

Variación morfológica cualitativa de germoplasma nativo de jitomate del sur de México

Qualitative morphological variation of native tomato germplasm from southern Mexico

DOI: 10.34188/bjaerv5n2-012

Recebimento dos originais: 20/01/2022

Aceitação para publicação: 31/03/2022

Jaime Canul-Ku

Doctor en Genética por el Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo, estado de México, México

Institución: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)
Campo Experimental Zacatepec

Dirección: KM 0.5 Carretera Zacatepec – Galeana, Zacatepec de Hidalgo, estado de Morelos, CP 62780

Correo: canul.jaime@inifap.gob.mx

Enrique González-Pérez

Doctor en Genética por el Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo, estado de México

Institución: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)
Campo Experimental Bajío

Dirección: Km. 6.5 Carretera Celaya - San Miguel, Celaya, estado de Guanajuato, México, CP 38110

Correo: gonzalez.enrique@inifap.gob.mx

Edwin Javier Barrios-Gómez

Doctor en Genética por el Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo, estado de México, México

Institución: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)
Campo Experimental Zacatepec

Dirección: KM 0.5 Carretera Zacatepec – Galeana, Zacatepec de Hidalgo, estado de Morelos, CP 62780

Correo: barrios.edwin@inifap.gob.mx

Eleodoro Hernández-Meneses

Doctor en Fisiología Vegetal por el Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo, estado de México, México

Institución: Tecnológico Nacional de México Campus Región Sierra, Tabasco, México
Dirección: Carretera Teapa-Tacotalpa Km. 4.5, Francisco Javier Mina, Teapa, Tabasco, CP 86801
Correo: doromeneses@hotmail.com

Sandra Eloísa Rangel-Estrada

Doctor en Fisiología Vegetal por el Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo, estado de México, México

Institución: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)
Campo Experimental Zacatepec

Dirección: KM 0.5 Carretera Zacatepec – Galeana, Zacatepec de Hidalgo, estado de Morelos, CP 62780

Correo: rangel.sandra@inifap.gob.mx

RESUMEN

El jitomate se cultiva en varias condiciones agroclimáticas de México y en diferentes sistemas de producción. El cultivo de los materiales nativos por agricultores ha favorecido la acumulación de genes valiosos de caracteres agronómicos relacionados con rendimiento y calidad del fruto. El objetivo del presente estudio fue describir la variabilidad morfológica de accesiones navitas de jitomates de México a partir de caracteres de distribución discreta. Se utilizaron 20 accesiones procedentes de Campeche (3), Morelos (1), Oaxaca (3), Puebla (9), Tabasco (1) y Veracruz (3). La siembra se llevó a cabo en septiembre de 2019 en un invernadero modificado con un diseño experimental completamente al azar y tres repeticiones. La unidad experimental fueron ocho plantas cultivadas en macetas de plástico. La caracterización morfológica de distribución discreta fue realizada con 13 descriptores cualitativos del IPGRI en cinco plantas con competencia completa en tres repeticiones. Se determinó la moda de las características evaluadas en cada población y se aplicó análisis de correspondencia simple con el paquete estadístico SAS. El análisis determinó que 50% de la variación morfológica cualitativa se explicó con la dimensión uno y 31% con la segunda. La variación fenotípica cualitativa se organizó en cuatro grupos, cada uno con caracteres distintivos. La pubescencia del tallo varió de intermedia a densa y la densidad de follaje de escasa a densa. La posición de la hoja fue de horizontal a inclinada o colgante. Las inflorescencias fueron uníparas, múltiparas y combinación de ambas. La posición del estilo varió de insertado a muy proyectado con forma simple a fasciculado. En los frutos se identificaron cuatro formas, con o sin hombros verdes, cuya intensidad de color exterior varió de poca a intermedia. También se observaron frutos con o sin depresión o acostillados.

Palabras clave: *Solanum lycopersicum*, diversidad, poblaciones nativas, carácter cualitativo, variación.

ABSTRACT

The tomato is grown in several agroclimatic conditions in Mexico and in different production systems. The cultivation of native materials by farmers has favored the accumulation of valuable genes of agronomic traits related to yield and fruit quality. The objective of this study was to describe the morphological variability of navite accessions of tomatoes from Mexico based on discrete distribution characters. Twenty accessions from Campeche (3), Morelos (1), Oaxaca (3), Puebla (9), Tabasco (1) and Veracruz (3) were used. Sowing was carried out in September 2019 in a modified greenhouse with a completely randomized experimental design and three replications. The experimental unit was eight plants grown in plastic pots. The morphological characterization of discrete distribution was made with 13 IPGRI qualitative descriptors in five plants with complete competition in three replications. The mode of the characteristics evaluated in each population was determined and simple correspondence analysis was applied with the SAS statistical package. The analysis determined that 50% of the qualitative morphological variation was explained by dimension one and 31% by dimension two. Qualitative phenotypic variation was organized into four groups, each with distinctive characters. Stem pubescence ranged from intermediate to dense and foliage density from sparse to dense. Blade position ranged from horizontal to slanting or hanging. The inflorescences were uniparous, multiparous and a combination of both. The position of the style

varied from inserted to highly projecting with a simple to fasciculate shape. In the fruits, four forms were identified, with or without green shoulders, whose external color intensity varied from low to intermediate. Fruits with or without depression or ribbed were also observed.

Keywords: *Solanum lycopersicum*, diversity, native populations, qualitative character, variation.

1 INTRODUCCIÓN

El jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una de las hortalizas de mayor importancia económica en el mundo, presenta una tasa de incremento anual en el rendimiento de fruto de 2.4% (Ronga *et al.*, 2021). Es el segundo vegetal más cultivado por la humanidad debido a su contenido de compuestos funcionales, sabor, aroma y color de la pulpa del fruto (Casals *et al.*, 2021). Los jitomates son una fuente de minerales como el calcio, fósforo, hierro; vitaminas como A y C; y antioxidantes como el licopeno y el glutatión, que contribuyen a la mejora de la salud humana (Alam *et al.*, 2020). A nivel mundial la superficie cultivada de jitomate en 2017 fue de 4.8 millones de hectáreas con una producción de 182 millones de toneladas (FAOSTAT, 2019).

El jitomate se cultiva en varias condiciones agroclimáticas, regiones y sistemas de producción en México. En estas condiciones, se ha demostrado la presencia en toda la República Mexicana de especies silvestres (Álvarez-Hernández *et al.*, 2009; Chávez-Servia *et al.*, 2011) y de poblaciones nativas (Bonilla-Barrientos *et al.*, 2014). El cultivo y protección de los materiales nativos de jitomate por agricultores rurales ha favorecido la acumulación de genes de alto valor que controlan caracteres monogénicos y poligénicos relacionados con el rendimiento de fruto, calidad del fruto, el que propicia el alto contenido de sólidos, el que da resistencia a enfermedades y el gen que incrementa el contenido de licopeno. Estos genes representan el reservorio genético para generar variedades modernas tolerantes a condiciones ambientales restrictivas derivadas del cambio climático en todo el mundo.

En la actualidad, los diferentes sistemas de producción de jitomate en México emplean variedades mejoradas importadas de otros países. En consecuencia, la adquisición de semillas conduce a la fuga de divisas y dependencia tecnológica del extranjero (Salgado-Meraz *et al.*, 2018). En contraste, nuestro país posee una gran diversidad de jitomates nativos que representa una amplia riqueza genética. Para contrarrestar esta dependencia se deben establecer y desarrollar programas estratégicos de mejoramiento genético de jitomate donde se aproveche esta diversidad genética en la generación de variedades mexicanas específicas adaptadas para las regiones productoras del país.

El jitomate nativo, también conocido como criollo, presenta características morfológicas únicas que lo diferencian de las variedades comerciales. Además del color, sabor y calidad de la

pulpa, los nativos se distinguen por la forma variable de sus frutos que pueden ser redondos, cuadrados, arriñonados, entre otros.

El mejoramiento genético de cualquier especie vegetal debe partir de una base genética amplia. Sin duda, las fuentes de variación se encuentran en los parientes silvestres entre las que destacan *S. ochranthum* y *S. lycopersicoides* (Marín-Montes *et al.* 2020; Flores-Hernández *et al.*, 2017) y las poblaciones nativas (Magallanes-López *et al.*, 2020). Algunos estudios indican que en el caso de los jitomates comerciales su mejora presenta limitantes debido a la reducida variación genética que poseen (Marín-Montes *et al.* 2019; Salgado-Meraz *et al.*, 2018). La utilización de estos jitomates representa un riesgo mayor, debido a que la ganancia genética en los siguientes ciclos de mejoramiento genético sería muy reducida. Para ampliar la base genética existen diversos mecanismos como la recolecta de germoplasma nativo y silvestre (Marín-Montes *et al.* 2019), el uso de mutágenos y la recombinación genética a través de cruzamientos manuales.

Asimismo, es importante considerar que los hábitos de consumo de productos vegetales alimenticios han sufrido cambios severos (Ebert, 2020). En la actualidad el humano está cambiando sus hábitos alimenticios y tiene preferencia por alimentos orgánicos, nutraceuticos, de mayor calidad y libres de residuos químicos (Melotto *et al.*, 2020). Estas exigencias deberían incorporarse en los nuevos objetivos de la mejora genética del jitomate (Ronga *et al.*, 2021).

Para iniciar el mejoramiento genético de cualquier especie vegetal es fundamental conocer con detalle las características del germoplasma disponible. El conocimiento específico de los atributos fenotípicos y genéticos permite hacer más eficiente el proceso de mejoramiento, de tal forma, que sea factible generar nuevas variantes a corto tiempo. Esto se alcanza con evaluaciones de tipo agronómico, morfológico, molecular y genómico. Con estos antecedentes, el objetivo del estudio fue describir la variabilidad morfológica de 20 accesiones de jitomates nativos de México a partir de caracteres de distribución discreta.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en las instalaciones del 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, 99° 11' 54'' O, a 910 msnm de altitud. El clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano, precipitación promedio pluvial anual de 800 mm y temperatura promedio anual de 24 °C (García, 1981).

Material genético

Como material genético se utilizaron 20 poblaciones nativas de jitomate procedente de los estados de Campeche (3), Morelos (1), Oaxaca (3), Puebla (9), Tabasco (1) y Veracruz (3) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Procedencia de poblaciones de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) caracterizadas en el ciclo O-I, 2019. Zacatepec, Morelos, México.

Clave	Forma de fruto	Municipio	Estado
JCM01	Riñón	Dzitbalché	Campeche
JCM02	Riñón	Huachinango	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	Huachinango	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

Manejo del experimento

La siembra de los materiales de jitomate se llevó a cabo en septiembre de 2019, ciclo otoño-invierno, bajo condiciones de agricultura protegida dentro de un invernadero con sistema semi-hidropónico. Las semillas de las poblaciones se sembraron en charolas de poliestireno de 50 cavidades, conteniendo turba (Sunshine Mix® No. 3), en las que permanecieron 30 días. Cuando la planta llegó a la cuarta hoja verdadera (30 días después de la siembra; DDS) se trasplantaron a macetas (30.48 cm de diámetro y altura de 24 cm) conteniendo sustrato hecho a base de ocochal (hojarasca de ocote descompuesta), atocle (suelo de vega de río) y polvillo de coco comercial en block $\frac{3}{4}$ Pelemix® en proporción 60:20:20 v/v/v.

Para la evaluación de las poblaciones se utilizó un diseño experimental completamente al azar con 20 tratamientos (poblaciones) y tres repeticiones. La unidad experimental constó de ocho plantas establecidas en macetas de plástico de 30.48 cm de diámetro y altura de 24 cm.

La planta se condujo a un solo tallo mediante el uso tutores para apoyar el soporte de los frutos de la planta en etapa de fructificación y maduración. Para el control de mosca blanca se aplicó Imidacloprid (mL L⁻¹) y sulfato de cobre (4 gr L⁻¹ de agua) para el control preventivo de tizón. El

riego de las plantas fue con un sistema por goteo, cuatro veces al día, cada dos horas a partir de las 10.00 horas durante 1 minuto. La solución nutritiva fue 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 con descriptores cualitativos

La caracterización morfológica de distribución discreta se hizo en cinco plantas por repetición con competencia completa dentro de cada población nativa. Se aplicaron 13 descriptores cualitativos del International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI, 1996), los cuales se distinguen por su respectiva unidad de medida. La densidad de la pubescencia del tallo y la densidad del follaje emplean las escalas 3=escasa, 5=intermedia y 7=densa. En la posición de la hoja, 3=semirecta, 5=horizontal y 7=inclinada o colgante. Para el tipo de hoja, 1=enana, 2=tipo de hoja de papa, 3=estándar, 4=Peruvianum, 5=Pimpinellifolium, 6=Hirsutum, 7=Otro/especificar). En el tipo de inflorescencia, 1=generalmente uníparo, 2= ambos y 3=generalmente múltiparo. Para la posición del estilo 1=insertado, 2=mismo nivel que el estambre, 3=ligeramente proyectado y 4=muy proyectado. En la forma del estilo, 1=simple, 2=fasciculado y 3=dividido; para la forma de la cicatriz del pistilo 1=punteado, 2=estrellado, 3=lineal, 4=irregular). En la intensidad del hombro verde del fruto, 1=ausente y 9=presente; para la intensidad del color exterior del fruto, 3=poca, 5=intermedia y 7=mucha. En la forma predominante del fruto, 1=achatado, 2=ligeramente achatado, 3=redondeado, 4=redondo-alargado, 5=cordiforme, 6=cilíndrico u oblongo-alargado, 7=piriforme, 8=elipsoide o forma de ciruela, 9=Otro/especificar; el acostillado en zona peduncular, 1=ausente o muy débil, 3=débil, 5=medio, 7=fuerte, 9=muy fuerte; y la depresión de zona peduncular, 1=ausente o muy débil, 3=débil, 5=media y 7=fuerte.

Análisis estadístico

Con la información de las 13 características cualitativas evaluadas en cada población se determinó la moda y se aplicó el análisis de correspondencia simple. También se hizo un análisis de conglomerados usando el método de Ward y el número de grupos formados se determinó con la pseudoestadística t^2 de Hotelling (Johnson, 2000). Todos los análisis se llevaron a cabo con el paquete estadístico SAS (SAS Institute, 2000).

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las 20 poblaciones de jitomates nativos caracterizadas se determinó que la pubescencia del tallo varió de intermedia a densa mientras la densidad de follaje fue de escasa a densa. La posición de la hoja se ubicó entre horizontal a inclinada o colgante. En el caso del tipo de la hoja dominaron las de tipo hoja de papa y estándar. Los tipos de inflorescencia fueron de tipo unípara, múltipara y combinación de ambas. La posición del estilo mostró variaciones de insertado a muy proyectado y la forma del estilo se ubicó de simple a fasciculado. Los frutos presentaron cuatro tipos de formas, con y sin hombros verdes, cuya intensidad del color exterior varió de poca a intermedia. También se observaron frutos con y sin depresión y acostillados en la zona peduncular.

En la evaluación de muestras de jitomate de siete regiones del Centro y Sureste de México Vázquez-Ortiz *et al.* (2010) reportaron que la pubescencia de los tallos varió de escasa a intermedia, y la densidad del follaje fue regularmente intermedia a densa, los frutos mostraron formas que variaron desde oblongos-alargados tipo saladette hasta achatados tipo riñón. En otro estudio de caracterización de 27 materiales de tomate tipo cereza, Agudelo *et al.* (2011), reportaron hojas de tipo papa y estándar, frutos con intensidad de color externo intermedia y formas redondas, ligeramente achatado, cilíndrica y redonda-alargada. Las características reportadas en ambos trabajos coinciden con las descritas en este trabajo.

El análisis de correspondencia simple mostró 81% de la variación morfológica cualitativa de las poblaciones; 50% se ubicó en la dimensión uno y 31% en la segunda. Al considerar una tercera dimensión la variación acumulada alcanza 87% (Cuadro 2).

Cuadro 2. Vectores y valores propios del análisis de correspondencia simple de 13 descriptores cualitativos de jitomates nativos de México evaluados en el ciclo O-I (2019). Zacatepec, Morelos.

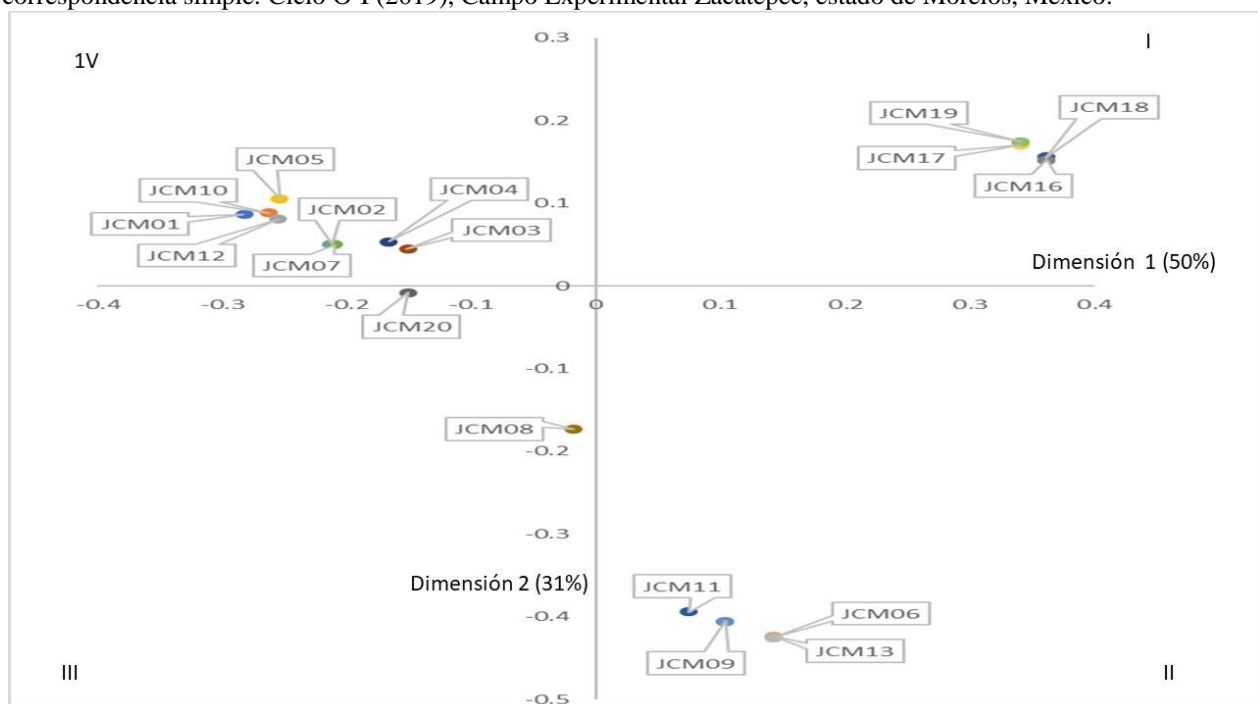
Descriptor	Dimensión 1	Dimensión 2	Dimensión 3
Densidad de pubescencia de la planta	0.588	0.017	0.001
Densidad de follaje	0.500	0.056	0.353
Posición de la hoja	0.619	0.011	0.011
Tipo de hoja	0.377	0.043	0.276
Tipo de Inflorescencia	0.196	0.004	0.014
Posición del estilo	0.092	0.054	0.265
Forma del estilo	0.020	0.001	0.405
Hombro verde del fruto	0.427	0.565	0.001
Intensidad de color del fruto	0.444	0.031	0.124
Forma predominante del fruto	0.957	0.002	0.001
Acostillado en zona peduncular	0.307	0.653	0.001
Depresión de zona peduncular	0.454	0.490	0.012
Forma de la cicatriz del pistilo	0.821	0.087	0.022
Valor propio	0.247	0.197	0.082
Porcentaje explicado	50.04	31.82	5.56
Porcentaje acumulado	50.04	81.86	87.42

La variación morfológica cualitativa determinada en las 20 poblaciones evaluadas es comparable con la de otros estudios hechos en México. En este sentido, Pacheco-Triste *et al.* (2014) reportaron que 80% de la variabilidad total de los caracteres morfológicos de 102 colectas del estado de Oaxaca se concentró en el tercer eje o dimensión principal. De manera similar, Vázquez-Ortiz *et al.* (2010) reportaron que 83.07% de la variación acumulada presente en jitomates de siete regiones del Centro y Sureste de México se obtuvo en la sexta dimensión o combinación lineal de caracteres cualitativos.

En la Figura 1 se muestra la dispersión de las poblaciones en función de las primeras dos dimensiones. Se formaron cuatro grupos con diferente número de poblaciones.

La dispersión de las poblaciones nativas quedó representada en las dos primeras dimensiones y en total se formaron cuatro grupos con diferente número de poblaciones (Figura 1).

Figura 1. Dispersión de poblaciones de jitomates nativos con base en el primer par de dimensiones del análisis de correspondencia simple. Ciclo O-I (2019), Campo Experimental Zacatepec, estado de Morelos, México.



El grupo No. 1 uno se ubicó en el primer cuadrante con seis poblaciones que se caracterizaron por presentar posición del estilo ligeramente proyectado, ausencia de hombro verde y forma predominante del fruto redondo-alargado. En el grupo No. 2 se ubicaron cuatro poblaciones que se caracterizaron por mostrar follaje denso, hoja de tipo papa, posición del estilo al mismo nivel del estambre, color exterior del fruto de mucha intensidad, fruto de forma redondeada, depresión y acostillado de la zona peduncular ausente o muy débil. El grupo No. 3 solo incluyó una población que presentó posición del estilo insertado y fruto de forma ligeramente achatada. El grupo No. 4

integró a la mayor cantidad de poblaciones estudiadas los cuales se distinguieron por tipo de inflorescencia parcialmente unípara y multípara, la forma de la cicatriz del estilo fue lineal, forma achatada del fruto con acostillado muy fuerte y depresión media en la zona peduncular (Figura 1, Cuadro 3).

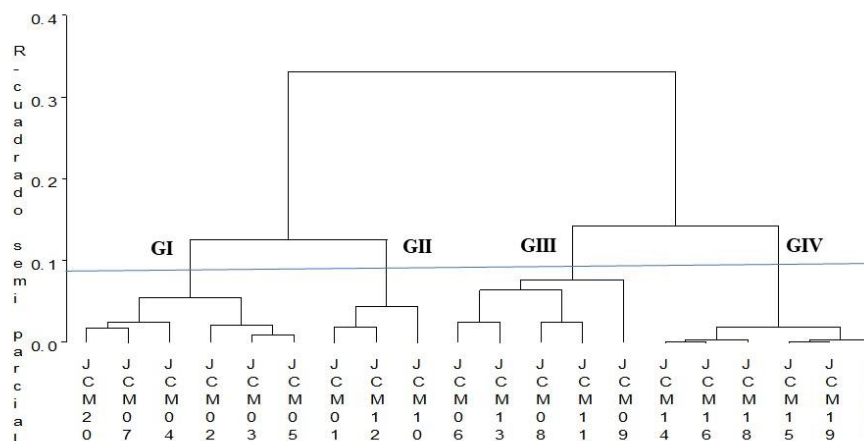
Cuadro 3. Valor más frecuente de los descriptores en los grupos formados del análisis de correspondencia en poblaciones nativas de jitomate, ciclo O-I (2019). Zacatepec, Morelos, México.

Descriptor	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
Densidad de la pubescencia del tallo	7	7	7	7
Densidad del follaje	5	7	5	5
Posición de la hoja	7	7	7	7
Tipo de hoja	3	2	3	3
Tipo de inflorescencia	1	1	1	2
Posición del estilo	3	2	1	3
Forma del estilo	1	1	1	1
Forma de la cicatriz del pistilo	1	1	1	3
Hombro verde	1	9	9	9
Intensidad del color exterior del fruto	5	3	5	5
Forma predominante del fruto	4	3	2	1
Acostillado en zona peduncular	5	1	5	9
Depresión de zona peduncular	3	1	3	5

En otros estudios con jitomates, Vázquez-Ortiz *et al.* (2010) señalan que las diferencias entre cicatriz del pistilo en el fruto, forma en corte transversal, tipo de inflorescencia y densidad del follaje son características útiles para discriminar poblaciones con diferentes formas de frutos. Por su parte, Pacheco-Triste *et al.* (2014) determinaron que las variables de mayor valor descriptivo de la variabilidad morfológica en el análisis de correspondencia fueron el tipo de ramificación, densidad de follaje, forma y tamaño del fruto, forma distal o terminal del fruto, color del epicarpio y la forma de la semilla.

En el dendrograma del análisis de agrupamiento para los 13 caracteres cualitativos de las poblaciones nativas estudiadas se aprecia la conformación de cuatro grupos con sus respectivos rasgos fenotípicos distintivos (Figura 2).

Figura 2. Dendrograma de 20 poblaciones de jitomates nativos de México evaluadas en el ciclo O-I (2019). Campo Experimental Zacatepec, estado de Morelos, México.



En el dendrograma el grupo No. 1 se identificaron poblaciones con posición muy proyectada del estilo, cicatriz del pistilo de forma lineal y fruto ligeramente achatado con depresión media en la zona peduncular. El grupo No. 2 las poblaciones mostraron forma fasciculada del estilo, forma irregular de la cicatriz del pistilo y fruto achatado con fuerte depresión en la zona del pedúnculo. En el grupo No. 3 se incluyeron poblaciones que presentaron estilo al mismo nivel del estambre, forma redondeada del fruto, acostillado y depresión ausente o muy débil en la zona peduncular. El grupo No. 4 incluyó poblaciones con follaje denso, fruto redondo alargado con ausencia de hombro verde, depresión débil y medio acostillado en la zona del pedúnculo (Cuadro 4).

Cuadro 4. Valor más frecuente de los descriptores en los grupos resultantes del análisis de agrupamiento en poblaciones de jitomates nativos de México, ciclo O-I (2019). Zacatepec, Morelos, México.

Descriptor	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
Densidad de la pubescencia del tallo	7	7	7	7
Densidad del follaje	5	5	5	7
Posición de la hoja	7	7	7	7
Tipo de hoja	3	3	3	3
Tipo de inflorescencia	2	2	1	1
Posición del estilo	4	3	2	3
Forma del estilo	1	2	1	1
Forma de la cicatriz del pistilo	3	4	1	1
Hombro verde	9	9	9	1
Intensidad del color exterior del fruto	5	3	3	5
Forma predominante del fruto	2	1	3	4
Acostillado en zona peduncular	9	9	1	5
Depresión de zona peduncular	5	7	1	3

Los resultados de los análisis multivariados de correspondencia simple y de agrupamiento confirmaron la presencia de una amplia variación morfológica en poblaciones de jitomates nativos evaluados en esta investigación. La identificación de características sobresalientes en poblaciones nativas aporta información valiosa porque esta diversidad podría utilizarse como fuente de genes para el mejoramiento genético. Además, es importante resaltar el papel que desempeñan los pequeños agricultores rurales en la conservación de este germoplasma. El cultivo tradicional de estas poblaciones ha favorecido la evolución de estos genes y su homogenización. Por estas razones, las poblaciones nativas se utilizan directamente como variedades para el mercado local y regional, tal como lo señalan Bonilla-Barrientos *et al.* (2014). En México se requieren variedades mejoradas de jitomate que muestren su máximo potencial de acuerdo con las distintas condiciones agroclimáticas y sistemas de producción (González-Pérez *et al.*, 2021).

4 CONCLUSIONES

La diversidad de jitomates nativos de México es la base para identificar fenotípicamente los individuos poseedores de los mejores genotipos a partir de estudios de caracterización morfológica. La variación fenotípica cualitativa amplia encontrada en las 20 poblaciones de jitomates nativos aporta información indispensable para iniciar un programa de mejoramiento genético para el desarrollo de materiales genéticos con características específicas para cada tipo de región productora diferenciada por sus condiciones agroclimáticas. Los grupos identificados indican que es muy importante preservar estos recursos fitogenéticos de valor alimenticio.

AGRADECIMIENTOS

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

REFERENCIAS

Agudelo A., A. G.; Ceballos A., N. y Orozco F. J. 2011. Caracterización morfológica del tomate tipo cereza (*Solanum lycopersicum* LINNAEUS). *Agronomía* 19(2):44-53.

Alam S., Hossain S., Ali A., Hossain G. and Islam F. 2020. Assessment of genetic divergence in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) through clustering and principal component analysis. *Journal of Agricultural Science and Engineering Innovation* 1(1):10-14. Doi: <http://doi.org/10.5281/zenodo.3965945>.

Álvarez-Hernández, J. C.; Cortez-Madrigal, H. y García-Ruiz, I. 2009. Exploración y caracterización de poblaciones silvestres de jitomate (Solanaceae) en tres regiones de Michoacán, México. *Polibotánica* 28:139-159.

Bonilla-Barrientos, O.; Lobato-Ortiz, R.; García-Zavala J. J.; Cruz-Izquierdo, S.; Reyes-López, D.; Hernández-Leal, E. y Hernández-Bautista, A. 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.

Casals J., M. Martí, A. Rull and C. Pons. 2021. Sustainable transfer of tomato landraces to modern cropping systems: the effects of environmental conditions and management practices on long-shelf-life tomatoes. *Agronomy* 11, 533. <https://doi.org/10.3390/agronomy110305>

Chávez-Servia, J. L.; Carrillo-Rodríguez, J. C.; Vera-Guzmán, A. M.; Rodríguez-Guzmán, E. y Lobato-Ortiz, R. 2011. Utilización actual y potencial del jitomate silvestre mexicano. SINAREFI – SAGARPA, CIIDIR – Unidad Oaxaca del IPN e Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, Oaxaca, México. 72 p.

Ebert, A. W. 2020. The role of vegetable genetic resources in nutrition security and vegetable breeding. *Plants* doi:10.3390/plants9060736.

FAOSTAT. 2019. <http://fao.org/faostatgate>.

Flores-Hernández, Luis A.; Lobato-Ortiz, Ricardo; García-Zavala, J. Jesús; Molina-Galán, José D.; Sargerman-Jarquín, Dora Ma.; Velasco-Alvarado, Mario de J. 2017. Parientes silvestres del tomate como fuente de germoplasma para el mejoramiento genético de la especie. *Revista Fitotecnia Mexicana* 40(1):83-91.

García E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, Instituto de Geografía-UNAM, México.

González-Pérez E., Ramírez-Meraz M., Canul-Ku J., Flores-López R., Macías-Valdez L. M. 2021. Aportaciones del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias al mejoramiento genético de hortalizas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 25:1-13.

IPGRI. 1996. Descriptores para tomate (*Lycopersicon* spp.). Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Roma, Italia.

Johnson DE. 2000. *Métodos Multivariados Aplicados al Análisis de Datos*. Thomson. México. 566 pp.

Magallanes-López, A. M., Martínez-Damián, M. T., Sahagún-Castellanos, J., Pérez-Flores, L. J., Marín-Montes, I. M. y Rodríguez-Pérez, J. E. 2020. Calidad poscosecha de 40 poblaciones de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) nativas de México. *Agrociencia* 54:779-795.

Marin-Montes IM, Lobato-Ortiz R, Carrillo-Castañeda G, Rodríguez-Pérez JE, García-Zavala JJ, Velasco-García AM. 2019. Riqueza alélica de poblaciones nativas de jitomate (*Solanum lycopersicum*) para el mejoramiento genético. *Agrociencia* 53:355-370.

Marin-Montes IM, Lobato-Ortiz R, Carrillo-Castañeda G, Rodríguez-Pérez JE, García-Zavala JJ, Hernández-Rodríguez M, Velasco-García AM. 2020. Parámetros genéticos de una cruce interespecífica de *S. lycopersicum* L. y *S. habrochaites* Knapp & Spooner. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 26(2):111-123. doi: 10.5154/r.rchsh.2020.01.003.

Melotto, M.; Brandl, M. T.; Jacob, C.; Jay-Rusell, M. T.; Micallef, S. A.; Marburton, M. L. y Deynse, A. V. 2020. Breeding crops for enhanced food safety. *Frontiers in Plant Science* 11:428. doi: 10.3389/fpls.2020.00428.

Pacheco-Triste, I. A.; Chávez-Servia, J. L.; Carrillo-Rodríguez, J. C. 2014. Relación entre variación ecológica-orográfica y variabilidad morfológica de tomate (*Solanum lycopersicum*) en Oaxaca. *Revista Mexicana de Agroecosistemas* 1(1):28-39.

Ronga, D.; Caradonia, F.; Vitti, A.; Francia, E. 2021. Agronomic comparisons of heirloom and modern processing tomato genotypes cultivated in organic and conventional farming systems. *Agronomy* 11, 349. <https://doi.org/10.3390/agronomy11020349>

Salgado-Meraz, L., Lobato-Ortiz, R., Pérez-Flores, L. J., Cruz-Izquierdo, S., Peña-Valdivia, C., García-Zavala, J. J. 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 (4 A):499-507.

SAS. 2000. SAS[®] Procedure Guide, Version 8. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA. 1643 p.

Vásquez-Ortiz, R.; Carrillo-Rodríguez, J. C. y Ramírez-Vallejo, P. 2010. Evaluación morfo-agronómica de una muestra del jitomate nativo del centro y sureste de México. *Naturaleza y Desarrollo* 8: 49-64.