
VALORACIÓN DE GERMOPLASMA DE TOMATE DE CÁSCARA

CULTIVADO EN EL ESTADO DE MORELOS, MÉXICO

Jaime Canul-Ku, Enrique González-Pérez, Salvador Villalobos-Reyes, Edwin Javier Barrios-Gómez y Sandra Eloísa Rangel-Estrada

RESUMEN

La variabilidad genética en materiales criollos de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Hornem) representa una fuente potencial para la generación de germoplasma comercial. La mayoría de los materiales cultivados en México provienen de selección mediante caracteres cuantitativos, siendo el rendimiento el principal componente. El objetivo fue estimar el potencial de rendimiento de variedades que cultivan los productores de Morelos, México y determinar la relación en características de planta y fruto que existe entre ellas. Se colectaron 14 variedades en municipios de Jojutla, Cuautla y Totolapan. El diseño experimental fue bloques completos al azar con dos repeticiones y la unidad experimental consistió de cuatro surcos de 4m de longitud, distancia de 1,2m entre surcos y 0,4m entre plantas. Los caracteres medidos fueron:

altura de planta, altura a la primera bifurcación del tallo, peso de fruto, rendimiento de fruto, diámetro ecuatorial y polar del fruto. Se realizaron análisis de varianza, de componentes principales y de conglomerados mediante el método de Ward, y se generó un dendrograma con la pseudoestadística t^2 de Hotelling. El mayor rendimiento se obtuvo en variedades con menor altura a la primera bifurcación del tallo. TCM04 produjo mayor tamaño y peso de fruto. La media nacional en rendimiento fue superada por TCM17. Se formaron cuatro grupos en el dendrograma con base en características de fruto y rendimiento. La variabilidad presente en el germoplasma de tomate de cáscara cultivado por agricultores de Morelos tiene el potencial para ser considerado en programas de mejoramiento genético de forma sistematizada.

Introducción

Physalis ixocarpa Brot. ex Hornem es tradicionalmente conocido como tomate verde, tomatillo, tomate de milpa, tomate de cáscara o tomate de fresadilla (Peña *et al.*, 2008). En México, el principal uso es culinario (Santiaguillo y Blas, 2009). Su importancia económica radica en que es una hortaliza que se exporta a EEUU y Canadá (Ramírez *et al.*, 2015). Del 2011 al 2015 la superficie sembrada en el país fue en promedio de 44.258ha, con rendimiento medio nacional de 14,82t·ha⁻¹ (SIAP, 2015).

De todos los estados que comprende el país solamente en Campeche, Durango y

Tabasco no se establece esta especie. En el estado de Morelos, el tomate de cáscara es uno de los cultivos hortícolas de mayor importancia económica, ya que en el periodo antes mencionado se establecieron ~1816ha con rendimiento promedio de 13,21t·ha⁻¹ (SIAP, 2015). El rendimiento promedio inferior en comparación a la media nacional es ocasionado principalmente por el uso de variedades nativas cuyo potencial de rendimiento es bajo (Magaña *et al.*, 2011; Peña *et al.*, 2014). La semilla seleccionada de genotipos con pobre mejoramiento genético (Jiménez *et al.*, 2012), la limitada aplicación de la tecnología de producción y la presencia errática de la precipita-

ción, son factores que propician los bajos rendimientos. Por ello, uno de los retos en el estado de Morelos es incrementar la productividad del cultivo en el corto plazo y alcanzar e incluso superar las 14,82t·ha⁻¹, promedio de producción nacional.

Es posible incrementar el rendimiento de tomate de cáscara a través de varias vías, entre las que destacan la aplicación de fertilizantes orgánicos e inorgánicos, el uso eficiente del agua (López *et al.*, 2009), control oportuno de malezas (Pérez *et al.*, 2014), manejo integrado de plagas y enfermedades, y principalmente con el uso de variedades mejoradas (Peña *et al.*, 2014), ya que el potencial de

rendimiento tiene relación directa con la base genética de la población. México, como centro de origen y de diversidad genética de la especie, dispone de germoplasma nativo (Santiaguillo *et al.*, 2004) para generar materiales rendidores con amplia adaptación a las diferentes regiones productoras.

El proceso de mejoramiento genético de tomate de cáscara se ha llevado a cabo a través de varios métodos genotécnicos, tales como selección masal visual estratificada (Peña *et al.*, 2002), selección familiar de medios hermanos maternos (Moreno *et al.*, 2002; Peña *et al.*, 2008) y cruza-mientos planta a planta (Santiaguillo *et al.*, 2004),

PALABRAS CLAVE / Caracteres Cuantitativos / Mejoramiento Genético / Tomatillo / Variabilidad / Variedades de Alto Rendimiento /

Recibido: 24/01/2017. Modificado: 23/03/2017. Aceptado: 24/03/2017.

Jaime Canul-Ku. Doctor en Ciencias, Colegio de Postgraduados (COLPOS), México. Investigador, INIFAP, México. Dirección: Campo Experimental Zacatepec, INIFAP. Km. 0.5 Carretera Zacatepec-

Galeana, Zacatepec, Morelos, México. e-mail: canul.jaime@inifap.gob.mx

Enrique González-Pérez. Doctor en Ciencias, COLPOS, México. Investigador, Campo Experimental Bajío, INIFAP, México.

Salvador Villalobos-Reyes. Maestro en Ciencias, COLPOS, México. Investigador, INIFAP, México.

Edwin Javier Barrios-Gómez. Doctor en Ciencias, COLPOS, México. Investigador, INIFAP, México.

Sandra Eloísa Rangel-Estrada. Doctora en Ciencias, COLPOS, México. Investigador, INIFAP, México.

EVALUATION OF GERMPLASM OF HUSK TOMATO CULTIVATED IN THE STATE OF MORELOS, MEXICO

Jaime Canul-Ku, Enrique González-Pérez, Salvador Villalobos-Reyes, Edwin Javier Barrios-Gómez and Sandra Eloísa Rangel-Estrada

SUMMARY

Genetic variability in native husk tomato (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Hornem) represents a potential source for the generation of commercial germplasm. Most of the materials grown in Mexico come from quantitative selection, yield being the main factor. The objective was to estimate the yield potential of varieties grown by producers in Morelos, Mexico, and to determine the relationship between plant and fruit characteristics among them. Fourteen varieties were collected in the municipalities of Jojutla, Cuautla and Totolapan. The experimental design was of randomized complete blocks with two replicates, the experimental unit consisted of four furrows 4m in length, distance of 1.2m between furrows and 0.4m between plants. The characters mea-

sured were: plant height, height at first stem bifurcation, fruit weight, fruit yield, equatorial and polar diameter of the fruit. Analysis of variance, principal components, and of clusters using the Ward method were performed, and a dendrogram was generated with the pseudostatistics t^2 of Hotelling. The highest yield was obtained in varieties with lower height at the first stem bifurcation. TCM04 produced larger fruit size and weight. The national average performance was exceeded by TCM17. Four groups were formed in the dendrogram, based on fruit characteristics and yield. The variability present in husk tomato germplasm grown by farmers in Morelos has the potential to be considered in systematic breeding programs.

VALORAÇÃO DE GERMOPLASMA DE TOMATE DE CASCA CULTIVADO NO ESTADO DE MORELOS, MÉXICO

Jaime Canul-Ku, Enrique González-Pérez, Salvador Villalobos-Reyes, Edwin Javier Barrios-Gómez e Sandra Eloísa Rangel-Estrada

RESUMO

A variabilidade genética em materiais autóctones de tomate de casca (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Hornem) representa uma fonte potencial para a geração de germoplasma comercial. A maioria dos materiais cultivados no México provem de seleção mediante caracteres quantitativos, sendo o rendimento o principal componente. O objetivo consistiu em estimar o potencial de rendimento de variedades que cultivam os produtores de Morelos, México e determinar a relação em características de planta e fruto que existe entre elas. Foram coletadas 14 variedades em municípios de Jojutla, Cuautla e Totolapan. O desenho experimental foi de blocos completos aleatórios com duas repetições e a unidade experimental consistiu de quatro sulcos de 4m de comprimento, distância de 1,2m entre sulcos e 0,4m entre plantas. Os caracteres medidos foram: altura de

planta, altura na primeira bifurcação do caule, peso de fruto, rendimento de fruto, diâmetro equatorial e polar do fruto. Realizaram-se análise de variância, de componentes principais e de conglomerados mediante o método de Ward, e foi gerado um dendrograma com a pseudoestatística t^2 de Hotelling. O maior rendimento foi obtido em variedades com menor altura na primeira bifurcação do caule. TCM04 produziu maior tamanho e peso de fruto. A média nacional em rendimento foi superada por TCM17. Formaram-se quatro grupos no dendrograma com base em características de fruto e rendimento. A variabilidade presente no germoplasma de tomate de casca cultivado por agricultores de Morelos tem o potencial para ser considerado em programas de melhoramento genético de forma sistematizada.

logrando incrementos relevantes en rendimiento de fruto. Sin embargo, pocos resultados satisfactorios se han obtenido mediante la hibridación (Peña *et al.*, 1998) debido a la autoincompatibilidad de la especie (Pandey, 1957).

El mejoramiento genético del tomate de cáscara en el Campo Experimental Zacatepec del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) inició en 1972, a partir de la evaluación de una colección de 49 poblaciones criollas del estado de Morelos. En los cuatro años siguientes se evaluaron las 11 mejores poblaciones y en el último año se identificaron y seleccionaron cuatro líneas de alto rendimiento, una de las

cuales se liberó como 'Rendidora' (Saray *et al.*, 1978). Por último, Güemes e Inoue (2001) propusieron la metodología para la producción de semilla de la variedad Rendidora.

De 1976 a la fecha no se ha realizado mejoramiento genético en tomate de cáscara en el estado de Morelos, lo que ha propiciado la pérdida de gran parte de la diversidad genética. En 2015, en localidades aledañas al municipio de Tepalcingo, estado de Morelos, algunos productores señalaron que la variedad Rendidora ya no se siembra debido a que las empresas semilleras venden plántulas en charolas de 200 cavidades y utilizan genotipos con algún grado de mejoramiento (comunicación personal de

productores locales). Es preciso señalar que las variedades mejoradas que se ofertan actualmente en el mercado del estado de Morelos se generaron mediante la depuración de los materiales criollos (Magaña *et al.*, 2011), que los productores manejan desde muchos años atrás, y no por manipulación genética, a diferencia de entidades del norte del país, donde se comercializan de forma importante variedades por empresas extranjeras de marcas reconocidas. El INIFAP, a través del programa de mejoramiento genético, tiene la oportunidad de generar y poner a disposición nuevas variedades, haciendo uso del amplio germoplasma nativo de tomate de cáscara existente (Santiagoullo

et al., 2012). Con base en lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue estimar el potencial de rendimiento de fruto de las variedades cultivadas por productores del estado de Morelos y determinar la relación en características de planta y fruto entre ellas.

Materiales y Métodos

Colecta de germoplasma como material genético

En junio de 2015 se colectaron muestras de ~2kg de frutos de tomate de cáscara en los municipios de Jojutla, Cuautla y Totolapan, del estado de Morelos (Tabla I). Cada muestra se consideró como una variedad, para un total de 14. Se

TABLA I
LOCALIDADES DE COLECTA DE VARIEDADES DE TOMATE DE CÁSCARA EN EL ESTADO
DE MORELOS CON SUS VARIEDADES TESTIGOS. JUNIO, 2015.

Variedad	Localidad	Municipio	Latitud	Longitud	Altitud	CF
TCM01	Cuautla	Cuautla	18°48'14''	98°58'10''	1273	Verde
TCM02	Cuautla	Cuautla	18°47'51''	98°58'22''	1264	Verde
TCM03	Cuautla	Cuautla	18°47'32''	98°58'39''	1253	Verde
TCM04	Tetelcingo	Cuautla	18°52'09''	98°56'01''	1421	Verde
TCM05	Tetelcingo	Cuautla	18°52'10''	98°55'59''	1422	Amarillo
TCM06	Tetelcingo	Cuautla	18°52'08''	98°55'58''	1423	Verde
TCM07	Tetelcingo	Cuautla	18°52'07''	98°55'57''	1422	Verde
TCM08	Tetelcingo	Cuautla	18°52'06''	98°55'57''	1422	Verde
TCM10	Totolapan	Totolapan	18°58'51''	98°55'31''	1901	Amarillo
TCM11	Totolapan	Totolapan	18°58'45''	98°55'27''	1921	Verde
TCM12	Totolapan	Totolapan	18°58'38''	98°55'47''	1900	Verde
TCM13	Jojutla	Jojutla	18°36'53''	99°11'28''	900	Verde
TCM14	Jojutla	Jojutla	18°37'02''	99°11'52''	901	Verde
TCM15	Jojutla	Jojutla	18°37'17''	99°11'34''	901	Amarillo
TCM16	Tuxpan	Tuxpan, Guerrero	18°19'45''	99°28'27''	823	Morado
TCM17	San Antonio de los Vázquez	Ixtlahuacán del Río, Jalisco	20°49'14	103°08'09	1718	Morado
TCM18	San Miguel Cuyutlán	Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco	20°27'43	103°27'11	1588	Verde
TCM19	Tlapa de Comonfort	Tlapa, Guerrero	17°33'04''	98°33'58''	1036	Morado

TCM: tomate de cáscara de Morelos, CF: color de fruto.

registró los datos pasaporte por cada variedad colectada. Se extrajo las semillas, se lavaron y secaron sobre malla antiáfido en condiciones ambientales (26,7°C y HR 60%). Posteriormente, las semillas de cada variedad se colocaron en frascos de vidrio rotulados. Como testigos se utilizaron cuatro variedades del INIFAP denominadas: INIFAP-Guerrero (TCM16), INIFAP-Jalisco (TCM17), INIFAP-Guanajuato (TCM18) e INIFAP-Guerrero (TCM19) (Tabla I).

Sitio experimental

El experimento se llevó a cabo en el Campo Experimental Zacatepec del INIFAP, ubicado en 18°39'16''N y 99°11'54.7''O, y altitud de 911,8msnm. Del sitio se caracteriza por presentar clima cálido subhúmedo (Aw0) con lluvias en verano, precipitación y temperatura promedio anual de 800mm y 24°C, respectivamente (García, 1981).

Establecimiento del cultivo

La siembra de las variedades recolectadas junto con los testigos se realizó el 06/07/2015. Se emplearon charolas de 72 cavidades conteniendo turba (Sunshine Mix N° 3). Se depositaron tres semillas por cavidad y se cubrieron. Las cha-

rolas se apilaron y cubrieron con polietileno negro por dos días. Posteriormente se destaparon y se colocaron bajo malla sombra en condiciones ambientales (25,3°C y HR 80%). Posterior a la emergencia total se realizó un raleo, dejando una plántula por cavidad. Durante los 28 días que permanecieron las plántulas bajo malla sombra se aplicó riego dos veces al día y fertilizante de la fórmula 17-17-17 una vez por semana en dosis de 1g por litro de agua.

Previo al trasplante el terreno se preparó mediante dos barbechos (el segundo en forma perpendicular al primero) y surcado a 1,2m de ancho. El trasplante fue en arreglo topológico a una línea con distancia entre planta de 40cm para una densidad de 20,833 plantas/ha. El cultivo se desarrolló en condiciones de temporal en verano de 2015 con precipitación de 823,3mm.

Manejo del cultivo

Dos días antes del trasplante se aplicó en el tallo Imidacloprid a dosis de 1ml·l⁻¹ de agua y al trasplante las plántulas se sometieron a un tratamiento con Benomilo (15g·l⁻¹) por inmersión del cepellón durante 1min. La fertilización se realizó con la fórmula 180-90-90 en dos aplicaciones; en la

primera la mitad del nitrógeno y el total de fósforo y potasio, y en la segunda la otra mitad del nitrógeno. Como fuentes se utilizaron urea, superfosfato de calcio triple y cloruro de potasio. La maleza fue controlada con la aplicación de Semptra® (Halosulfuron metil 75%) a la dosis de 3,5ml·l⁻¹. El control del gusano del fruto (*Heliothis* spp.) fue con Gusamil® (Cipermetrina 21.2%) en dosis de 3ml·l⁻¹, y se aplicaron 2g·l⁻¹ de Amistar® (Azoxystrobin 25%) para la cenicienta polvorienta (*Erysiphe* spp.).

Diseño experimental

Las variedades recolectadas de tomate de cáscara con sus respectivos testigos se consideraron como tratamientos. Estos se ubicaron en un diseño experimental de bloques completos al azar con dos repeticiones. La unidad experimental consistió de cuatro surcos de 4m de longitud, a una distancia de 1,2m entre ellos y de 0,4m entre plantas, mientras que la parcela útil consistió de los dos surcos centrales, eliminando 1m de cada extremo.

En cinco plantas por variedad y por repetición seleccionadas al azar y con competencia completa se midieron la altura de planta (AP) y la altura a la primera bifurcación del tallo (APB) ambos en cm. En una muestra aleatoria de 10

frutos por unidad experimental se registraron el peso de fruto (PF) en g mediante una balanza de precisión Ohaus modelo YS1101; el diámetro ecuatorial de fruto (DEF) y el diámetro polar del fruto (DPF), ambos en mm, se midieron utilizando un vernier digital Mitutoyo serie 500-193. Además, se determinó el rendimiento de fruto (RTO) en dos cortes dentro de la parcela útil, y se extrapoló a 1ha.

Análisis estadístico

Con los caracteres evaluados se generó una base de datos en Excel de Windows 2013. Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Tukey (P≤0,05) con el programa estadístico SAS (SAS, 2000). Con los promedios estandarizados de las variables evaluadas se realizó el análisis de componentes principales y de conglomerados usando el método de Ward. El número de grupos formados en el dendrograma se determinó con la pseudoestadística t² de Hotelling (Johnson, 2000) y se confirmó la diferencia estadística con el análisis de varianza.

Resultados y Discusión

La altura a la primera bifurcación del tallo (APB), peso de

fruto (PF), rendimiento (RTO), diámetro polar (DPF) y diámetro ecuatorial (DEF) del fruto mostraron diferencias estadísticas altamente significativas ($P \leq 0,01$) entre las variedades estudiadas, pero no así la altura de planta (AP; (datos no presentados). Esas diferencias se explican con base en el origen y características de las variedades, que presentan amplia diversidad, como lo señalan Santiaguillo *et al.* (1998) y Sahagún *et al.* (1999).

En el coeficiente de variación se obtuvo el valor más alto en rendimiento total de fruto (Tabla II), lo que coincide con otros estudios y cuya diferencia se atribuye a la variabilidad genética presente en tomate de cáscara (Peña *et al.*, 2008, 2014). En este sentido, Peña *et al.* (2013) señalan que altos coeficientes de variación en el rendimiento y número de frutos se debe a la alta heterogeneidad existente en el tomate de cáscara.

Altura a la primera bifurcación del tallo

Las diferencias ($P \leq 0,01$) indican que la APB del tallo es diferente en cada variedad. La mayor altura se presentó en la variedad TCM15 (26,15cm), pero estadísticamente fue igual a las otras 14 variedades; mientras que, la menor fue en TCM02 (10,8cm). La mayoría de las variedades mostraron APB entre 17 y 22cm (Tabla II). Este grupo de variedades evaluadas presentaron mayor APB en comparación a las 40 variedades evaluadas por Santiaguillo *et al.* (1998) en Tlajomulco de Zuñiga, Jalisco, quienes reportaron valores de 2,1 a 20,1cm. La ventaja de tener plantas de porte bajo es que son más rendidoras (Peña *et al.*, 2008) y de crecimiento rastroero (Santiaguillo *et al.*, 1998), lo cual se confirma con los resultados obtenidos (Tabla II).

Diámetro polar del fruto

Las variedades evaluadas tuvieron DPF estadísticamente diferentes ($P \leq 0,01$). La compa-

ración de medias por Tukey ($P \leq 0,05$) mostró que TCM04 presentó el mayor valor, con 46,02mm, aunque estadísticamente igual a TCM12, TCM06, TCM11, TCM10 y TCM05. En cambio, las variedades con menor DPF fueron TCM07, TCM08, TCM16, TCM01, TCM19, TCM03 y TCM17. Las variedades restantes tuvieron valores intermedios a estos dos grupos (Tabla II). En este estudio la amplitud del DPF fue de 22,99 que es mayor al reportado por Santiaguillo *et al.* (2004) al evaluar 220 cruza planta a planta (variedad Chapingo \times Puebla) donde el DPF mínimo fue de 36,3mm y el máximo de 46,3mm. En este caso TCM04 fue similar en tamaño a la cruz C30. Por otro lado, las tres variedades de mayor tamaño (TCM04, TCM12 y TCM06) superaron a las variedades CF1-Chapingo (34,1mm), Tamazula SM2 (30,7mm), a la Población 3 y Población Tecámac reportadas por Ponce *et al.* (2012).

Diámetro ecuatorial del fruto

La variedad TCM04 alcanzó el mayor DEF con 55,30mm, aunque estadísticamente igual a

las otras siete variedades mientras que el grupo de menor tamaño lo integraron ocho variedades con DEF entre 24,73 y 33,43cm (Tabla II). La amplitud del DEF fue de 30,57mm, lo que indica que existe una variación amplia en este carácter en el grupo de variedades evaluadas. Las primeras cinco variedades de tomate de cáscara con el mayor DEF superaron a CF1-Chapingo (45,4mm) y Tamazula SM2 (36,4mm) reportados por Ponce *et al.* (2011) y a la Población 3 (40mm) y Población Tecámac (46,6) según Ponce *et al.* (2012). Sin embargo, fueron superados por las cruza C181, C166, C124 y la variedad Puebla con DEF mayor a 56mm (Santiaguillo *et al.*, 2004).

Peso de fruto

Seis variedades presentaron el mayor peso de fruto y siete variedades fueron las de menor peso, siendo la diferencia entre ambos de 63g, lo cual significa que hay variabilidad amplia en el germoplasma valorado de tomate de cáscara (Tabla II). Las seis variedades

de mayor peso de fruto tuvieron $PF > 43g$ y resultaron superiores a los materiales CF1-Chapingo (26,42g), Tamazula SM2 (15,04) reportados por Ponce *et al.* (2011), variedad M1-Fitotecnia (21,8g; Moreno *et al.*, 2002), variedad Verde Puebla (33,8g; Peña *et al.*, 2004) y el promedio de 40 variedades (27,5g) evaluados en cuatro sistemas de producción (Peña *et al.*, 2014). Sin embargo las variedades de mayor PF fueron rebasadas por cinco cruza entre la variedad Chapingo \times Puebla con $PF > 70g$ (Santiaguillo *et al.*, 2004). Por su parte, Jiménez *et al.* (2012) reportan para la variedad Rendidora un PF de 58,6g y Peña *et al.* (2013) para la variedad Verde Puebla entre 54,3 y 58,4g.

Rendimiento de fruto

Con los resultados obtenidos por Tukey ($P \leq 0,05$) se separó a las variedades en dos grupos, rendimiento de fruto alto y bajo. La variedad de mayor rendimiento fue el testigo TCM17 con $15t \cdot ha^{-1}$, pero es estadísticamente igual a las 14. Los de menor rendimiento fue-

Tabla II
VALORES MEDIOS DE CARACTERÍSTICAS EVALUADAS EN VARIEDADES DE TOMATE DE CÁSCARA COLECTADAS EN MORELOS, MÉXICO CON SUS VARIEDADES TESTIGOS

Variedad	APB (cm)	DPF (mm)	DEF (mm)	PF (g)	RTO ($t \cdot ha^{-1}$)
TCM17	13,50 abcd	30,03 def	33,43 def	17,64 defg	15,00 a
TCM02	10,80 d	32,68 cde	35,66 cde	22,31 cdefg	13,47 ab
TCM14	17,10 abcd	37,66 bcd	43,82 bcd	37,64 bcde	13,09 ab
TCM12	21,00 abcd	43,92 ab	50,35 ab	58,72 ab	12,89 ab
TCM03	12,80 bcd	27,84 ef	29,41 ef	12,96 efg	11,86 ab
TCM13	16,30 abcd	36,96 bcd	44,71 abc	38,24 bcde	8,88 ab
TCM04	17,20 abcd	46,02 a	55,30 a	71,10 a	7,86 ab
TCM05	20,80 abcd	39,66 abc	46,08 abc	46,32 abc	7,58 ab
TCM08	18,60 abcd	23,63 f	25,14 ef	8,6 g	7,48 ab
TCM11	24,10 abc	40,01 abc	47,94 ab	44,64 abcd	6,95 ab
TCM01	23,20abcd	25,44 ef	27,42 ef	11,43 efg	5,45 ab
TCM06	19,75 abcd	43,73 ab	49,89 ab	59,73 ab	5,05 ab
TCM07	12,20 cd	23,24 f	26,02 ef	8,92 fg	4,83 ab
TCM10	25,75 ab	39,89 abc	46,54 ab	41,98 bcd	4,24 ab
TCM19	19,10 abcd	26,75 ef	29,44 ef	13,66 efg	3,54 ab
TCM16	13,30 abcd	23,03 f	24,73 f	8,03 g	3,31 b
TCM18	22,60 abcd	37,15 bcd	47,51 ab	43,58 abcd	3,25 b
TCM15	26,15 a	37,06 bcd	42,45 bcd	36,73 bcdef	2,74 b
Media	18,56	34,15	39,21	32,34	7,63
DMSH	13,27	7,89	10,82	27,80	11,53
CV (%)	28,14	22,80	26,30	21,20	37,23

APB: altura a la primera bifurcación del tallo, DPF: diámetro polar del fruto, DEF: diámetro ecuatorial del fruto, PF: peso de fruto, RTO: rendimiento, DMSH: diferencia mínima significativa honesta, CV: coeficiente de variación.

*Valores con letras diferentes dentro de columnas indican diferencias significativas (Tukey, $P \leq 0,05$).

ron TCM16, TCM18 y TCM15 con 3,31, 3,25 y 2,74t·ha⁻¹, respectivamente (Tabla II). En las tres variedades procedentes de fuera del estado de Morelos (TCM16, TCM18 y TCM19) y que se consideraron como testigos, los rendimientos fueron bajos, probablemente por las condiciones del Campo Experimental, que no favorecieron el crecimiento y desarrollo de las plantas. En general, las variedades evaluadas del estado de Morelos alcanzaron menor rendimiento que la variedad 125 (27,83t·ha⁻¹) de la raza Rendidora evaluada en Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco (Santiaguillo *et al.*, 1998). Sin embargo, cinco de los genotipos estudiados superaron a Tamazula SM2 (5,73t·ha⁻¹), Población 3 (7,21t·ha⁻¹) y Población Tecámac (9,63t·ha⁻¹) (Ponce *et al.*, 2012).

En este estudio la variedad de mayor rendimiento (TCM17) no proviene del estado de Morelos y es la única que supera a los promedios de producción nacional (14,82t·ha⁻¹) y estatal; le siguen tres variedades de la entidad, que representan las tres áreas de colecta, donde TCM02 fue la única variedad que superó el rendimiento medio estatal. Las restantes se caracterizan por presentar amplia variabilidad en tamaño, peso y rendimiento de fruto. Esto indica que el germoplasma de tomate de cáscara cultivado por los agricultores de Morelos presenta potencial para ser incluido en programas de mejoramiento genético de forma sistematizada para hábito de crecimiento de planta, tamaño de fruto y peso de fruto, y con base en resultados de investigaciones anteriores se sugiere aplicar métodos genotécnicos de selección e incorporación de genes de variedades foráneas para lograr avances importantes en el rendimiento de la especie.

Agrupación de variedades por métodos multivariados

El análisis de componentes principales determinó las variables que mejor contribuyen a la explicación de la variación

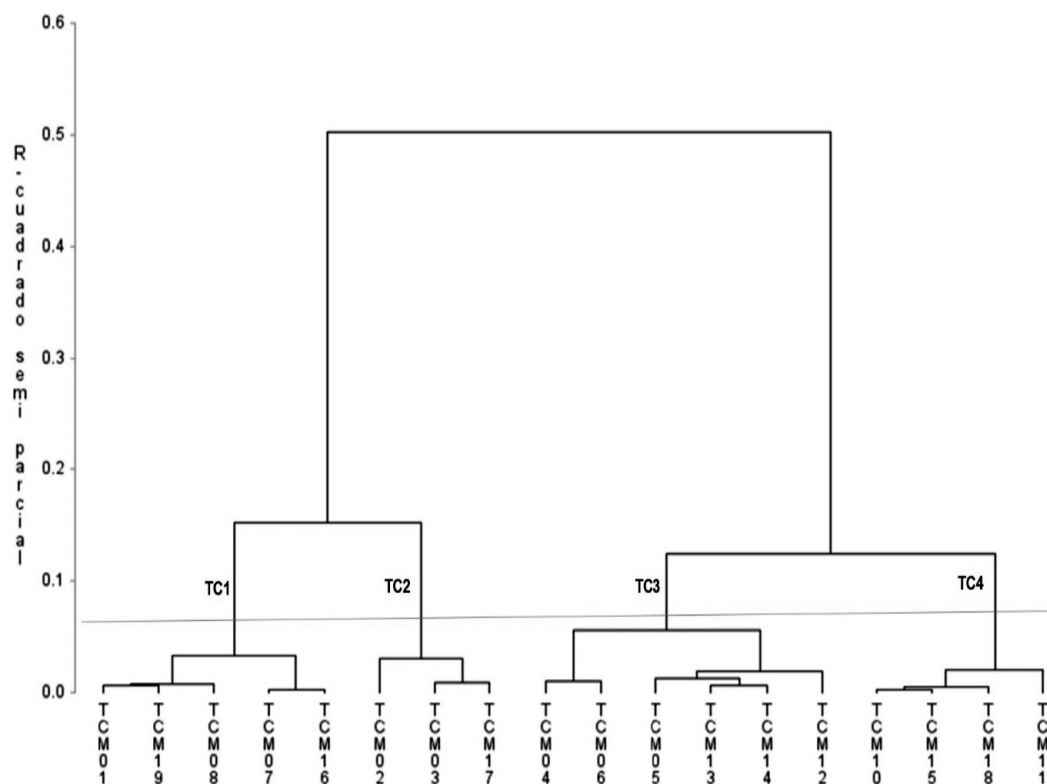


Figura 1. Dendrograma de agrupamiento jerárquico de variedades de tomate de cáscara colectadas en Morelos, México con sus variedades testigos.

presente en el germoplasma de tomate de cáscara en Morelos. El principal y primer componente (CP1) explicó 57% de la variación total y estuvo conformado por el tamaño y peso del fruto y el segundo componente (CP2) con 31% lo integraron el rendimiento de fruto y la altura a la primera bifurcación del tallo. En forma conjunta explicaron 88% de la variación total.

El agrupamiento de las variedades se realizó a través del análisis de conglomerados (Figura 1). La pseudoestadística t^2 de Hotelling (datos no presentados) determinó que el número de grupos a considerar es cuatro, con una r^2 semiparcial de 0,058.

El análisis de varianza respectivo determinó que los cuatro grupos del conglomerado (Figura 1) son estadísticamente diferentes ($P \leq 0,01$). El grupo 1 (TC1) lo integraron las variedades TCM01, TCM19, TCM08, TCM07 y TCM16, las cuales se caracterizaron por tener menor tamaño y peso de fruto. El TC2 lo conformaron las variedades TCM02, TCM03

y TCM17 con menor altura a la primera bifurcación del tallo, pero con mayor rendimiento. El TC3 integrado por las variedades TCM04, TCM05, TCM06, TCM12, TCM13 y TCM14 mostraron mayor tamaño y peso de fruto. Por último, el TC4 se integró por las variedades TCM10, TCM11, TCM15 y TCM18, que presentaron mayor altura a la primera bifurcación del tallo y rendimientos más bajos (Tabla III). Las variedades de mayor interés y que presentaron características

sobresalientes en rendimiento se ubicaron en el grupo 2 y los de mayor tamaño de fruto en el grupo 3. Estas pueden ser progenitoras a partir de las cuales se aplicaría el método de selección con la finalidad de generar variedades superiores.

Los diferentes análisis estadísticos confirmaron la existencia de una amplia variación genética en altura a la primera bifurcación del tallo, tamaño de fruto y rendimiento de fruto en el germoplasma evaluado de tomate de cáscara, lo cual cons-

TABLA III
COMPARACIÓN DE MEDIAS ENTRE GRUPOS DE TOMATE DE CÁSCARA DEFINIDOS POR EL ANÁLISIS DE CONGLOMERADOS

Grupo	APB (cm)	DPF (mm)	DEF (mm)	PF (g)	RTO (t ha ⁻¹)
TC1	17.28 bc	24.42 c	26.55 b	10.13 b	4.92 bc
TC2	12.36 c	30.18 b	32.83 b	17.64 b	13.44 a
TC3	18.69 b	41.32 a	48.36 a	51.96 a	9.22 ab
TC4	24.66 a	38.52 a	46.11 a	41.73 a	4.29 c

APB: altura a la primera bifurcación del tallo, DPF: diámetro polar del fruto, DEF: diámetro ecuatorial del fruto, PF: peso de fruto, RTO: rendimiento.

*Valores con letras diferentes dentro de columnas indican diferencias significativas (Tukey, $P \leq 0,05$).

tituye la materia prima base para realizar trabajos de mejoramiento genético en la especie. Particularmente, el rendimiento se puede incrementar rápidamente con la introducción de variedades foráneas como la TCM17.

Conclusiones

Las variedades de tomate de cáscara manifestaron diferencias en los caracteres evaluados, que derivaron cuatro diferentes grupos clasificados con base en altura a la primera bifurcación del tallo, características de fruto y rendimiento. En general, el mayor rendimiento se obtuvo en plantas con menor altura a la primera bifurcación del tallo y se identificó que la variedad TCM04 produce mayor tamaño y peso de fruto, TCM17 superó a las medias nacional y estatal en rendimiento y TCM02 rebasó a la media estatal. La variabilidad presente en el germoplasma de tomate de cáscara cultivado por los agricultores de Morelos tiene el potencial para ser considerado en programas de mejoramiento genético de forma sistematizada.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo económico proporcionado por el INIFAP a través del proyecto de investigación N° SIGI 15342933003.

REFERENCIAS

- García E (1981) Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la república mexicana). CETENAL-UNAM. México. 252 pp.
- Güemes GM, Inoue K (2001) Producción de semilla de alta calidad de tomate de cáscara variedad "Rendidora". Campo Experimental Zacatepec, INIFAP. México. 7 pp.
- Jiménez SE, Robledo TV, Benavides MA, Ramírez GF, Ramírez RH, de la Cruz RE (2012) Calidad de fruto de genotipos tetraploides de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Univers. Cienc.* 28: 153-161.
- Johnson DE (2000) *Métodos Multivariados Aplicados al Análisis de Datos*. Thomson. México. 566 pp.
- López LR, Arteaga RR, Vázquez PM, López CI, Sánchez CI (2009) Producción de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) basado en láminas de riego y acolchado plástico. *Rev. Chapingo Ser. Hort.* 15: 83-89.
- Magaña LN, Santiaguillo HJ, Grimaldo JO (2011) *Mejoramiento Participativo de Tomate de Cáscara como Estrategia de Conservación in situ*. Folleto Técnico N° 48. INIFAP, México. 24 pp.
- Moreno MM, Peña LA, Sahagún CJ, Rodríguez PJ, Mora AR (2002) Varianza aditiva, heredabilidad y correlaciones en la variedad M1-Fitotecnia de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Rev. Fitotec. Mex.* 25: 231-237.
- Pandey KK (1957) Genetics of self incompatibility in *Physalis ixocarpa* Brot.: a new system. *Am. J. Bot.* 44: 879-887.
- Peña LA, Molina GJ, Cervantes ST, Márquez SF, Sahagún CJ, Ortiz CJ (1998) Heterosis intervarietal en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Rev. Chapingo Ser. Hort.* 4: 31-37.
- Peña LA, Molina GJ, Márquez SF, Sahagún CJ, Ortiz CJ, Cervantes ST (2002) Respuestas estimadas y observadas de tres métodos de selección en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Rev. Fitotec. Mex.* 25: 171-178.
- Peña LA, Mejía A, Rodríguez M, Carballo A, Rodríguez J, Moreno M (2004) Parámetros genéticos en la variedad CHF1 de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Rev. Fitotec. Mex.* 27: 1-7.
- Peña LA, Molina GJ, Sahagún CJ, Ortiz CJ, Márquez SF, Cervantes ST, Santiaguillo HJ (2008) Parámetros genéticos de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) variedad Verde Puebla. *Rev. Chapingo Ser. Hort.* 14: 5-11.
- Peña LA, Guerrero RH, Rodríguez PJ, Sahagún CJ, Magaña LN (2013) Selección temprana en familias de medios hermanos maternos de tomate de cáscara de la raza Puebla. *Rev. Chapingo Ser. Hort.* 19: 5-13.
- Peña LA, Ponce VJ, Sánchez del CF, Magaña LN (2014) Desempeño agronómico de variedades de tomate de cáscara en invernadero y campo abierto. *Rev. Fitotec. Mex.* 37: 381-391.
- Pérez ML, Castañeda CC, Ramos TM, Tafuya RJ (2014) Control químico preemergente de la maleza en tomate de cáscara. *Interciencia* 39: 422-427.
- Ponce VJ, Peña LA, Sánchez del CF, Rodríguez PJ, Mora AR, Castro BR, Magaña LN (2011) Evaluación de podas en dos variedades de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.) cultivado en campo. *Rev. Chapingo Ser. Hort.* 17: 151-160.
- Ponce VJ, Peña LA, Rodríguez PJ, Mora AR, Castro BR, Magaña LN (2012) Densidad y poda en tres variedades de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.) cultivado en invernadero. *Rev. Chapingo Ser. Hort.* 18: 325-332.
- Ramírez GF, Robledo TV, Reyes VM, Escobedo BL, Torres TM, García OH (2015) Estudio histológico y morfológico de plantas autotetraploides y diploides de tomate de cáscara. *Rev. Mex. Cs. Agric.* 12: 2291-2299.
- Sahagún CJ, Gómez RF, Peña LA (1999) Efectos de aptitud combinatoria en poblaciones de tomate de cáscara. *Rev. Chapingo Ser. Hort.* 5: 19-23.
- Santiaguillo HJ, Peña A, Montalvo D (1998) Evaluación de variedades de tomate de cáscara (*Physalis* spp.) en Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco. *Rev. Chapingo Ser. Hort.* 4: 83-88.
- Santiaguillo HJ, Cervantes ST, Peña LA (2004) Selección para rendimiento y calidad de fruto de cruza planta x planta entre variedades de tomate de cáscara. *Rev. Fitotec. Mex.* 27: 85-91.
- Santiaguillo HJ, Blas YS (2009) Aprovechamiento tradicional de las especies de *Physalis* en México. *Rev. Geogr. Agric.* 43: 81-86.
- Santiaguillo HJ, Vargas PO, Grimaldo JO, Magaña LN, Caro VF, Peña LA, Sánchez MJ (2012) *Perfil del Diagnóstico de la Red Tomate de Cáscara*. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo. México. 46 pp.
- Saray MC, Palacios AA, Villanueva NE (1978) "Rendidora" Nueva Variedad de Tomate de Cáscara. Campo Experimental Zacatepec. INIA-SARH. 8 pp.
- SAS (2000) *SAS® Procedure Guide, Version 8*. SAS Institute Inc. Cary, NC, EEUU. 1643 pp.
- SIAP-SAGARPA (2015) *Resumen Nacional de Avances Agrícolas por Estado. Producción Anual. Cierre de la Producción Agrícola por Cultivo*. Sistema de Información Agrícola y Pecuaria. Secretaría de Agricultura, Gadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México. www.siap.gob.mx.