante 3
5.15 Longitud	Corto 3
6.-Flor	
6.16 Porte del pedicelo	Colgante 5
6.17 Diámetro	Pequeño 3
6.18 Número de anteras	Cinco 1
7.-Fruto	
7.19 Tamaño	Pequeño 3
7.20 Longitud	Corta 3
7.21 Diámetro	Estrecho 3
7.22 Relación largo/diámetro	Pequeña 3
7.23 Forma en sección longitudinal	Circular 2
7.24 Forma en sección transversal	Circular 2
7.25 Profundidad de la cavidad peduncular	Ausente o muy poco profunda 1
7.26 Forma del ápice	Redondeada 2
7.27 Color principal en la madurez para la cosecha	Amarillo 3
7.28 Intensidad de color principal en la madurez para la cosecha	Medio 2
7.29 Color principal en la madurez fisiológica	Amarillo 3

Cuadro 5. Caracterización morfológica de *Physalis pruinosa*. (Continuación).

Variable	Característica
7.30 Intensidad de color en madurez fisiológica	Media 2
7.31 Color de la pulpa	Amarillo 2
7.32 Número predominante de lóculos	
7.33 Adherencia del cáliz	Fuerte 7
7.34 Cobertura de cáliz	Ligeramente abierta 2
7.35 Firmeza (maduro)	De 680 gramos fuerza
7.36 Densidad de la pulpa	
7.37 Número de semillas	
8. Cáliz	
8.38 Pubescencia	Presente 9
8.39 Acostillado	Presente 9
8.40 Pigmentación antocianica	Presente 9
8.41 Intensidad de pigmentación antocianica	Muy débil 1
9. Pedúnculo	
9.42 Longitud	Corto 3
9.43 Grosor en el extremo proximal	Delgado 3
10. Semilla	
10.44 Color	Amarillo pardo
10.45 Tamaño	Pequeño

AGRADECIMIENTOS

Al Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos (SINAREFI-SNICS-SAGARPA) por el financiamiento de la presente investigación.

LITERATURA CITADA

- Blunden G. 1973. Effects of liquid seaweed extracts as fertilizers. Proc. Seventh International Seaweed Symposium. In ref. 3. School of Pharmacy, Polytecnic, Park Road, Portsmouth, Hants, England.
- Canales B.L. 2000. Enzimas-algas. Posibilidad de uso para estimular la producción agrícola y mejorar los suelos. Revista Terra, volumen 17, número 3.
- Crouch L., Van Staden, J.1992. Evidence of the presence of growth regulators in commercial seaweed products. Department of Botany, University of Natal, Republic of South Africa. Ed. Kluwer Academic Publishing. The Netherlands.
- Herrero A., Guardia, J. 1999. Conservación de frutos. Manual técnico. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. pp. 59-71.
- Kader A.A. 2002. Postharvest technology of horticultural crops. University of California, Agricultural and Natural Resources, Publication 3311.Oakland, CA. 534 p.
- Mozafar A. 1994. Plant vitamins: agronomic, physiological and nutritional aspects. CRC Press, Florida. pp. 9-11.
- Novoa R.H., Bojacá M., Galvis J.A., Fischer G.. 2006. La madurez del fruto y el secado del cáliz influyen en el comportamiento postcosecha de la uchuva, almacenada a 12°C (*Physalis peruviana* L.).
- Salisbury B.F., Ross W.C. 1994. Fisiología Vegetal. Ed Grupo Editorial Iberoamérica S.A de C.V. México.
- Senn T.L. 1987. Seaweed and plant growth. Traducido al Español por Benito Canales López. Crecimiento de alga y planta. Ed. Alpha Publishing Group, Houston, Texas, USA.



**COLEGIO DE
POSTGRADUADOS**

Contacto: 01 (595) 928 4703

jocadena@colpos.mx

Si tiene interés en publicar o adquirir un libro, favor de contactar a:

Editor General: Said Infante Gil

Directora Editorial: Judith Sandoval

email: contacto@fundacioncolpos.org

teléfono: (55) 5336.0130

www.fundacioncolpos.org



20
15

CATÁLOGO
EDITORIAL