

Variación agromorfológica y cambios biofísicos poscosecha en frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.)

Agromorphological variation and postharvest biophysical changes in fruits of tomato (*Solanum lycopersicum* L.)

Oliva Ríos-Osorio ¹, José Luis Chávez-Servia ², José Cruz Carrillo-Rodríguez ¹, Araceli Minerva Vera-Guzmán ²

Originales: Recepción: 24/09/2013 - Aceptación: 27/06/2014

RESUMEN

Se evaluó la variación fenotípica agromorfológica y cambios biofísicos de frutos después de 10 días de almacenamiento a temperatura ambiente, en una colección de tomate de Oaxaca, México. La colección de 57 colectas fue sembrada y caracterizada bajo invernadero. En poscosecha se evaluó pH, grados Brix, pérdida de peso y parámetros de color (L^* , a^* , b^* , cromaticidad y ángulo Hue) a 0 y 10 días después de la cosecha. Las colectas mostraron diferencias significativas ($P < 0,01$) en todos los caracteres agromorfológicos y también hubo diferencias significativas entre acervos genéticos preclasificados como cultivados, ruderales e intermedios entre cultivados y ruderales. Nueve grupos de diversidad fenotípica fueron conformados. Se determinaron diferencias significativas entre tiempos de almacenamiento (0 y 10 días) para todas las características biofísicas. Después de 10 días de almacenamiento a temperatura ambiente ($20,6 \pm 5^\circ\text{C}$ y $34 \pm 10\%$ HR), se incrementaron los $^\circ\text{Brix}$ de 4,1 a 4,6 y pH de 3,7 a 4,3. Entre grupos fenotípicos e interacción tiempo de almacenamiento-grupos, se determinaron diferencias significativas en $^\circ\text{Brix}$, coordenadas de color L^* y b^* , y ángulo Hue. Los cambios diferenciales poscosecha indican divergencias fenotípicas entre y dentro de acervos genéticos que pueden explotarse en programas de mejoramiento con objetivos regionales.

ABSTRACT

Agromorphological phenotypic variation and postharvest biophysical changes in fruits after 10 days of storage at room temperature were evaluated in a collection of tomatoes from Oaxaca, Mexico. The collection of 57 accessions were planted and characterized under greenhouse. During postharvest the pH, degrees Brix ($^\circ\text{Brix}$), weight loss and color parameters (L^* , a^* , b^* , chromaticity and Hue angle) were evaluated at 0 and 10 days after harvest. The accession showed significant differences ($P < 0.01$) over all agromorphological traits, and there were differences among genepools classified *a priori* as cultivated, ruderal, and intermediate populations between cultivated and ruderal. Nine groups of phenotypic diversity were determined. The storage times (0 and 10 days) presented significant differences at all biophysical traits. After 10 days of storage at room temperature ($20.6 \pm 5^\circ\text{C}$ and $34 \pm 10\%$ RH) the $^\circ\text{Brix}$ increased from 4.1 to 4.6 and similarly pH from 3.7 to 4.3. Among phenotypic groups and interaction storage times-groups, significant differences were found for $^\circ\text{Brix}$, color coordinates L^* and b^* , and Hue angle. The differential postharvest changes indicate phenotypic divergences among and within genepools, which can be exploited in the plant breeding programs with regional objectives.

- 1 Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, Ex-Hacienda Nazareno, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México, C. P. 71230.
- 2 Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR Unidad Oaxaca, Hornos # 1003, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México. C. P. 71230. jchavez@ipn.mx.

Palabras clave

Variación fenotípica • cambios poscosecha • *Solanum lycopersicum*

Keywords

Phenotypic variation • postharvest changes • *Solanum lycopersicum*

INTRODUCCIÓN

En México, Centro y Sudamérica se preserva el mayor acervo genético de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) tanto en la forma ruderal como en la cultivada. Estas y otras razones hacen que se considere a América como el centro de origen de la especie, aun cuando no se conoce con precisión el lugar exacto de origen y domesticación, debido, entre otras causas, a la ausencia de evidencias arqueobotánicas y genéticas.

Las principales hipótesis del origen del tomate cultivado señalan a México y Perú, como probables centros de origen y domesticación, respectivamente (13, 19, 22). Se han descrito 13 especies silvestres y cultivadas de tomate agrupadas en los complejos *esculentum* y *peruvianum* (18, 25), principalmente de Sudamérica. En México la forma ruderal *S. lycopersicum* var. *cerasiforme* continúa evolucionando, diversificándose y formando híbridos con las variedades autóctonas o locales (4, 7, 8, 10).

La coincidencia en espacio y tiempo de los acervos genéticos ruderales, las poblaciones seleccionadas por los agricultores y las variedades comerciales de tomate (generadas en el mejoramiento formal), han generado y siguen generando una alta variabilidad genética de la especie en las regiones de origen y distribución en América tropical y subtropical (8, 10, 13, 16, 23). Además, se ha documentado que a partir de las variedades e híbridos comerciales, los agricultores han derivado líneas o poblaciones adaptadas a sus sistemas de producción y mediante sus propios criterios de selección; por ejemplo, los tipos '*Heirloom*' en España e Italia (14, 27, 28), las variedades locales de Grecia (33) y de Kenia (1) y otros ejemplos más en las regiones que no son centros de origen de la especie (29).

Lo anterior hace pensar que en las regiones de origen o diversificación del tomate, el pequeño y mediano agricultor puede recurrir a una amplia gama de acervos genéticos de tomate: a variedades comerciales, poblaciones o plantas ruderales, variedades autóctonas, y a líneas o poblaciones derivadas de variedades comerciales (24, 25). Todo esto en función de facilidades y capacidad de acceso al germoplasma, y necesidades de uso alimentario, comercial o agroecológico de sus sistemas de producción. En estas regiones las variantes o especies silvestres son fuente de genes tanto para el mejoramiento formal (30) que se realiza en los campos experimentales como para el informal que realizan los agricultores (10).

Así, en todo programa de mejoramiento genético de tomate se buscan genes o grupos de genes que confieran resistencia a plagas y enfermedades, y regularmente se recurren a los acervos genéticos ruderales o variedades autóctonas de adaptación local (2, 21, 36).

En este trabajo, se analiza la diversidad fenotípica desde la visión local en términos de la variabilidad de caracteres y supervivencia de los acervos genéticos bajo las presiones agroecológicas de bajo o nulo uso de insumos. Esto es la conservación *in situ* de recursos genéticos a través del mantenimiento de los sistemas tradicionales de cultivo (3).

En este contexto, se planteó el objetivo de describir la variación fenotípica de planta y calidad poscosecha de frutos en una colección de tomate de la zona baja (<115 m de altitud) del Istmo de Tehuantepec, México, ubicada dentro de la región de diversificación del tomate cultivado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Colecta de material vegetal

De diciembre de 2010 a marzo de 2011, se recolectaron de 1 a 2 kg de fruto directamente en las poblaciones cultivadas por diferentes agricultores o en mercados locales donde recurren regularmente los productores a vender su producción. Todo esto dentro de los municipios de San Blas Atempa, Santa María Xadani y Santiago Laollaga de las zonas bajas de Tehuantepec y Juchitán, Oaxaca.

Se integró una colección de 57 colectas, enlistadas en la tabla 1 (pág. 32). Las colectas se preclasificaron en tres grupos de acervos: ruderales ($\leq 3,0$ cm de diámetro de fruto), formas de tamaños intermedios entre ruderales y cultivados, y formas cultivadas (redondo-achatado o tipo *saladette* de >5 cm de diámetro o longitud de fruto), con base en los trabajos de Carrillo y Chávez (2010) y Chávez-Servia *et al.* (2011).

Manejo del experimento y caracterización morfológica

El experimento se desarrolló de agosto de 2011 a enero de 2012, en un invernadero del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, ubicado en la Ex hacienda de Nazareno, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México. Primero se germinó la semilla de la colección en charolas de poliestireno de 200 cavidades (2 semillas por cavidad), sustrato comercial *peat moss* (*Sphagnum* sp.) y 30 días después se realizó el trasplante, bajo un diseño de bloques completos al azar con dos repeticiones; la parcela experimental se constituyó por seis plantas cada 30 cm.

Para favorecer el crecimiento y desarrollo del cultivo, previo al trasplante, se hizo una fertilización con las fórmulas comerciales 18-46-00 y 17-17-17 de N, P y K, respectivamente. Complementariamente, en el riego por goteo se aplicó triple 18 más nitrato de calcio semanalmente. El manejo de las poblaciones de fitopatógenos se realizó con Captán®, Cupravit® y Manzate® para enfermedades causadas por *Alternaria solani* Soraur *Leveillula taurica* (Lév.) G. Arna, y la aplicación de Tiodan® y Lannate® para el control de *Bemisia tabaci* Genn. y *Aphis gossypii* Glover.

Tabla 1. Listado de colectas de tomate y su origen geográfico en zonas bajas del Istmo de Tehuantepec, México.**Table 1.** List of tomato accessions and its geographic origin in low zones from Istmo de Tehuantepec, Mexico.

Colecta	Localidad	Municipio	Latitud N	Longitud O	Altitud (m)
01	Puente Madera	San Blas Atempa	16° 37' 38"	95° 18' 13"	30
02	Puente Madera	San Blas Atempa	16° 37' 38"	95° 18' 13"	30
03	Puente Madera	San Blas Atempa	16° 37' 38"	95° 18' 13"	30
04	Puente Madera	San Blas Atempa	16° 37' 38"	95° 18' 13"	30
05	Rancho Llano	San Blas Atempa	16° 24' 00"	95° 09' 22"	20
06	Puente Madera	San Blas Atempa	16° 37' 38"	95° 18' 13"	30
07	Rancho Llano	San Blas Atempa	16° 24' 00"	95° 09' 22"	20
08	Santa María Xadani	San Blas Atempa	16° 22' 00"	95° 01' 00"	110
09	Puente Madera	San Blas Atempa	16° 37' 38"	95° 18' 13"	30
10	Rancho Llano	San Blas Atempa	16° 24' 00"	95° 09' 22"	20
11	Rancho Llano	San Blas Atempa	16° 24' 00"	95° 09' 22"	20
12	Rancho Llano	San Blas Atempa	16° 24' 00"	95° 09' 22"	20
13	Santiago Laollaga	Santiago Laollaga	16° 35' 00"	95° 12' 00"	110
14	Santiago Laollaga	Santiago Laollaga	16° 35' 00"	95° 12' 00"	110
15	Santiago Laollaga	Santiago Laollaga	16° 35' 00"	95° 12' 00"	110
16	Monte Pithahayas	San Blas Atempa	16° 23' 31"	95° 06' 37"	30
17	Santa Rosa de Lima	San Blas Atempa	16° 18' 57"	95° 05' 58"	30
18	Santa Rosa de Lima	San Blas Atempa	16° 18' 57"	95° 05' 58"	30
19	Santa Rosa de Lima	San Blas Atempa	16° 18' 57"	95° 05' 58"	30
20	Santa Rosa de Lima	San Blas Atempa	16° 18' 57"	95° 05' 58"	30
21	Santa Rosa de Lima	San Blas Atempa	16° 18' 57"	95° 05' 58"	30
22	Santiago Laollaga	Santiago Laollaga	16° 35' 00"	95° 12' 00"	110
23	Santiago Laollaga	Santiago Laollaga	16° 35' 00"	95° 12' 00"	110
24	Santiago Laollaga	Santiago Laollaga	16° 35' 00"	95° 12' 00"	110
25	Rancho Llano	San Blas Atempa	16° 24' 00"	95° 09' 22"	20
26	Rancho Llano	San Blas Atempa	16° 24' 00"	95° 09' 22"	20
27	Santiago Laollaga	Santiago Laollaga	16° 35' 00"	95° 12' 00"	110
28	Santiago Laollaga	Santiago Laollaga	16° 35' 00"	95° 12' 00"	110
29	Puente Madera	San Blas Atempa	16° 37' 38"	95° 18' 13"	30
30	Puente Madera	San Blas Atempa	16° 37' 38"	95° 18' 13"	30
31	Rancho Llano	San Blas Atempa	16° 24' 00"	95° 09' 22"	20
32	Puente Madera	San Blas Atempa	16° 37' 38"	95° 18' 13"	30
33	Rancho Llano	San Blas Atempa	16° 24' 00"	95° 09' 22"	20
34	Rancho Llano	San Blas Atempa	16° 24' 00"	95° 09' 22"	20
35	Santiago Laollaga	Santiago Laollaga	16° 35' 00"	95° 12' 00"	110
36	Santiago Laollaga	Santiago Laollaga	16° 35' 00"	95° 12' 00"	110
37	Santiago Laollaga	Santiago Laollaga	16° 35' 00"	95° 12' 00"	110
38	Santiago Laollaga	Santiago Laollaga	16° 35' 00"	95° 12' 00"	110
39	Santiago Laollaga	Santiago Laollaga	16° 35' 00"	95° 12' 00"	110
40	Santiago Laollaga	Santiago Laollaga	16° 35' 00"	95° 12' 00"	110
41	Santiago Laollaga	Santiago Laollaga	16° 35' 00"	95° 12' 00"	110
42	Santiago Laollaga	Santiago Laollaga	16° 35' 00"	95° 12' 00"	110
43	Santiago Laollaga	Santiago Laollaga	16° 35' 00"	95° 12' 00"	110
44	Santiago Laollaga	Santiago Laollaga	16° 35' 00"	95° 12' 00"	110
45	Santa María Xadani	San Blas Atempa	16° 22' 00"	95° 01' 00"	110
46	Santa María Xadani	San Blas Atempa	16° 22' 00"	95° 01' 00"	110
47	Santiago Laollaga	Santiago Laollaga	16° 35' 00"	95° 12' 00"	110
48	Santiago Laollaga	Santiago Laollaga	16° 35' 00"	95° 12' 00"	110
49	Santiago Laollaga	Santiago Laollaga	16° 35' 00"	95° 12' 00"	110
50	Guichixú de Díaz Ordaz	Santiago Laollaga	16° 35' 05"	95° 07' 00"	110
51	Guichixú de Díaz Ordaz	Santiago Laollaga	16° 35' 05"	95° 07' 00"	110
52	Guichixú de Díaz Ordaz	Santiago Laollaga	16° 35' 05"	95° 07' 00"	110
53	Guichixú de Díaz Ordaz	Santiago Laollaga	16° 35' 05"	95° 07' 00"	110
54	Guichixú de Díaz Ordaz	Santiago Laollaga	16° 35' 05"	95° 07' 00"	110
55	Guichixú de Díaz Ordaz	Santiago Laollaga	16° 35' 05"	95° 07' 00"	110
56	Guichixú de Díaz Ordaz	Santiago Laollaga	16° 35' 05"	95° 07' 00"	110
57	Guichixú de Díaz Ordaz	Santiago Laollaga	16° 35' 05"	95° 07' 00"	110

La evaluación de 16 variables morfológicas cuantitativas, se hizo con base en los criterios propuestos por el IPGRI (1996) y para la definición de variables se tomó como referencia los trabajos previos de Vásquez *et al.* (2010) y Carrillo y Chávez (2010) (tabla 2).

Tabla 2. Lista de variables agromorfológicas cuantitativas utilizadas para evaluar la variabilidad entre colectas.

Table 2. List of quantitative agromorphological variables used to evaluate the variability among accessions.

Variable evaluada ¹	Unidad de medida
Número de flores por planta al quinto racimo	Numérica
Número de flores por racimo al quinto racimo	Numérica
Peso de frutos por planta al quinto racimo	kg
Peso de frutos por racimo al quinto racimo	kg
Número frutos por planta al quinto racimo	Numérica
Número promedio de frutos por racimo	Numérica
Longitud promedio de fruto	cm
Ancho promedio de fruto	cm
Número promedio de lóculos por fruto	Numérica
Altura de planta a 30 días después del trasplante	cm
Altura de planta a 60 días después del trasplante	cm
Altura de planta a 120 días después del trasplante	cm
Días a inicio de floración	Días
Días a inicio de fructificación	Días
Días a inicio de maduración	Días
Diámetro promedio de tallo	cm

1 Variables evaluadas hasta la fase del quinto racimo de frutos.

1 Evaluated variables until fifth cluster phase.

Evaluación de calidad poscosecha de frutos

Se tomó una muestra de 200 a 1000 g de frutos cosechado entre el cuarto y quinto racimo, en estado 5 de madurez (9). En los frutos de mayor tamaño, la muestra se integró de 6 a 10 frutos y de 15 a 20 en los tomates tipo *cherry*.

Al momento de la cosecha y 10 días después, se evaluó el color de los frutos mediante un fotocolorímetro portátil Mini Scan (HunterLab, modelo MS/B-200S, USA), con lecturas en la escala CIE de L*, a* y b*. El parámetro L* indica la luminosidad (0 negro a 100 blanco); a*, define la variación entre el color verde (-) y rojo (+); b*, define la variación entre el azul (-) y amarillo (+). Con los valores de L*, a* y b* se estimó el índice de color (*chroma*, C*) = $[(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}$ y Hue (H°) = $\tan^{-1}(a^*/b^*)$.

La evaluación de sólidos solubles, se realizó en el jugo de los frutos mediante un refractómetro (Atago modelo 3T®, Japan) y se expresó en grados Brix, y el pH se evaluó en la pulpa molida de frutos con un potenciómetro (Conductronic modelo pH10) ambos de acuerdo con los métodos 932.14 y 981.12 de la AOAC (1990), respectivamente. La pérdida de peso (g) en la muestra de frutos, entre cero y 10 días después de la cosecha, se estimó por diferencia de peso. Las condiciones ambientales en el laboratorio de almacenamiento fueron de 20,6±5°C y 34±10% de temperatura y humedad relativa, respectivamente.

Análisis estadístico

Con los datos de cada colecta de las variables agromorfológicas de respuesta cuantitativa, se hizo un análisis de varianza con el modelo lineal de bloques completos al azar usando como fuentes de variación bloques, grupos de colectas por tipo de fruto y colectas anidadas en tipo de frutos, y se complementó con una comparación de medias por el método de Tukey ($P < 0,05$).

Posteriormente, con los promedios estandarizados por el valor máximo por colecta y en cada variable, se realizó un análisis de componentes principales mediante la matriz de varianzas y covarianzas para seleccionar las variables de mayor valor descriptivo. Después, se hizo un análisis de conglomerados de agrupación jerárquica por el método de la media no ponderada (UPGMA, acrónimo en inglés) y se concluyó con un análisis de varianza para probar las diferencias entre grupos fenotípicos resultantes.

En los análisis biofísicos de fruto, se tomó de referencia a los grupos de diversidad fenotípica y se hizo un análisis de varianza combinado para probar las diferencias entre tiempos de almacenamiento (0 y 10 días), grupos de diversidad fenotípica del análisis de conglomerados, colectas anidadas en grupos fenotípicos e interacción tiempo-grupos fenotípicos; aquí la fuente de variación entre bloques fue anidado en tiempo.

El análisis se complementó con pruebas de comparación de medias por el método de Tukey ($P < 0,05$). Todos los análisis se realizaron en el paquete estadístico SAS (31).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variación morfológica

Las colectas caracterizadas agromorfológicamente presentaron diferencias significativas ($P < 0,01$) en todos los caracteres evaluados tanto entre colectas como en grupos de acervos poblacionales. Las varianzas de grupos o tipos de población fueron mayores que las varianzas de las colectas (tabla 3, pág. 35). Las diferencias implícitas obedecen principalmente a discrepancia en los tamaños de frutos. Por ejemplo, los frutos de forma achatada-oblonga tipo riñón (forma cultivada) de más de 5 cm de longitud difiere en tamaño y peso de los silvestres de no más de 3 cm de diámetro, y entre estos dos están las formas intermedias.

Las variables de mayor valor explicativo de la variabilidad morfológica en el análisis de componentes principales fueron: número de flores por racimo y por planta, número y peso de frutos por racimo y planta, largo y ancho de fruto, número de lóculos y diámetro del tallo, en los dos primeros componentes principales (CP). Hasta el tercer componente principal se explicó el 90,68 % de la variabilidad observada (tabla 4, pág. 35). En este caso se reporta el análisis final de componentes principales con las variables de mayor valor descriptivo.

Tabla 3. Cuadrados medios del análisis de varianza de caracteres agromorfológicos y fisiológicos en 57 colectas de tomate.

Table 3. Mean squares of the analysis of variance of agromorphological and physiological traits in 57 accessions of tomato.

Variable evaluada	Bloques	Tipo de fruto o acervo	Colectas/ tipo †	Error	Media	CV (%)
Grados de libertad	1	2	54	56		
N° de flores por planta	6,459 ns	3271,541 **	431,145 **	12,025	45,2	4,7
N° de flores por racimo	0,258 ns	130,862 **	17,246 **	0,481	9,0	4,7
Peso de frutos por planta	0,947 ns	459,514 **	9,603 **	0,286	3,3	8,2
Peso de frutos por racimo	3,762 ns	1838,183 **	38,385 **	1,144	6,7	8,2
N° de frutos por planta	43,520 *	4477,029 **	450,975 **	8,175	40,1	4,9
N° de frutos por racimo	1,741 *	179,081 **	18,039 **	0,327	8,0	4,9
Longitud de fruto	0,411 ns	206,928 **	4,968 **	0,249	5,0	6,7
Ancho de fruto	0,042 ns	434,911 **	6,167 **	0,340	5,2	6,3
N° de lóculos por fruto	0,047 ns	1257,263 **	11,696 **	0,285	5,3	8,4
Altura de planta a 30 ddt ††	11,977 ns	403,224 **	67,963 **	15,483	61,7	5,4
Altura de planta a 60 ddt	264,915 ns	1714,368 **	410,660 **	88,201	119,6	6,5
Altura de planta a 120 ddt	1532,678 *	16359,913 **	2178,109 **	381,446	178,6	10,9
Días a floración	0,026 ns	232,031 **	119,720 **	10,342	27,3	7,4
Días a fructificación	9,169 ns	126,175 **	151,712 **	5,985	34,5	5,7
Días a maduración	22,131 ns	452,634 **	264,982 **	9,423	70,0	3,2
Diámetro de tallo	0,002 ns	12,115 **	0,277 **	0,019	1,7	7,8

† Colectas/tipo= colectas anidadas en grupos de acervos o tipos de fruto.

†† Días después del trasplante.

ns no significativo a $P > 0,05$.

* significativo a $P < 0,05$.

** significativo a $P < 0,01$.

CV coeficiente de variación.

† Collects / type= accessions nested in genepool groups or fruit types.

†† Days after transplant.

ns not significant at $P > 0.05$.

* significant at $P < 0.05$.

** significant at $P < 0.01$.

CV coefficient of variation.

Tabla 4. Vectores y valores propios de las variables de mayor valor explicativo en el análisis de componentes de principales (CP).

Table 4. Eigenvector and eigenvalues of the traits of major explicative value in the principal components analysis (CP).

VARIABLES DE MAYOR VALOR EXPLICATIVO	CP1	CP2	CP3
Núm. flores por planta	-0,07	0,51	0,28
Núm. flores por racimo	-0,15	0,46	0,01
Peso de frutos por planta	0,48	0,21	-0,30
Peso de frutos por racimo	0,48	0,21	-0,30
Núm. frutos por planta	-0,20	0,46	-0,08
Núm. frutos por racimo	-0,20	0,46	-0,08
Longitud de fruto	0,30	0,07	-0,32
Ancho de fruto	0,34	0,07	0,06
Núm. lóculos por fruto	0,42	0,10	0,77
Diámetro de tallo	0,23	0,00	0,13
Valores propios	0,25	0,06	0,03
Varianza explicada (%)	66,34	16,88	7,47
Varianza acumulada (%)	66,34	83,22	90,68

La descripción y dispersión de las colectas en la figura 1, sugieren la presencia de un patrón general de acuerdo con el tipo de población: en referencia al eje X, en el lado izquierdo de la figura se ubican las poblaciones o variantes cultivadas a manera de dos subgrupos, el grupo denominado intermedio en el centro, y el lado derecho las poblaciones que se asumen como ruderales. Un patrón semejante de separación entre poblaciones ruderales y semidomesticadas, lo observaron Carrillo y Chávez (2010) en la caracterización de muestras de tomate de Oaxaca. Ambos trabajos sugieren un proceso de coexistencia y probables cruzamientos de las poblaciones ruderales hacia las variantes cultivadas ya que las poblaciones ruderales son observadas en los traspacios, cercas y terrenos sin cultivo como fue documentado en Michoacán por Álvarez-Hernández *et al.* (2009) y en Jalisco por Rodríguez *et al.* (2009). En Mesoamérica, centro de origen de varias especies cultivadas, es común esta convivencia de silvestres y cultivadas donde la introgresión es un fenómeno frecuente en *Capsicum sp.*, *Phaseolus sp.*, *Cucurbita spp.* y *Zea sp.*, entre otras especies. En este caso solo son poblaciones ruderales y cultivadas que los agricultores cuentan con la posibilidad de seleccionar esas nuevas combinaciones genéticas (12, 20).

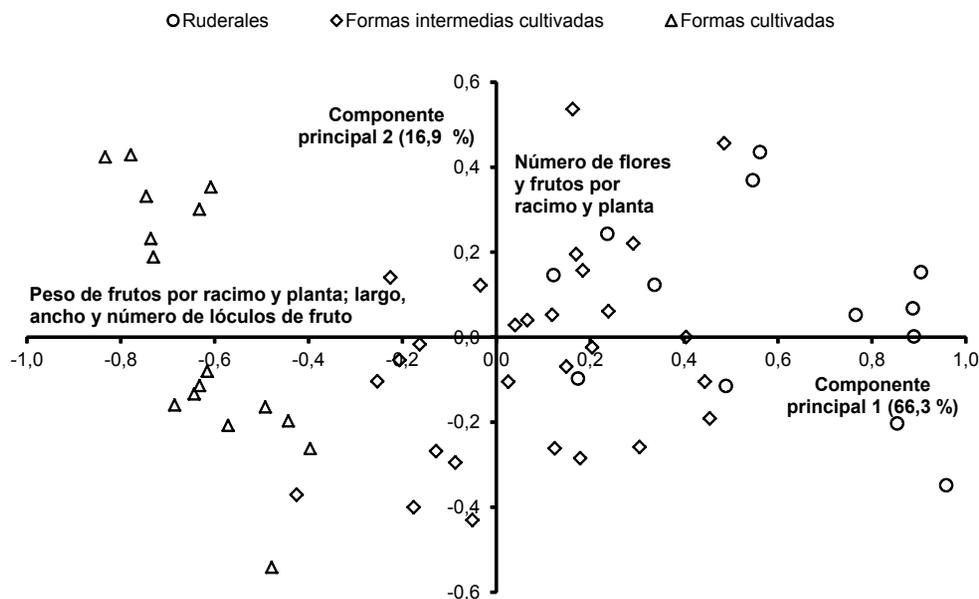


Figura 1. Dispersión de tres acervos de poblaciones de tomate en el plano formado por los dos primeros componentes principales, con base en caracteres morfológicos.

Figure 1. Scatterplot of three genepools of tomato populations in two-dimensional surface from the two first principal components, based on morphological traits.

La determinación de los caracteres de mayor valor descriptivo de la variación fenotípica en el análisis de componentes principales permitió integrar nueve grupos de diversidad significativamente diferentes en el análisis de conglomerados de agrupamiento jerárquico ($r^2 = 82,8$; Pseudo $t^2 = 7,4$; $gl = 55$, $P < 0,05$), (figura 2, pág. 37).

El patrón general de agrupamiento va desde las colectas con frutos más grande e intermedios (grupo 1 a 7) hasta los grupos con frutos pequeños (grupo 8 y 9). El número de flores y peso de frutos fueron determinantes para diferenciar los grupos fenotípicos del tomate de las zonas bajas del Istmo de Tehuantepec, y sugieren la presencia de grupos de diversidad genotípica tanto de formas ruderales y cultivadas, y combinaciones de ambas que los agricultores pueden seleccionar, aprovechar y preservar en sus campos de cultivo.

Los caracteres de tamaño, forma y número de lóculos del fruto en tomate son determinados genéticamente por diferentes loci (6, 32), y en otros trabajos se han utilizado para determinar los grupos de diversidad o distintividad genotípica; por ejemplo, Mazzucato *et al.* (2010) los utilizó para diferenciar las variedades locales de Italia denominados 'A pera Abruzzese'; y Terzopoulos y Bebeli (2010), utilizaron semejantes caracteres para definir los grupos de diversidad fenotípica de las variedades locales de Grecia.

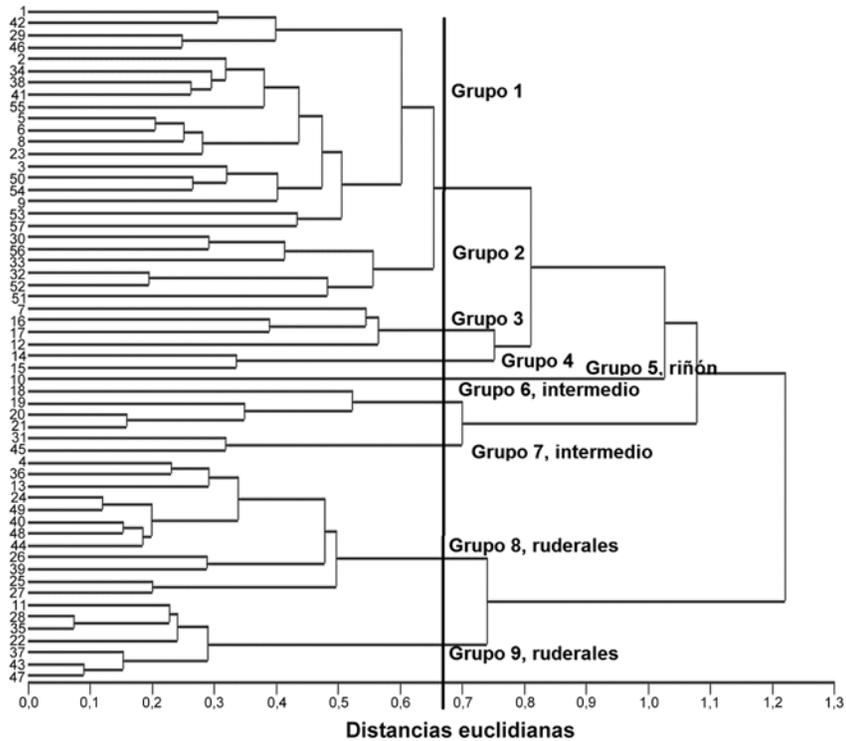


Figura 2. Dendrograma de agrupamiento jerárquico de 57 colectas de tomate de las zonas bajas del Istmo de Tehuantepec, México.

Figure 2. Dendrogram of hierarchical clustering of 57 tomato accessions from low zone of the Istmo de Tehuantepec, Mexico.

En el análisis de varianza efectuado para evaluar las diferencias entre grupos de la figura 2, se observó que dentro de cada grupo fenotípico la varianza es menor que la varianza calculada entre grupos, y corrobora en parte las diferencias entre los grupos clasificados en el análisis de conglomerados (tabla 5, pág. 38), ya que el análisis refleja parte de la distintividad fenotípica de los grupos.

Tabla 5. Cuadrados medios del análisis de varianza entre grupos fenotípicos en relación con caracteres agromorfológicos y fenológicos, en referencia a la figura 2.**Table 5.** Mean squares of the analysis of variance among phenotypic groups in relation to agromorphological and physiological traits, with reference to figure 2.

Variables evaluadas	Bloques	Grupo fenotípico	Colectas/grupo [†]	Error	Media	CV (%)
<i>Grados de libertad</i>	1	8	48	56		
Núm. flores por planta	6,459 ^{ns}	2655,697 ^{**}	178,736 ^{**}	12,025	45,2	4,7
Núm. flores por racimo	0,258 ^{ns}	106,228 ^{**}	7,149 ^{**}	0,481	9,0	4,7
Peso de frutos por planta	0,947 ^{ns}	162,868 ^{**}	2,805 ^{**}	0,286	3,3	8,2
Peso de frutos por racimo	3,762 ^{ns}	651,347 ^{**}	11,216 ^{**}	1,144	6,7	8,2
Núm. frutos por planta	43,520 [*]	3386,321 ^{**}	129,503 ^{**}	8,175	40,1	4,9
Núm. frutos por racimo	1,741 [*]	135,453 ^{**}	5,180 ^{**}	0,327	8,0	4,9
Longitud de fruto	0,411 ^{ns}	63,973 ^{**}	3,549 ^{**}	0,249	5,0	6,7
Ancho de fruto	0,042 ^{ns}	125,908 ^{**}	4,075 ^{**}	0,340	5,2	6,3
Núm. lóculos/fruto	0,047 ^{ns}	334,804 ^{**}	9,743 ^{**}	0,285	5,3	8,4
Altura de planta a 30 ddt ^{††}	11,977 ^{ns}	112,416 ^{**}	74,523 ^{**}	15,483	61,7	5,4
Altura de planta a 60 ddt	264,915 ^{ns}	871,526 ^{**}	388,170 ^{**}	88,201	119,6	6,5
Altura de planta a 120 ddt	1532,678 [*]	6184,744 ^{**}	2101,245 ^{**}	381,446	178,6	10,9
Días a floración	0,026 ^{ns}	146,407 ^{**}	119,952 ^{**}	10,342	27,3	7,4
Días a fructificación	9,169 ^{ns}	85,658 ^{**}	161,657 ^{**}	5,985	34,5	5,7
Días a maduración	22,131 ^{ns}	274,556 ^{**}	271,204 ^{**}	9,423	70,0	3,2
Diámetro de tallo	0,002 ^{ns}	3,028 ^{**}	0,311 ^{**}	0,019	1,7	7,8

[†] Colectas/grupos = colectas anidadas en grupos fenotípicos.

^{††} Días después del trasplante.

^{ns} no significativo a $P > 0,05$.

^{*} significativo a $P < 0,05$.

^{**} significativo a $P < 0,01$.

CV coeficiente de variación.

[†] Collections/groups = accessions nested in phenotypic groups.

^{††} Days after transplant.

^{ns} not significant at $P > 0.05$.

^{*} significant at $P < 0.05$.

^{**} significant at $P < 0.01$.

CV coefficient of variation.

Los grupos fenotípicos difieren en uno o más caracteres que los distinguen. El grupo 1 se caracteriza por poseer bajos promedios en peso de frutos por planta y por racimo, con frutos cuadriformes. El grupo 2 se destaca porque generó bajos porcentajes de prendimiento de flores por planta y por racimo, y consecuentemente bajos promedios de frutos por planta y por racimo. En las primeras etapas de desarrollo (30 días después del trasplante), este grupo presentó crecimiento lento pero después se incrementó significativamente. El grupo 3 fue semejante al grupo 2 pero fue tardío a la iniciación floral lo que repercutió en retraso del inicio a fructificación y maduración de sus frutos. El grupo 4 presentó bajo rendimiento por planta y por racimo pero fue precoz a la iniciación floral (tabla 6, pág. 39).

Los grupos 5, 6 y 7 presentaron frutos de mayor tamaño y peso. El grupo 5 generó el mayor rendimiento por planta al quinto racimo y mayor promedio por racimo, aunque fue uno de los más tardíos a iniciación floral. Los grupos 6 y 7 fueron semejantes en número de flores, frutos y peso de frutos por planta y racimo, y también, con el mayor número de lóculos en fruto. Ambos son del tipo riñón pero difieren en tamaño y forma de fruto (tabla 6, pág. 39).

Tabla 6. Valores medios de grupos fenotípicos de tomate de las zonas bajas del Istmo de Tehuantepec, México.
Table 6. Averages of phenotypic groups of tomato from low zones from the Istmo de Tehuantepec, Mexico.

Variables	Grupos fenotípicos (n = número de colectas)												
	1 (19)	2 (6)	3 (4)	4 (2)	5 (1)	6 (4)	7 (2)	8 (12)	9 (7)				
N° de flores por planta	43,0 cd ^t	38,4 e	52,1 b	46,2 c	52,3 b	40,4 de	27,4 f	43,3 cd	62,8 a				
N° de flores por racimo	8,6 cd	7,7 e	10,4 b	9,2 c	10,5 b	8,1 de	5,5 f	8,7 cd	12,6 a				
Peso de frutos por planta (kg)	3,55 e	4,77 d	5,52 c	3,10 e	8,22 a	6,33 b	6,53 b	0,99 f	0,99 f				
Peso de frutos por racimo (kg)	0,71 e	0,95 d	1,10 c	0,62 e	1,64 a	1,27 b	1,31 b	0,20 f	0,20 f				
N° de frutos por planta	38,0 d	34,8 e	48,1 b	44,8 c	48,3 b	24,2 f	23,9 f	39,4 d	58,4 a				
N° de frutos por racimo	7,60 d	6,96 e	9,63 b	8,95 c	9,67 b	4,83 f	4,78 f	7,89 d	11,69 a				
Longitud de fruto (cm)	5,4 cd	6,4 ab	6,6 a	5,0 d	5,9 bc	6,4 ab	6,1 b	3,5 e	3,2 e				
Ancho de fruto (cm)	5,2 e	6,6 c	6,8 c	6,0 d	5,6 de	8,7 a	8,1 b	3,2 f	3,1 f				
N° de lóculos/fruto	4,2 d	7,2 c	7,3 c	10,6 b	4,0 d	11,5 a	11,1 ab	3,3 e	2,5 f				
Altura de planta (cm) a 30 ddt ^t	60,8 bc	59,6 c	60,0 bc	62,3 abc	61,3 abc	65,0 a	60,1 bc	62,6 abc	64,0 ab				
Altura de planta (cm) a 60 ddt	124,5 a	124,1 a	122,8 a	120,3 ab	119,8 ab	116,9 abc	115,9 abc	111,7 bc	109,0 c				
Altura de planta (cm) a 120 ddt	170,9 bcd	179,1 abc	160,9 cd	165,0 bcd	163,0 bcd	183,5 ab	156,2 d	192,8 a	194,3 a				
Días a floración	28,3 bc	25,9 cd	31,0 ab	22,9 d	32,7 a	26,1 cd	27,1 c	25,5 cd	27,6 bc				
Días a fructificación	35,1 bc	32,7 c	37,7 ab	35,1 bc	39,5 a	32,5 c	34,8 c	33,7 c	34,4 c				
Días a maduración	71,0 b	71,0 b	71,1 b	70,9 b	71,2 b	76,0 a	71,6 b	67,3 c	66,3 c				
Diámetro de tallo (cm)	1,8 d	1,7 d	1,9 cd	2,2 a	1,3 e	2,0 bc	2,1 ab	1,4 e	1,3 e				

^t En renglón, medias con la misma letra no difieren significativamente (Tukey, P < 0,05).

^t In row, means with the same letter are not significantly different (Tukey, P < 0,05).

Los grupos 8 y 9 corresponden a los frutos ruderales o hibridaciones naturales pero de tamaño de fruto cercano a los ruderales. El tamaño pequeño implicó que el rendimiento por planta y por racimo fueran bajos, y estos grupos difirieran entre sí en número de flores por planta y por racimo (tabla 6, pág. 39). Esto indica que este último grupo tiene aspectos más cercanos a las poblaciones ruderales descritas por Rodríguez *et al.* (2009), Álvarez-Hernández *et al.* (2009) y Carrillo y Chávez (2010).

Cambios poscosecha

Con base en los grupos de diversidad fenotípica (figura 2, pág. 37), se hizo un análisis de sus diferencias en el comportamiento de los frutos en poscosecha. Hubo diferencias significativas ($P < 0,01$) entre grupos fenotípicos en las variables grados Brix, pH, coordenadas de color L^* y b^* , ángulo Hue y peso de frutos. Entre tiempos de evaluación (al corte y 10 días después) se determinaron diferencias significativas ($P < 0,05$) para todas las variables; y en la interacción tiempo de poscosecha-grupos solo se determinaron diferencias significativas ($P < 0,05$) para °Brix, L^* , b^* y ángulo Hue. Se calcularon coeficientes de variación de 5,0 a 19,3% (tabla 7, pág. 41). Todo esto sugiere que no solo en caracteres agromorfológicos se distinguen las diferencias entre grupos fenotípicos sino que también se reflejan en las características físicas de los frutos en poscosecha o anaquel.

En la comparación de promedios de los frutos evaluados al momento del corte y diez días después de almacenamiento a temperatura ambiente, se notaron cambios importantes en la calidad física. Los grados Brix incrementan su concentración (de 4,1 a 4,6) e indica un cierto incremento en la concentración de sólidos solubles y azúcares ya que el pH presentó un patrón similar, de 3,7 a 4,3. El color se incrementó en los tonos (a^* y b^*) y decreció la brillantez o luminosidad (L^*). El índice de madurez o croma se incrementó (32,8 a 43,0) pero disminuyó el ángulo Hue. Lo que fue evidente es la pérdida de peso, en promedio se notó una disminución de 0,55 a 18,4 g a través de todos los grupos (tabla 8, pág. 41).

Entre grupos fenotípicos de la clasificación descrita en la figura 1 (pág. 36) y tabla 6 (pág. 39), fue notoria la diferencia en poscosecha de acuerdo con el tamaño de fruto, los frutos pequeños (grupo 8 y 9) consecuentemente presentaron la menor pérdida de peso y especialmente el grupo 8 con los mayores valores de grados Brix y pH. Por el contrario en los frutos de mayor tamaño (tipo riñón), los grupos 3, 5, 6 y 7 presentaron menor contenido en grados Brix y pH, mayores pérdidas de peso y valores altos en el ángulo Hue (tabla 8, pág. 41). Estos patrones diferenciales por tamaños de frutos en grados Brix y pH también fueron determinados por Méndez *et al.* (2011).

Cuando se comparó la interacción entre tiempos de evaluación poscosecha (0 y 10 días) y grupos de diversidad fenotípica obtenidos en el análisis de conglomerados, se notó un incremento en °Brix desde el momento del corte a 10 días después de almacenamiento y un patrón semejante se evidenció en pH.

Tabla 7. Cuadros medios del análisis de varianza de las variables de poscosecha, en 57 colectas de tomate.
Table 7. Mean squares of the analysis of variance of postharvest variables in 57 accessions of tomato.

Variables evaluadas	Fuentes de variación					Media	CV (%)
	Tiempo poscosecha (TP)	Bloques/TP [†]	Grupo fenotípico (G)	Colectas/grupo ^{††}	TP*G		
Grados de libertad	1	2	8	48	8		
°Brix	6,433**	0,008 ^{ns}	5,003**	5,921**	0,121**	4,3	5,0
pH	8,562**	0,019 ^{ns}	2,598**	1,852**	0,094 ^{ns}	4,0	6,2
L*	657,220**	108,701**	68,231**	46,051**	64,989**	40,9	10,4
a*	3681,045**	0,547 ^{ns}	49,792**	66,690**	30,562 ^{ns}	23,0	19,3
b*	574,173**	23,278 ^{ns}	79,097**	135,885**	59,047**	29,4	14,6
Índice crom	2878,335**	24,901 ^{ns}	49,118 ^{ns}	128,841**	33,728 ^{ns}	38,0	12,4
Angulo Hue	0,920**	0,003 ^{ns}	0,075**	0,051**	0,054**	0,9	13,2
Peso	0,006*	<0,001 ^{ns}	1,134**	0,103**	<0,001 ^{ns}	495,6	9,0
Pérdida de peso	NA	0,92	1,62**	1,17**	NA	17,02	18,4

† Bloques/TP= bloques anidados en tiempo poscosecha.
 †† Colectas/grupos= accessions nested in phenotypic groups.
 ns no significativo a P > 0,05.
 * significativo a P < 0,05.
 ** significativo a P < 0,01.
 CV coeficiente de variación.
 NA no aplica para esta variable.

† Bloques/TP= blocks nested in postharvest times.
 †† Collections/groups= collectas anidadas en grupos fenotípicos.
 ns not significant at P > 0.05.
 * significant at P < 0.05.
 ** significant at P < 0.01.
 CV coefficient of variation.
 NA not apply for this variable.

Tabla 8. Valores medios de parámetros biofísicos en nueve grupos fenotípicos de poblaciones de tomate en poscosecha.
Table 8. Averages of quality parameters of nine phenotypic groups of tomato populations during postharvest.

Factor	Grados Brix	PH	L*	a*	b*	Croma	Hue	Peso (g)	Pérdida de peso (g)
0 días	4,1 b [†]	3,7 b	42,9 a	16,7 b	27,3 b	32,8 b	1,02 a	504,2 a	NA
10 días	4,6 a	4,3 a	38,8 b	29,0 a	31,4 a	43,0 a	0,82 b	487,1 b	NA
Grupos fenotípicos, con base en la figura 2 (pág. 37)									
1	4,3 b [†]	4,0 bc	40,2 b	24,3 a	29,8 ab	39,0 a	0,90 abc	511,0 d	20,4 a
2	4,0 cd	3,7 c	42,1 ab	23,0 a	27,4 abc	36,5 a	0,89 abc	581,8 c	17,7 ab
3	3,8 de	4,0 bc	40,8 b	22,3 a	29,2 abc	37,8 a	0,94 abc	745,0 b	17,0 ab
4	4,2 bc	4,2 ab	42,5 ab	23,7 a	24,1 c	33,8 a	0,79 c	877,5 a	16,5 ab
5	4,2 bc	4,1 b	45,2 ab	22,5 a	31,1 a	38,7 a	0,96 ab	389,2 e	8,5 b
6	3,7 de	3,2 d	40,2 b	21,4 a	31,0 a	38,0 a	0,99 a	930,9 a	18,4 ab
7	3,6 e	3,7 c	47,4 a	23,9 a	24,9 bc	34,6 a	0,82 bc	385,9 e	12,8 ab
8	5,0 a	4,4 a	40,1 b	21,5 a	30,7 a	38,7 a	0,98 a	325,1 f	14,1 ab
9	4,4 b	4,1 b	40,7 b	22,5 a	29,0 abc	37,1 a	0,91 abc	218,8 g	14,1 ab

† En columna y dentro de cada factor medias con la misma letra
 no difieren significativamente (Tukey, P < 0,05).
 NA no aplica para la variable.

† Column and within each factor averages with the same letter
 are not significantly different (Tukey, P < 0.05).
 NA Does not apply to the variable.

El peso de fruto decreció, fue mayor en los frutos grandes del tipo riñón (grupos 3, 5, 6 y 7), debido a mayor contenido de agua, que en los pequeños tipo cereza o sus variantes (grupo 8 y 9); no obstante, fue proporcional en todos los frutos porque no se determinaron diferencias significativas entre grupos. Este mismo patrón de decremento se observó en el ángulo Hue que ayuda a comparar la intensidad de los tonos (a^* y b^*), el cual decrece con el tiempo de almacenamiento y en términos del consumidor se piensa que pierden su frescura (tabla 9).

Tabla 9. Valores medios de la interacción tiempo de almacenamiento poscosecha y grupos fenotípicos, en relación a caracteres físicos de frutos.

Table 9. Averages of the interaction postharvest storage time and phenotypic groups, in relation to physical characteristics of fruits.

Grupo	Tiempo poscosecha (días)	°Brix	pH	L*	a*	b*	Peso	Índice cromata	Ángulo Hue
1	0	4,0 b†	3,6 a	40,6 a	18,4 a	27,1 a	521,2 a	33,3 a	0,98 a
	10	4,7 a	4,2 a	39,8 a	30,3 a	32,7 a	500,8 a	44,8 a	0,82 a
2	0	3,8 b	3,4 a	46,0 a	15,1 a	24,6 a	590,7 a	29,8 a	1,01 a
	10	4,2 a	4,1 a	38,3 b	30,8 a	30,2 a	573,0 a	43,3 a	0,77 b
3	0	3,5 b	3,6 a	42,7 a	16,0 a	28,4 a	753,5 a	34,0 a	1,09 a
	10	4,2 a	4,3 a	39,0 a	27,8 a	30,2 a	736,5 a	41,1 a	0,81 b
4	0	4,0 b	3,8 a	44,9 a	20,8 a	21,2 a	885,8 a	29,8 a	0,79 a
	10	4,4 a	4,6 a	40,1 a	26,6 a	27,1 a	869,3 a	37,9 a	0,80 a
5	0	4,1 a	4,0 a	47,4 a	16,3 a	29,6 a	393,5 a	33,9 a	1,07 a
	10	4,3 a	4,3 a	43,0 a	28,7 a	32,7 a	384,9 a	43,6 a	0,85 b
6	0	3,5 b	3,0 a	40,7 a	16,2 a	25,6 b	940,1 a	31,0 a	1,04 a
	10	4,0 a	3,4 a	39,7 a	26,5 a	36,4 a	921,7 a	45,0 a	0,94 a
7	0	3,5 a	3,4 a	52,4 a	19,1 a	22,1 a	392,3 a	29,3 a	0,87 a
	10	3,8 a	4,0 a	42,4 b	28,7 a	27,7 a	379,5 a	40,0 a	0,77 a
8	0	4,8 b	4,2 a	43,8 a	14,1 a	30,6 a	332,1 a	35,2 a	1,16 a
	10	5,3 a	4,6 a	36,5 b	28,3 a	30,8 a	318,0 a	41,9 a	0,82 b
9	0	4,1 b	3,8 a	42,9 a	16,5 a	27,7 a	225,8 a	32,4 a	1,03 a
	10	4,7 b	4, a	38,6 a	28,5 a	30,3 a	211,7 a	41,8 a	0,81 b

† En columna y dentro de cada interacción, medias con la misma letra no difieren significativamente (Tukey, $P < 0,05$).

† In column and within each interaction, means with the same letter are not different significantly (Tukey, $P < 0.05$)

CONCLUSIONES

Hubo diferencias significativas en 16 caracteres agromorfológicos y fenológicos entre y dentro de los tres grupos de acervos genéticos preclasificados:

- ruderales.
- formas intermedias, debido a la combinación de caracteres de materiales ruderales y cultivados.
- cultivadas. Esto con base en la caracterización de 57 colectas originarias de las zonas bajas del Istmo de Tehuantepec.

La variabilidad agromorfológica y fenológica descrita se clasificó en nueve grupos de diversidad fenotípica, con base en el análisis descriptivo de componentes principales y de conglomerados de agrupamiento jerárquico. Entre y dentro de grupos fenotípicos

hubo diferencias significativas ($P < 0,01$) en el análisis de varianza de cada variable evaluada. Así, los grupos difieren en uno o más de los caracteres evaluados de flor, fruto, altura de planta, y estados fenológicos de iniciación de la floración, fructificación y maduración de frutos.

Los grupos de diversidad fenotípica difieren significativamente ($P < 0,01$) en las características biofísicas de sus frutos almacenados a temperatura ambiente ($20,6\pm 5^{\circ}\text{C}$ de temperatura y $34\pm 10\%$ de humedad relativa) relacionadas con $^{\circ}\text{Brix}$, pH, color en coordenadas L^* y b^* , ángulo Hue y pérdida de peso en frutos. En tiempos de almacenamiento (0 y 10 días), se determinaron diferencias significativas ($P < 0,05$) en todas las variables biofísica. Con 10 días de almacenamiento se incrementó, en relación con el corte, el contenido de $^{\circ}\text{Brix}$ y pH e índice croma, medidas indirectas de incremento en la madurez de los frutos, y consecuentemente decreció el peso de fruto. Se determinó una interacción significativa entre grupos fenotípicos y tiempo de almacenamiento ($P < 0,01$) en $^{\circ}\text{Brix}$, L^* , b^* y ángulo Hue; decreció el valor de $^{\circ}\text{Brix}$ y ángulo Hue.

BIBLIOGRAFÍA

1. Agong, S. G.; Schittenhelm, S.; Friedt, W. 1997. Assessment of tolerance to salt stress in Kenyan tomato germplasm. *Euphytica*. 95: 57-66.
2. Alonso, A.; Vázquez-Araujo, L.; García-Martínez, S.; Ruiz, J. J.; Carbonell-Barrachina, A. A. 2009. Volatile compounds of traditional varieties and virus-resistant breeding lines of *Muchamiel* tomatoes. *European Food Research and Technology*. 230: 315-323.
3. Altieri, M. A.; Merrick, L. C. 1987. In situ conservation of crop genetic resources through maintenance of traditional farming systems. *Economic Botany*. 41: 86-96.
4. Álvarez-Hernández, J. C.; Cortez-Madrigal, H.; García-Ruiz, I. 2009. Exploración y caracterización de poblaciones ruderales de tomate (*Solanaceae*) en tres regiones de Michoacán, México. *Polibotánica*. 28: 139-159.
5. Association of Official Analytical Chemists (AOAC), 1990. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, USA. Vol. 2: 685-1298.
6. Brewer, M. T.; Moiseenko, J. B.; Monforte, A. J.; van der Knaap, E. 2007. Morphological variation in tomato: a comprehensive study of quantitative trait loci controlling fruit shape and development. *Journal of Experimental Botany*. 58: 1339-1349.
7. Carrillo-Rodríguez, J. C.; Chávez-Servia, J. L. 2010. Caracterización agromorfológica de muestras de tomate de Oaxaca. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 33 (Especial 4): 1-6.
8. Carrillo-Rodríguez, J. C.; López-Mendoza, H.; Chávez-Servia, J. L.; Rodríguez-Guzmán, E.; Sánchez-Peña, P.; Lobato-Ortiz, R. 2012. Phenotypic divergence on growth and productivity of wild and semi-domesticated cherry tomato grown under greenhouse conditions. *Acta Horticulturae (ISHS)*. 947: 375-380.
9. Casierra-Posada, F.; Aguilar-Avendaño, O. E. 2008. Calidad en frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cosechados en diferentes estados de madurez. *Agronomía Colombiana*. 26 (2): 300-307.
10. Chávez-Servia, J. L.; Carrillo-Rodríguez, J. C.; Vera-Guzmán, A. M.; Rodríguez-Guzmán, E.; Lobato-Ortiz, R. 2011. Utilización actual y potencial del jitomate silvestre mexicano. Subsistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (SINAREFI), Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, CIIDIR-Unidad Oaxaca del Instituto Politécnico Nacional e Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Oaxaca, México. 72 p.
11. IPGRI. 1996. Descriptors for tomato (*Lycopersicon* spp.). International Plant Genetic Resources Institute. Rome, Italy. 49 p.
12. Jarvis, D. I.; Hodgkin, T. 1999. Wild relatives and crop cultivars: detecting natural introgression and farmer selection of new genetic combinations in agroecosystems. *Molecular ecology*. 8: 159-173.
13. Jenkins, J. A. 1948. The origin of the cultivated tomato. *Economic Botany*. 2: 379-392.
14. Jordán, J. A. 2007. The heirloom tomato as cultural object: Investigating taste and space. *Sociologia Ruralis*. 47: 20-41.

15. Mazzucato, A.; Ficcadeti, N.; Caioni, M.; Mosconi, P.; Piccinini, E.; Sanmpudi, V.R. R.; Sestili, S., Ferrari, V. 2010. Genetic diversity and distinctiveness in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) landraces: The Italian case study of 'A pera Abruzzese'. *Scientia Horticulturae*. 125: 55-62.
16. Medina, C. I.; Lobo, M. 2001. Variabilidad morfológica del tomate pajarito (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*), precursor del tomate cultivado. *Revista CORPOICA*. 3: 39-50.
17. Méndez, I. I.; Vera, G. A. M.; Chávez, S. J. L.; Carrillo, R. J. C. 2011. Quality of fruits in Mexican tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) landraces. *VITAE-Revista de la Facultad de Química Farmacéutica*. 18 (1): 26-32.
18. Peralta, I. E.; Spooner, D. M. 2003. Relationships and morphological characterization and relationships of wild tomatoes (*Solanum* L. section *Lycopersicon*). *Monography of Systematic Botany of the Missouri Botanical Garden*. 104: 227-257.
19. Peralta, I. E.; Spooner, D. M. 2007. History, origin and early cultivation of tomato (Solanaceae). In: Razdan, M. K.; Mattoo, A. K. (Eds). *Genetic Improvement of Solanaceous Crop. Tomato*. Science Publishers. Enfield, New Hampshire, USA. Vol. 2: 1-24.
20. Pickersgill, B. 2007. Domestication of plants in the Americas: Insights from Mendelian and molecular genetics. *Annals of Botany*. 100:925-940.
21. Reis, A., de Brito G. L., Lopes, C. A.; Silva, L. 2004. Novel sources of multiple resistances to three races of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* in *Lycopersicon* germplasm. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*. 4: 495-502.
22. Rick, C. M.; Fobes, J. F. 1975. Allozyme variation in the cultivated tomato and closely related species. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*. 102: 376-384.
23. Rick, C. M.; Holle, M. 1990. Andean *Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*: genetic variation and its evolutionary significance. *Economic Botany* 43(3 Supplement.): 69-78.
24. Rick, C. M.; Chetelat, R. T. 1995. Utilization of related wild species for tomato improvement. *Acta Horticulturae*. 412: 21-38.
25. Robertson, L. D.; Labate, J. A. 2007. Genetic resources of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) and wild relatives. In: Razdan, M. K.; Mattoo A. K. (Eds). *Genetic Improvement of Solanaceous Crop. Tomato*. Science Publishers. Enfield, New Hampshire, USA. Vol. 2: 25-75.
26. Rodríguez, E.; Vargas, D.; Sánchez, J. J.; Lépez, R.; Rodríguez, A.; Ruiz, J. A.; Puente, P.; Miranda, O. 2009. Etnobotánica de *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* en el Occidente de México. *Naturaleza y Desarrollo*. 7: 46-59.
27. Rodríguez-Burruezo, A.; Prohens, J.; Rosello, S.; Nuez, F. 2005. "Heirloom" varieties as sources of variation for the improvement of fruit quality in greenhouse-grown tomatoes. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 80: 453-460.
28. Sambo, P.; Brigi, A.; Bona, S.; Giannini, M.; Marangon, A.; Zanini T. 2009. Comparison among heirlooms and hybrids of 'Cue di Bue' tomato: A global approach to quality evaluation. *Acta Horticulturae (ISHS)*. 807: 181-186.
29. San-San-Yi; Jatoi, S. A.; Fujimura, T.; Yamanaka, S.; Watanabe, J.; Watanabe, K. N. 2008. Potential loss of unique genetic diversity in tomato landraces by genetic colonization of modern cultivars at a non-center of origin. *Plant Breeding*. 127: 189-196.
30. Scott, J. W.; Gardner, R. G. 2007. Breeding for resistance to fungal pathogens. In: Razdan, M. K.; Mattoo, A. K. (Eds). *Genetic Improvement of Solanaceous Crop. Tomato*. Science Publishers. Enfield, New Hampshire, USA. Vol. 2: 421-456.
31. Statistical Analysis System (SAS). 2000. *Statistics Analysis system. Software Release 8.1*. SAS Institute Inc. Cary, North Carolina, USA.
32. Tanksley, S. D. 2004. The genetic, developmental, and molecular bases of the fruit size and shape variation in tomato. *The Plant Cell*. 16: 181-189.
33. Terzopoulos, P. J.; Bebeli, P. J. 2008. DNA and morphological diversity of selected Greek tomato (*Solanum lycopersicum* L.) landraces. *Scientia Horticulturae*. 116: 354-361.
34. Terzopoulos, P. J.; Bebeli, P. J. 2010. Phenotypic diversity in Greek tomato (*Solanum lycopersicum* L.) landraces. *Scientia Horticulturae*. 126: 138-144.
35. Vásquez-Ortiz, R.; Carrillo-Rodríguez, J. C.; Ramírez-Vallejo, P. 2010. Evaluación morfo-agronómica de una muestra del jitomate nativo del Centro y Sureste de México. *Revista Naturaleza y Desarrollo*. 8(2): 49-64.
36. Veremis, J. C.; Cao, G. B.; Roberts, P. A. 1997. A search for resistance in *Lycopersicon* spp. to *Nacobbus aberrans*. *Plant Disease*. 81:217-221.