

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y AGRONÓMICA DE GERMOPLASMA DE TOMATE NATIVO DEL SUR DE MÉXICO

MORPHOLOGICAL AND AGRONOMIC CHARACTERIZATION OF TOMATO GERMPLASM NATIVE TO SOUTHERN MEXICO

Jaime Canul-Ku^{1*}, Enrique González-Pérez², Edwin Javier Barrios-Gómez¹, José Luis Pons-Hernández² y Sandra Eloísa Rangel-Estrada¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Zacatepec, Zacatepec, Morelos, México.
²INIFAP, Campo Experimental Bajío, Celaya, Guanajuato, México.

*Autor de correspondencia (canul.jaime@inifap.gob.mx)

RESUMEN

Para establecer un programa de mejoramiento genético de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) se requiere tener acceso a germoplasma que contenga genes de interés comercial y valor nutricional; previamente, se deben conocer las características y atributos de cada población, lo cual se logra con la caracterización. Con base en lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar la diversidad morfológica y agronómica de 20 accesiones de tomate nativo del sur de México e identificar aquellas promisorias para conservarlas y usarlas en mejoramiento genético. Las poblaciones se establecieron bajo un diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones. Se registraron 18 caracteres de planta, flor, fruto y fenología. La información obtenida se sometió a análisis de varianza, de componentes principales y de conglomerados. El 82.3 % de la variación morfo-agronómica total se explicó con los tres primeros componentes principales. Los caracteres con mayor valor descriptivo de la variabilidad fueron estructuras florales, tamaño y peso de fruto, rendimiento por planta, longitud de nudos, altura de la planta hasta el primer racimo y precocidad. El análisis de conglomerados y de componentes principales permitió la identificación de cinco grupos. Se identificaron seis poblaciones sobresalientes con los mayores promedios en estructura de la flor, largo de fruto, peso de fruto y rendimiento de fruto por planta.

Palabras clave: *Solanum lycopersicum*, mejoramiento genético, poblaciones nativas, variación.

SUMMARY

To establish a breeding program in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) it is necessary to have access to germplasm that contains genes of commercial interest and nutritional value; previously, the characteristics and attributes of each population should be known, which is achieved through characterization. Based on the above-mentioned, the objective of this study was to evaluate the morphological and agronomic diversity of 20 tomato accessions native to Southern Mexico and to identify those that show promise for conservation and use in genetic improvement. The populations were established under a completely randomized experimental design with three replications. Eighteen characters of plant, flower, fruit and phenology were recorded. The information obtained was subjected to analyses of variance, principal component and cluster. A proportion of 82.3 % of the total morpho-agronomic variation was explained by the first three principal components. Characters with the highest descriptive value of variability were floral structures, fruit size and weight, yield per plant, node length, plant height to the first cluster and earliness.

Recibido: 30 de abril de 2021

Aceptado: 02 de noviembre de 2021

The cluster and principal component analyses allowed the identification of five groups. Six outstanding populations with the highest averages in flower structure, fruit length, fruit weight and fruit yield per plant were identified.

Index words: *Solanum lycopersicum*, genetic improvement, native populations, variation.

INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una de las hortalizas que más se consumen en el mundo (FAO, 2020). La popularidad de su consumo se debe a que se emplea en diferentes guisos y platillos, ya sea en estado fresco o industrializado. Con el incremento poblacional en las siguientes décadas habrá mayor demanda de productos alimenticios frescos o procesados (Melotto et al., 2020), lo que generará mayor economía en la producción y comercialización de productos primarios de origen vegetal, y se vería reflejado en aumento en las fuentes de trabajo.

En México, en los diferentes sistemas de producción con mayor superficie cultivada de tomate se emplean variedades mejoradas importadas, por lo que existe un alto grado de dependencia del germoplasma foráneo, lo que propicia fuga de divisas (Salgado-Meraz et al., 2018).

En varias regiones de México aún persisten y se manejan poblaciones nativas de especies cultivadas en sistemas tradicionales, el tomate es uno de los más notorios (Chávez et al., 2011). Se trata de un cultivo que se ha adaptado a diversas condiciones agroclimáticas y sistemas de producción, lo cual se ha demostrado en varios estudios; asimismo, se ha reportado la existencia de especies silvestres (Álvarez-Hernández et al., 2009; Chávez et al., 2011) y poblaciones nativas (Bonilla-Barrientos et al., 2014) en la República Mexicana, que tienen potencial como fuente de variabilidad genética.

A pesar de la disponibilidad de germoplasma, el mejoramiento genético de tomate en México no ha sido atendido de manera sistemática, ni por instituciones del gobierno ni por centros públicos de investigación (Salgado-Meraz *et al.*, 2018), siendo así que la generación tanto de híbridos como de variedades mejoradas de tomate en el país es nula (SNICS, 2020).

El mejoramiento genético de cualquier especie vegetal debe partir de una amplia base genética; ésta se encuentra en diferentes fuentes y una de las más importantes son las poblaciones nativas y los parientes silvestres (Marín-Montes *et al.*, 2020). Diversos autores han señalado que el tomate presenta limitantes en su proceso de mejora debido a la reducida variación genética que posee (Marín-Montes *et al.*, 2019; Salgado-Meraz *et al.*, 2018); ésto representa un riesgo mayor porque la ganancia genética en los ciclos de mejoramiento subsecuentes sería muy reducida. Para ampliar la base genética existen diversas estrategias, entre las que destacan la recolecta de germoplasma nativo y silvestre (Marín-Montes *et al.*, 2019), e incluso el uso de mutágenos.

El manejo de los materiales nativos de tomate por agricultores ha conducido a la acumulación de genes que controlan diversos caracteres de interés antropocéntrico (Carrillo-Rodríguez *et al.*, 2019); en cambio, durante el proceso de generación de variedades comerciales se fueron eliminando genes, de tal forma que su variabilidad genética se ha reducido, lo que ha impactado negativamente en la calidad funcional y nutraceutica del tomate y otras especies (Ebert, 2020). La actual preferencia de los consumidores por alimentos orgánicos, nutraceuticos, de mayor calidad y libres de residuos químicos es una condición que debe aplicarse en la mejora genética del tomate. En este sentido, en tomate se debe iniciar el proceso de mejora genética con la recolección de germoplasma, ya sea silvestre o nativo. El valor de la colección radica en el conocimiento específico de sus características fenotípicas y genéticas, mismas que requieren conocerse de manera detallada mediante evaluaciones de tipo agronómico, morfológico, molecular y genómico.

A México no se le considera centro de origen del tomate, pero si como el espacio geográfico de domesticación y diversificación (Peralta y Spooner, 2007), por lo que se infiere que posee amplia variabilidad genética (Blanca *et al.*, 2012), razón por la cual se llevó a cabo este estudio con el objetivo de evaluar la diversidad morfológica y agronómica de 20 accesiones de tomate nativo del sur de México e identificar las promisorias para usarlas en mejoramiento genético y promover su conservación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio experimental

La investigación se llevó a cabo en el Campo Experimental Zacatepec del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en Zacatepec de Hidalgo, Morelos, México, en las coordenadas 18° 39' 16" N y 99° 11' 54" O, a una altitud de 910 msnm, con clima cálido subhúmedo, lluvias en verano, precipitación anual promedio de 800 mm y temperatura anual promedio de 24 °C (García, 1981).

Material genético

Se evaluaron 20 poblaciones de tomate provenientes de los estados de Campeche (3), Morelos (1), Oaxaca (3), Puebla (9), Tabasco (1) y Veracruz (3), México (Cuadro 1). Las semillas de las poblaciones fueron recolectadas en diferentes años y conservadas a temperatura de 5 °C.

Manejo experimental de las poblaciones

Las 20 poblaciones de tomate, que fueron consideradas como los tratamientos, se establecieron en un invernadero modificado con techo plástico y paredes laterales cubiertas por malla, con temperatura promedio de 20 °C y humedad relativa de 79.1 %, durante el ciclo otoño-invierno (septiembre a diciembre) de 2019, bajo un diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones, cada unidad experimental constó de ocho plantas establecidas en macetas de plástico de 30.48 cm de diámetro y 24 cm de altura.

La siembra se realizó el 3 de septiembre de 2019 en charolas de poliestireno de 50 cavidades con sustrato comercial Sunshine Mix® No. 3. En cada cavidad se depositaron dos semillas y se colocaron bajo condiciones ambientales de 26 °C y 70 % de humedad relativa durante cuatro días. Cuando la planta presentó la cuarta hoja verdadera, 28 días después de la siembra, se trasplantó en macetas con sustrato a base de ocochal (hojarasca de ocote descompuesta), atocle (suelo de vega de río) y polvillo de coco en block ¾ Pelemix® en proporción 60:20:20 v/v/v. La planta se formó y tuteó a un solo tallo con rafia para soporte en la etapa de crecimiento vegetativo y fructificación. El control de mosca blanca se realizó con la aplicación de 1.5 g L⁻¹ de Confidor® (Imidacloprid) y de 4 g L⁻¹ de sulfato de cobre contra tizón, ambos en forma preventiva. El riego de las plantas fue con un sistema por goteo y se aplicó solución nutritiva a base de nitrato de potasio (0.22 g L⁻¹), fosfato monopotásico (0.21 g L⁻¹), Kelatex® (0.032 g L⁻¹) y ácido nítrico (0.25 g L⁻¹).

Caracterización morfológica

En cinco plantas con competencia completa en cada unidad experimental se midieron la longitud del primer entrenudo (cm), la distancia de la base de la planta al primer racimo (cm), la distancia del primero al segundo racimo (cm), la distancia del segundo al tercer racimo (cm) y el diámetro de tallo (mm). Se contaron el número de nudos de la base de la planta al primer racimo, número de inflorescencias, número de flores por inflorescencia y número de frutos por planta. En flores del segundo racimo se midió la longitud de estambre (mm), de pétalo (mm), sépalo (mm) y pedicelo (mm). En todos los frutos de los tres primeros racimos se midió el ancho (cm), la longitud (cm) y se registró el peso (g) en una balanza digital (Ohaus®, Parsippany, New Jersey, EUA), con este valor de peso se estimó el rendimiento de fruto por planta. Para determinar la precocidad de las accesiones se contabilizaron los días transcurridos desde el trasplante hasta que se alcanzó 50 % de la floración del primer racimo.

Análisis estadístico

La información se analizó mediante análisis de varianza. Para la comparación de medias, para separar a las accesiones, se aplicó la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Con los promedios estandarizados de las variables evaluadas se realizó 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 t^2 de Hotelling (Johnson, 2000) y se confirmó la diferencia estadística con el análisis de varianza. Todos los análisis se llevaron a cabo con el paquete estadístico SAS Versión 8 (SAS Institute, 2000).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de varianza

Con el análisis de varianza se detectaron diferencias estadísticas significativas entre las poblaciones en todas

Cuadro 1. Origen de las poblaciones de tomate nativo evaluadas en el ciclo otoño-invierno 2019. Zinacatepec, Morelos, México.

Clave	Forma de fruto	Municipio	Estado
JCM01	Riñón	Dzitbalché	Campeche
JCM02	Riñón	Huauchinango	Puebla
JCM03	Riñón	Tlacolula	Oaxaca
JCM04	Riñón	Poza Riza	Veracruz
JCM05	Cherry grande	Xoxocotla	Morelos
JCM06	Cherry	Tlacolula	Oaxaca
JCM07	Riñón	Teapa	Tabasco
JCM08	Medio riñón	Dzitbalché	Campeche
JCM09	Medio Saladete	Tlacolula	Oaxaca
JCM10	Riñón	Huauchinango	Puebla
JCM11	Riñón	Xitlala	Puebla
JCM12	Riñón	Zozocolco de Hidalgo	Veracruz
JCM13	Cherry	Zozocolco de Hidalgo	Veracruz
JCM14	Chino criollo	Altepexi	Puebla
JCM15	Chino criollo	Altepexi	Puebla
JCM16	Chino criollo	San Sebastián Zinacatepec	Puebla
JCM17	Chino criollo	San José Miahuatlán	Puebla
JCM18	Chino criollo	San Sebastián, Tehuacán	Puebla
JCM19	Chino criollo	Tlacolitros, Zinacatepec	Puebla
JCM20	Riñón	Dzitbalché	Campeche

las variables registradas, excepto en el diámetro de tallo. El coeficiente de variación fue de 1.43 a 33 %; los valores más altos se presentaron en el número de flores por inflorescencia, rendimiento de frutos por planta y longitud del primer entrenudo (Cuadro 2); ésto indicó la variación fenotípica presente en las poblaciones de tomate evaluadas. Valores altos de coeficientes de variación en número de flores por racimo, peso medio de frutos, frutos por racimo y total de frutos al quinto racimo fueron reportados por Carrillo y Chávez (2010) en accesiones del estado de Oaxaca. En otro estudio con 40 colectas de tomate nativo de los estados de Oaxaca y Puebla se reportó el mayor coeficiente de variación de 39.7 % en número de lóculos (Bonilla-Barrientos *et al.*, 2014). En estas investigaciones los autores señalaron que la variación genética representa la materia prima para la mejora genética de la especie.

La mayor cantidad de inflorescencias la presentó la población JCM06, estadísticamente similar a otras tres poblaciones. En el número de flores por inflorescencia, el mayor promedio se obtuvo en la población JCM01, estadísticamente igual que otras 11 poblaciones (Cuadro 3).

En peso de fruto, siete poblaciones mostraron superioridad (Cuadro 3). En comparación con lo reportado por Carrillo-Rodríguez *et al.* (2019), los promedios obtenidos en el presente estudio fueron inferiores, estos autores reportaron peso de fruto de 192 g. El mayor tamaño de fruto en términos de longitud fue obtenido en seis poblaciones (Cuadro 3). Estos mismos autores reportaron la mayor longitud de fruto en poblaciones nativas de Oaxaca (5.47 cm), que es inferior a lo obtenido en el presente estudio, donde el mayor promedio fue de 6.3 cm.

Las poblaciones JCM08, JCM10 y JCM18 presentaron el mayor ancho de fruto, pero fueron estadísticamente similares a otras cinco poblaciones (Cuadro 3). Estos resultados son inferiores a los reportados por Carrillo-Rodríguez *et al.* (2019) en poblaciones nativas de Oaxaca, donde el mayor ancho registrado fue de 9.7 cm. La mayor cantidad de frutos por planta se obtuvo en la población JCM13, que es un material silvestre del estado de Veracruz (Cuadro 3); este resultado coincide con lo obtenido por Salgado-Meraz *et al.* (2018), quienes mencionaron que esta

Cuadro 2. Cuadrados medios, promedios y coeficiente de variación de variables evaluadas en 20 poblaciones de tomate nativo en el ciclo otoño-invierno de 2019. Campo Experimental Zacatepec, Morelos, México.

Variable	CM	Promedio	CV (%)
Longitud primer entrenudo (cm)	3.35*	5.68	23.28
Altura de la base al primer racimo (cm)	210.84**	55.72	6.32
Distancia del 1er racimo al 2do racimo (cm)	37.52**	24.52	10.98
Distancia del 2do racimo al 3er racimo (cm)	54.20**	24.58	13.77
Diámetro de tallo (mm)	1.30 ^{NS}	10.93	8.14
Nudos de la base al 1er racimo	2.18**	10.36	9.04
Días a 50 % de floración del primer racimo	5.45**	53.90	1.43
Número de inflorescencias	4.51**	6.64	13.35
Número de flores por inflorescencia	59.55**	12.35	33.09
Longitud del estambre (mm)	1.82**	8.23	5.74
Longitud del pétalo (mm)	12.24**	16.75	10.82
Longitud del sépalo (mm)	47.46**	12.51	11.43
Longitud de pedicelo (mm)	8.21**	6.65	10.14
Peso promedio del fruto (g)	5227**	65.46	17.31
Longitud promedio del fruto (cm)	782**	3.97	6.24
Ancho promedio del fruto (cm)	495**	4.40	6.34
Número de frutos por planta	58.06**	15.95	18.81
Rendimiento de fruto por planta (g)	792665**	922.9	24.65

CM: cuadrados medios, CV: coeficiente de variación, *: significativo con $P \leq 0.05$, **: significativo con $P \leq 0.01$, NS: no significativo.

Cuadro 3. Comparación de medias de siete caracteres de inflorescencia y fruto en poblaciones de tomate nativo en el ciclo otoño-invierno de 2019. Campo Experimental Zacatepec, Morelos, México.

Población	NI	NFI	PF (g)	LF (cm)	AF (cm)	NFP	RTO (g)
JCM01	7.0 bcd	22.2 a	57.1 c	3.0 def	4.7 bcd	16.8 a-d	1017 b-g
JCM02	6.5 bcd	18.4 ab	44.7 cd	3.3 b-f	4.1 de	21.0 ab	934 c-h
JCM03	6.1 bcd	14.5 ab	37.8 cde	3.0 c-f	3.9 de	21.8 ab	738 e-i
JCM04	6.0 bcd	18.2 ab	42.0 cd	3.3 b-f	4.0 de	21.0 ab	900 d-h
JCM05	6.2 bcd	14.8 ab	62.7 bc	3.5 bcd	4.6 cd	7.5 e	436 g-j
JCM06	10.0 a	9.5 b	2.0 f	1.4 g	1.4 g	16.3 a-e	33 j
JCM07	6.4 bcd	16.2 ab	42.4 cd	3.2 b-f	4.1 de	14.1 a-e	597 f-j
JCM08	6.2 bcd	7.1 b	95.3 ab	3.9 b	5.8 a	13.2 b-e	1282 a-f
JCM09	7.1 bcd	9.0 b	17.6 def	2.7 ef	2.9 f	15.8 a-e	294 hij
JCM10	6.5 bcd	6.4 b	102.9 a	3.8 bc	5.8 a	8.4 de	896 d-h
JCM11	8.3 abc	11.4 ab	21.41 def	2.7 ef	3.2 ef	18.4 abc	392 g-j
JCM12	7.7 abcd	18.0 ab	38.3 cde	2.6 f	4.1 d	21.0 ab	824 d-h
JCM13	8.6 ab	8.2 b	3.7 ef	1.7 g	1.7 g	23.3 a	87 ij
JCM14	5.6 cd	9.4 b	111.8 a	6.0 a	5.3 abc	12.5 b-e	1418 a-e
JCM15	5.5 d	8.9 b	107.2 a	5.9 a	5.2 abc	11.5 cde	1279 a-f
JCM16	5.4 d	9.3 b	120.3 a	6.2 a	5.5 ab	13.2 b-e	1614 abc
JCM17	5.2 d	9.8 ab	112.2 a	6.2 a	5.5 ab	12.8 b-e	1450 a-d
JCM18	5.7 cd	10.8 ab	121.0 a	6.3 a	5.6 a	16.3 a-e	1664 ab
JCM19	5.4 d	9.9 ab	121.4 a	6.2 a	5.5 ab	14.5 a-e	1726 a
JCM20	6.8 bcd	14.4 ab	46.47 cd	3.4 bcde	4.2 d	18.3 abc	868 d-h

NI: número de inflorescencias, NFI: número de flores por inflorescencia, PF: peso de fruto, LF: longitud de fruto, AF: ancho de fruto, NFP: número de frutos por planta, RTO: rendimiento de fruto por planta. Medias con la misma letra en las columnas son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$).

característica favorable es distintiva de las poblaciones silvestres.

El mayor rendimiento de fruto por planta se alcanzó en la población JCM19, que fue estadísticamente igual a otras seis poblaciones (Cuadro 3). Salgado-Meraz *et al.* (2018) reportaron mayor rendimiento de fruto, 2453 g por planta, muy superior a lo obtenido en el presente estudio; asimismo, Carrillo-Rodríguez *et al.* (2019) observaron un rendimiento de fruto por planta de 2059 g. En otros estudios con poblaciones nativas de tomate, Marín-Montes *et al.* (2019) reportaron los mayores promedios con valores de 6.39 cm de longitud de fruto, 5.74 cm en ancho de fruto, peso promedio de fruto de 83.14 g y rendimiento de fruto por planta de 257 g. Por su parte, las poblaciones JCM06 y JCM13 mostraron los menores promedios en número de flores por inflorescencia, peso, tamaño y rendimiento de fruto por planta (Cuadro 3).

Análisis de componentes principales

En el análisis multivariado de componentes principales (CP) se encontró que el 82.35 % de la variación morfagrónómica total se explicó con los tres primeros componentes. Las variables con mayor valor descriptivo de la variabilidad en el CP1 fueron características relacionadas con estructuras florales, tamaño y peso de fruto, así como el rendimiento por planta; en el CP2 influyeron principalmente longitud de nudos y altura de la planta hasta el primer racimo y en el CP3 la precocidad de los materiales (Cuadro 4). La variación explicada por los tres primeros componentes en este estudio fue similar a lo reportado por Carrillo y Chávez (2010) en materiales de Oaxaca con 86.25 %. Marín-Montes *et al.* (2019) en un estudio con 26 accesiones de tomate provenientes de los estados de Puebla, Oaxaca y Veracruz indicaron que la variación fenotípica explicada con los tres primeros componentes fue de 81.5 %. En otro estudio

con 40 accesiones de tomates nativos de los estados de Oaxaca y Puebla, México se encontró que los dos primeros componentes principales explicaron 77.03 % de la variación total (Bonilla-Barrientos *et al.*, 2014). En todos estos estudios los caracteres con mayor valor descriptivo fueron similares y se refieren a tamaño de planta, floración, tamaño de fruto y rendimiento de fruto por planta.

La representación de la diversidad se muestra en la Figura 1, empleando los dos primeros componentes principales. En el cuadrante IV se agruparon siete poblaciones que se caracterizaron por mayor peso, tamaño y rendimiento de fruto por planta, así como mayor tamaño de estructuras florales. En el cuadrante III se ubicaron dos grupos, uno formado por JCM06 y JCM13, los cuales se caracterizaron por menor tamaño, peso y rendimiento de fruto, mientras que el otro fue conformado por JCM10 con mayor peso y ancho de fruto. En el centro de los cuadrantes se concentraron cinco poblaciones con promedios intermedios en tamaño y rendimiento de fruto por planta. Por último, en la parte superior del cuadrante II se localizaron cinco poblaciones con la mayor altura de la base de la planta al primer racimo, mayor longitud y cantidad de nudos al primer racimo.

Con base en análisis de componentes principales, Bonilla-Barrientos *et al.* (2014) identificaron cuatro grupos de diversidad; en cambio, Sanjuan-Lara *et al.* (2014)

reportaron seis grupos en 120 familias derivadas de una población nativa. Las diferencias con este trabajo se explican por los patrones propios de variación genética del germoplasma evaluado.

Análisis de conglomerados

En este análisis se encontraron dos grandes grupos, uno conformado por tres subgrupos y el otro por dos. El análisis de varianza respectivo determinó que los cinco grupos del conglomerado (Figura 2) son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.01$).

El Grupo 1, integrado por tres accesiones, se caracterizó por tener el mayor valor en los caracteres de altura de la base al primer racimo, distancia entre los racimos 2 y 3, distancia entre los nudos, número de inflorescencias y flores por inflorescencia. El Grupo 2, conformado por siete accesiones, presentó la segunda mayor distancia de la base de la planta al primer racimo, en la cantidad de nudos, número de flores por inflorescencia, y el segundo más tardío en días a floración. El Grupo 3 aglomeró a dos accesiones que sobresalieron en ancho de fruto, pero con el menor número de flores por inflorescencia; el segundo con la mayor longitud de estambre, longitud de pétalo, longitud de sépalo y longitud de pedicelo; también el segundo en peso, largo de fruto y rendimiento de fruto por planta. Al Grupo 4 lo integraron dos accesiones tipo cereza, que se

Cuadro 4. Variables de mayor valor descriptivo, varianza acumulada, vectores y valores propios en el análisis de componentes principales (CP) de tomate nativo en el ciclo otoño-invierno de 2019. Campo Experimental Zacatepec, Morelos, México.

Variables	CP1	CP2	CP3
Longitud primer entrenudo (cm)	-0.0008	0.4258	0.0615
Altura de la base al primer racimo (cm)	0.1366	0.4055	-0.0234
Nudos de la base al 1er racimo	0.0973	0.4308	-0.2394
Días a 50 % de floración del primer racimo	0.1974	0.0035	-0.5972
Número de inflorescencias	-0.2929	0.0140	0.4119
Longitud del estambre (mm)	0.3032	-0.0208	0.1500
Longitud del pétalo (mm)	0.3066	-0.1013	0.1306
Longitud del sépalo (mm)	0.3065	-0.1594	0.0278
Peso promedio del fruto (g)	0.3141	-0.1292	0.0204
Longitud promedio del fruto (cm)	0.3015	-0.0297	-0.1351
Ancho promedio del fruto (cm)	0.3117	-0.0266	0.0588
Rendimiento de fruto por planta (g)	0.3117	-0.0266	0.0588
Valores propios	8.92	3.97	1.09
Varianza explicada (%)	52.50	23.38	6.46
Varianza acumulada (%)	52.50	75.88	82.35

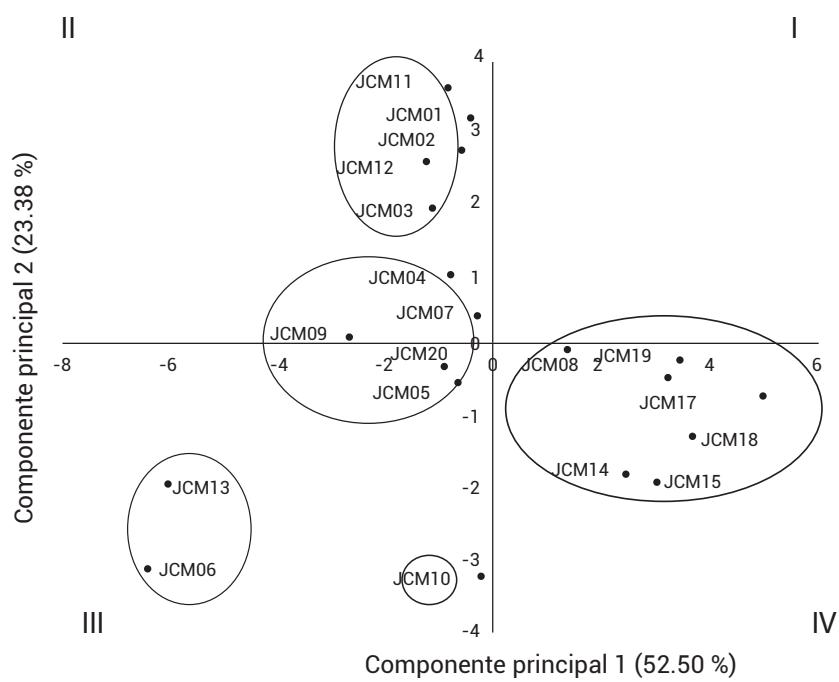


Figura 1. Dispersión de 20 poblaciones nativas de tomate sobre el plano determinado por los primeros dos componentes principales. Ciclo otoño-invierno de 2019, Campo Experimental Zacatepec, Morelos, México.

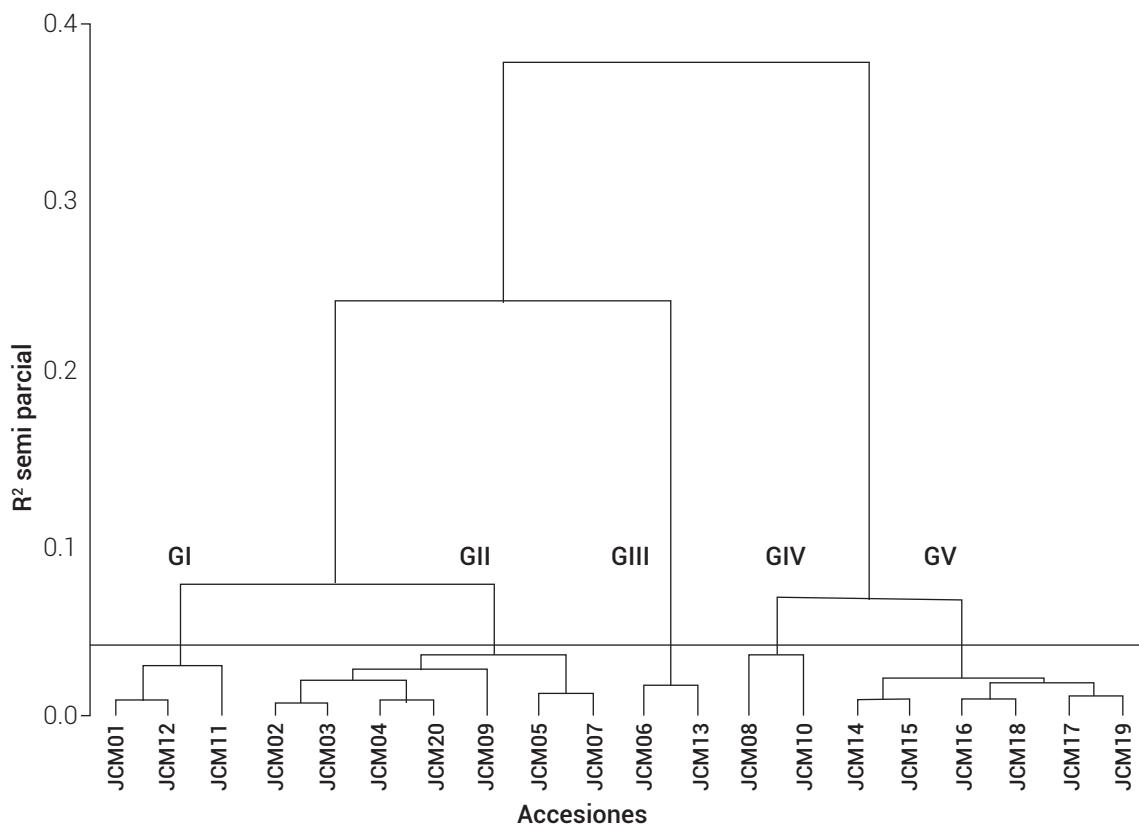


Figura 2. Dendrograma de 20 poblaciones de tomate nativo evaluadas en el ciclo otoño-invierno de 2019. Campo Experimental Zacatepec, Morelos, México.

caracterizaron por presentar los promedios más bajos en caracteres de fruto, estructura de la flor, rendimiento, y fueron precoces; sin embargo, produjeron gran cantidad de frutos. El Grupo 5 integró a seis accesiones, presentó los mayores promedios en estructura de la flor, largo de fruto, peso de fruto, rendimiento de fruto por planta, fueron tardíos y tuvieron el menor número de inflorescencias (Cuadro 5).

Los análisis estadísticos univariado y multivariado confirmaron la existencia de una amplia variación morfológica en las poblaciones de tomate evaluados en este estudio. Esta variación coincide con lo obtenido en 49 muestras poblacionales de tomates silvestres y semidomesticadas procedentes del estado de Oaxaca (Carrillo y Chávez, 2010). También, son similares a los resultados obtenidos en la evaluación morfológica y agronómica de muestras procedentes del Centro y Sureste de México, donde se identificaron materiales locales con alta variabilidad fenotípica (Vásquez-Ortiz *et al.*, 2010); asimismo, permitió la identificación de poblaciones con características sobresalientes en tamaño, peso y

rendimiento de fruto por planta, como lo señalan Bonilla-Barrientos *et al.* (2014), los cuales podrían utilizarse directamente como variedades para los mercados locales y regionales, o como fuente de genes para el mejoramiento genético, que aún no se aborda de manera sistematizada en México.

CONCLUSIONES

En la muestra de poblaciones nativas de tomate estudiadas la variación existente se basa principalmente en caracteres relacionados con la planta, precocidad, tamaño de fruto y rendimiento. Las variables con mayor valor descriptivo de la variabilidad fueron estructuras florales, tamaño y peso de fruto, rendimiento por planta, longitud de nudos y altura de la planta hasta el primer racimo y precocidad. Se determinó la estructura de agrupamiento de las accesiones estudiadas en dos grandes grupos, uno conformado por tres subgrupos y el otro por dos. Se identificaron seis poblaciones con los mayores promedios en estructura de la flor, largo de fruto, peso de fruto y rendimiento de fruto por planta.

Cuadro 5. Valores promedio de variables en cinco grupos formados con el análisis de conglomerados de poblaciones de tomate nativo en el ciclo otoño-invierno de 2019. Campo Experimental Zacatepec, Morelos, México.

Variables	GI	GII	GIII	GIV	GV
Longitud primer entrenudo (cm)	6.98	5.85	5.65	4.65	5.20
Altura de la base al primer racimo (cm)	65.52	57.69	50.95	38.57	55.82
Distancia del 1er al 2do racimo (cm)	28.87	22.70	23.89	18.53	26.69
Distancia del 2do al 3er racimo (cm)	30.61	24.11	21.80	17.27	25.50
Nudos de la base al 1er racimo	11.1	10.8	9.8	8.6	10.1
Días a 50 % de floración del primer racimo	52	54	53	51	54
Número de inflorescencias	7.7	6.4	6.4	9.3	5.5
Número de flores por inflorescencia	17.2	15.1	6.7	8.9	9.7
Longitud del estambre (mm)	8.13	8.01	8.60	6.54	8.98
Longitud del pétalo (mm)	16.12	16.05	16.64	13.42	19.06
Longitud del sépalo (mm)	10.68	10.75	11.03	7.05	17.82
Longitud de pedicelo (mm)	6.13	5.80	6.13	4.68	8.76
Peso promedio del fruto (g)	38.98	42.00	99.13	2.93	115.70
Longitud promedio del fruto (cm)	2.80	3.27	3.88	1.57	6.20
Ancho promedio del fruto (cm)	4.06	4.00	5.84	1.60	5.49
Número de frutos por planta	18.7	17.1	10.8	19.8	13.6
Rendimiento de fruto por planta (g)	744.73	681.34	1089.48	60.57	1525.78

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo económico proporcionado por el INIFAP a través de recursos fiscales.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez-Hernández J. C., H. Cortez-Madrigal e I. García-Ruiz (2009) Exploración y caracterización de poblaciones silvestres de jitomate (Solanaceae) en tres regiones de Michoacán, México. *Polibotánica* 28:139-159.
- Blanca J., J. Cañizares, L. Cordero, L. Pascual, M. J. Diez and F. Nuez (2012) Variation revealed by SNP genotyping and morphology provides insight into the origin of the tomato. *PLoS ONE* 7:e48198, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0048198>
- Bonilla-Barrientos O., R. Lobato-Ortiz, J. J. García-Zavala, S. Cruz-Izquierdo, D. Reyes-López, E. Hernández-Leal y A. Hernández-Bautista (2014) Diversidad agronómica y morfológica de tomates arriñonados y tipo pimiento de uso local en Puebla y Oaxaca, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 37:129-139, <https://doi.org/10.35196/rfm.2014.2.129>
- Carrillo R. J. C. y J. L. Chávez S. (2010) Caracterización agromorfológica de muestras de tomate de Oaxaca. *Revista Fitotecnia Mexicana* 33 Esp:1-6, https://doi.org/10.35196/rfm.2010.Especial_4.1
- Carrillo-Rodríguez J. C., J. L. Chávez-Servia, R. Lobato-Ortiz and C. Perales-Segovia (2019) Generation and evaluation of heterogeneous genotypes of tomato for small-scale farmers. *Journal of Plant Breeding and Crop Science* 11:91-99, <https://doi.org/10.5897/JPBCS2018.0782>
- Chávez S. J. L., J. C. Carrillo R., A. M. Vera G., E. Rodríguez G. y R. Lobato O. (2011) Utilización Actual y Potencial del Jitomate Silvestre Mexicano. SINAREFI-SAGARPA, CIIDIR-Unidad Oaxaca del IPN e Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, Toluca, México. 72 p.
- Ebert A. W. (2020) The role of vegetable genetic resources in nutrition security and vegetable breeding. *Plants* 9:736, <https://doi.org/10.3390/plants9060736>
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations (2020) FAOSTAT. Food and agriculture data. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy. <http://faostat.fao.org> (November 2020).
- García E. (1981) Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen, Instituto de Geografía, UNAM. México, D. F. 252 p.
- Johnson D. E. (2000) *Métodos Multivariados Aplicados al Análisis de Datos*. Thomson. México, D. F. 566 p.
- Marín-Montes I. M., R. Lobato-Ortiz, G. Carrillo-Castañeda, J. E. Rodríguez-Pérez, J. J. García-Zavala y A. M. Velasco-García (2019) Riqueza alélica de poblaciones nativas de jitomate (*Solanum lycopersicum*) para el mejoramiento genético. *Agrociencia* 53:355-370.
- Marín-Montes I. M., R. Lobato-Ortiz, G. Carrillo-Castañeda, J. E. Rodríguez-Pérez, J. J. García-Zavala, M. Hernández-Rodríguez y A. M. Velasco-García (2020) Parámetros genéticos de una crusa interespecífica de *S. lycopersicum* L. y *S. habrochaites* Knapp & Spooner. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 26:111-123, <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2020.01.003>
- Melotto M., M. T. Brandl, C. Jacob, M. T. Jay-Rusell, S. A. Micallef, M. L. Warburton and A. V. Deynze (2020) Breeding crops for enhanced food safety. *Frontiers in Plant Science* 11:428, <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00428>
- Peralta I. E. and D. M. Spooner (2007) History, origin and early cultivation of tomato (Solanaceae). In: *Genetic Improvement of Solanaceous Crop*. M. K. Razdan and A. K. Mattoo (eds.). Science Publishers. Enfield, New Hampshire, USA. pp:1-24.
- Salgado-Meraz L., R. Lobato-Ortiz, L. J. Pérez-Flores, S. Cruz-Izquierdo, C. Peña-Valdivia y J. J. García-Zavala (2018) Diversidad agronómica de poblaciones de jitomate tipo "Cherry" *S. lycopersicum* L. y *S. pimpinellifolium* L. con potencial en el mejoramiento genético. *Revista Fitotecnia Mexicana* 41:499-507, <https://doi.org/10.35196/rfm.2018.4-A.499-507>
- Sanjuan-Lara F., P. Ramírez-Vallejo, P. Sánchez-García, M. Livera-Muñoz, M. Sandoval-Villa, J. C. Carrillo-Rodríguez y C. Perales-Segovia (2014) Variación en características de interés agronómico dentro de una población nativa de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Revista Fitotecnia Mexicana* 37:159-164, <https://doi.org/10.35196/rfm.2014.2.159>
- SAS Institute (2000) *SAS® Procedures Guide, Version 8*. SAS Institute Inc. Cary, North Carolina, USA. 1643 p.
- SNICS, Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (2020) Innovaciones Vegetales 2020. Cereales, Oleaginosas, Forrajeras e Industriales, Frutales, Hortalizas, Ornamentales.. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Ciudad de México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/616175/Innovaciones_Vegetales-11Feb2021.pdf (Abril 2021).
- Vásquez-Ortiz R., J. C. Carrillo-Rodríguez y P. Ramírez-Vallejo (2010) Evaluación morfo-agronómica de una muestra del jitomate nativo del Centro y Sureste de México. *Naturaleza y Desarrollo* 8:49-64.

