



**COLEGIO DE POSTGRADUADOS**  
INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

**CAMPUS MONTECILLO**

**POSTGRADO EN RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD  
FISIOLOGÍA VEGETAL**

**DIVERSIDAD MORFOLÓGICA Y AGRONÓMICA DE  
POBLACIONES NATIVAS DE JITOMATE DEL CENTRO, SUR Y  
SURESTE DE MÉXICO**

**YOLANDA DEL ROCIO MORENO RAMÍREZ**

**T E S I S**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRA EN CIENCIAS**

**MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO  
2010**

La presente tesis, titulada: **Diversidad morfológica y agronómica de poblaciones nativas de jitomate del Centro, Sur y Sureste de México**, realizada por la alumna: **Yolanda del Rocio Moreno Ramírez**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRA EN CIENCIAS  
RECURSOS GENETICOS Y PRODUCTIVIDAD  
FISIOLOGÍA VEGETAL**

**CONSEJO PARTICULAR**

**CONSEJERO:**



**DR. PORFIRIO RAMÍREZ VALLEJO**

**ASESOR:**



**DR. SALVADOR MIRANDA COLÍN**

**ASESOR:**



**DR. CRESCENCIANO SAUCEDO VELÓZ**

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Julio de 2010

## RESUMEN

### DIVERSIDAD MORFOLÓGICA Y AGRONÓMICA DE POBLACIONES NATIVAS DE JITOMATE DEL CENTRO, SUR Y SURESTE DE MÉXICO

Yolanda del Rocio Moreno Ramírez, MC.

Colegio de Postgraduados, 2010

En el ciclo Otoño-Invierno 2008 se evaluaron en planta, estructura floral y fruto, 30 poblaciones nativas procedentes de Campeche, Yucatán, Guerrero, Oaxaca, Puebla y la región Puebla-Hidalgo, teniendo como testigos cuatro líneas derivadas de poblaciones mejoradas y el cultivar Caimán® Enza Zaden. Los siete grupos se establecieron con base en un diseño factorial al azar con tres repeticiones y cuatro individuos por repetición; las poblaciones dentro de cada conjunto se analizaron con base en un diseño de bloques al azar. La evaluación se realizó en condiciones de hidroponía con solución nutritiva universal Steiner e invernadero, a la densidad de cinco plantas por m<sup>2</sup>.

Se analizaron 36 características cuantitativas y 17 cualitativas en componentes principales, correspondencia simple y conglomerados (UPGMA). Se realizó un análisis de varianza simple por población y acervo, en 11 características cuantitativas y siete cualitativas para la evaluación agronómica.

La variabilidad morfológica de características cuantitativas y cualitativas fue amplia. Las 35 poblaciones mostraron diferencias en peso, tamaño, número y forma de fruto, características que se relacionan con el grado de domesticación y constituyen elementos de diferenciación regional. La mayor variación entre poblaciones ocurrió en peso, longitud y número de frutos; el peso y número de frutos son características determinantes en la separación de las poblaciones. Dentro de acervos genéticos se observó menor variación morfológica que entre regiones. Aunque el rendimiento de las poblaciones nativas no superó al cv. Caimán, los índices de color fueron superiores en las poblaciones tradicionales y silvestres, respecto al híbrido, el grado de variabilidad observado se puede explicar por la amplia adaptación de las poblaciones a diversas condiciones agroecológicas, a la forma en que los agricultores cultivan, mantienen y conservan sus poblaciones, a los usos regionales específicos, a los criterios de selección particulares, la naturaleza alógama de algunas poblaciones y el intercambio de semillas a nivel local y regional. La amplia variación en características agronómicas y de calidad de las poblaciones nativas ofrece un gran potencial de atributos agronómicos y de calidad organoléptica. La diversidad genética y de atributos agronómicos, además de las propiedades organolépticas que exhiben las poblaciones nativas y silvestres es amplia; cada acervo y población muestra potencial genético con múltiples posibilidades de utilización.

**Palabras clave:** *Lycopersicon esculentum*, morfología, población nativa, acervo genético, diversidad.

## SUMMARY

### MORPHOLOGICAL AND AGRONOMICAL DIVERSITY OF TOMATO LANDRACES FROM SEVEN REGIONS OF CENTRAL, SOUTH AND SOUTHEASTERN MÉXICO

Yolanda del Rocio Moreno Ramírez, MC

Colegio de Postgraduados, 2010

During the Fall-Winter season in 2008, plant, fruit and flower structure was scored in 30 landraces from Campeche, Yucatan, Guerrero, Oaxaca, Puebla and the Puebla-Hidalgo region. Four lines derived from improved populations and cv. Caiman® Enza Zaden were used as controls. The groups were arranged using a factorial random design which included three repetitions and four individuals per repetition. Populations within each group were analyzed using a random block design. Plants were sowed using hydroponics with Steiner's solution in a greenhouse, at five plants per square meter density.

36 quantitative and 17 qualitative characteristics were analyzed using principal components, simple correspondence, and conglomerates (UPGMA). For the agronomical test, a simple ANOVA was performed on populations and stocks using 11 quantitative and seven qualitative characteristics. Morphological variability of quantitative and qualitative characteristics was ample. The 35 populations showed differences in weight, size, number and fruit shape. These characteristics relate to degree of cultivation and make-up elements that differentiate the population by region. Within the genetic stocks, little morphological variability occurred compared to regions. While landrace yield did not outperform cv. Caiman, color indices were superior in traditional and wild populations. The level of variability can be explained by population adaptability to agronomical and ecological conditions; to sowing, storage and preservation by growers; to specific regional uses; to selection criteria; the inherent alogamy in some populations; and to seed interchange at local and regional levels. This ample variability in agronomical and quality characteristics in the tested landraces offers a great potential of agronomic traits and organoleptic attributes. Genetic diversity, agronomic traits and organoleptic attributes shown in landraces and wild populations is ample. Each stock and population shows genetic potential that opens many possibilities for their use.

**Keywords:** *Lycopersicon esculentum*, morphology, landraces, genetic stock, diversity.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el financiamiento económico otorgado para realizar mis estudios de postgrado.

Al Colegio de Postgraduados y a la especialidad de Fisiología vegetal del Instituto de Recursos genéticos y Productividad por haberme brindado la oportunidad de realizar mis estudios.

Al CONACyT por el apoyo brindado para la realización de la presente investigación a través del proyecto de Valoración Integral de la Diversidad de Poblaciones Nativas de Jitomate Mexicano.

Al Dr. Porfirio Ramírez Vallejo, por su enseñanza, dedicación, disciplina, responsabilidad y apoyo en la dirección de ésta investigación.

Al Dr. Salvador Miranda Colín, por su contribución en mi formación académica, dirección y sugerencias para el enriquecimiento de éste trabajo de investigación.

Al Dr. Crescenciano Saucedo Veloz por su asesoría, interés y sugerencias en esta investigación.

Al Dr. José Apolinar Mejía Contreras, por su interés en éste trabajo de investigación.

Al Dr. Manuel Sandoval Villa, por su contribución en ésta investigación.

Al Dr. Ángel Villegas Monter, por su amistad y apoyo incondicional, gracias por tener la palabra prudente en el momento oportuno.

A Aremi Rebeca y a Cesar del Ángel, por su amistad, apoyo y cariño, gracias...

Gracias a Mario, a Huitzimengari, a Ma. Ema y al Dr. Iván Ramírez por su contribución en esta investigación.

## **DEDICATORIA**

*A mi madre y hermanos, por acompañarme y vivir conmigo todo momento y detalle de la vida; cada paso que doy es por ustedes, aun cuando la distancia se acrecenté no dejo de extrañarlos a cada instante, son mi fuerza y el motivo del que yo sea feliz, los amo ...*

*A Rocandio con amor ...*

*A Swemy, mi delicado y tierno “sueño”*

*A la Agronomía, a la agricultura y al agricultor, con admiración, respeto y gratitud.*

*La naturaleza tiene la clave a nuestras  
satisfacciones estéticas, intelectuales,  
cognitivas, de sustento, y aún ...espirituales.*

***Edward O. Wilson***

## ÍNDICE GENERAL

	<b>Página</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL</b>	<b>1</b>
REVISIÓN DE LITERATURA	8
HIPÓTESIS	19
OBJETIVOS	19
LITERATURA CITADA	20
<b>CAPÍTULO II. DIVERSIDAD MORFOLÓGICA DE POBLACIONES NATIVAS DE JITOMATE PROCEDENTES DEL CENTRO, SUR Y SURESTE DE MÉXICO</b>	<b>26</b>
RESUMEN	26
INTRODUCCIÓN	27
MATERIALES Y MÉTODOS	32
Material genético	32
Sitio experimental	32
Unidad y diseño experimental	33
Conducción del experimento	33
Características evaluadas	34
Análisis estadísticos	38
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
CONCLUSIONES	64
LITERATURA CITADA	65
<b>CAPÍTULO III. DIVERSIDAD EN CARACTERÍSTICAS DE INTERÉS AGRONÓMICO EN POBLACIONES NATIVAS DE JITOMATE</b>	<b>68</b>
RESUMEN	68
INTRODUCCIÓN	69
MATERIALES Y MÉTODOS	72
Material genético	72
Sitio experimental	73
Unidad y diseño experimental	73
Conducción del experimento	74
Características evaluadas	73
Análisis estadísticos	74
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	78
CONCLUSIONES	101
LITERATURA CITADA	103
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN GENERAL</b>	<b>105</b>

## ÌNDICE DE CUADROS

	<b>Página</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>Cuadro 1.</b> Descripción de especies silvestres de <i>Lycopersicon</i>	2
<b>Cuadro 2.</b> Comparación de clasificaciones de <i>Lycopersicon</i>	9
<b>Cuadro 3.</b> Sistema de reproducción de <i>Lycopersicon</i> propuesta por Rick (1987).	
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>Cuadro 4.</b> Origen y tipo de población nativa de jitomate del Centro, Sur y Sureste de México, líneas derivadas y un cultivar comercial. Montecillo, Estado de México. 2008.	33
<b>Cuadro 5.</b> Características cuantitativas evaluadas para la evaluación morfológica de poblaciones de jitomate del Centro, Sur y Sureste de México, líneas derivadas y un cultivar comercial. Montecillo, Estado de México. 2008.	36
<b>Cuadro 6.</b> Características cualitativas evaluadas para la evaluación morfológica de poblaciones de jitomate del Centro, Sur y Sureste de México, líneas derivadas y un cultivar comercial. Montecillo, Estado de México. 2008.	37
<b>Cuadro 7.</b> Escala general de reacción utilizada en la calificación fitopatológica, en 30 poblaciones de jitomate del Centro, Sur y Sureste de México, líneas derivadas y un cultivar comercial. Montecillo, Estado de México. 2008.	38
<b>Cuadro 8.</b> Intervalos de variación, promedio, desviación estándar y coeficiente de variación de 24 variables cuantitativas evaluadas en poblaciones de jitomate del Centro, Sur y Sureste de México, líneas derivadas y un cultivar comercial. Montecillo, Estado de México. 2008.	41
<b>Cuadro 9.</b> Valores característicos, varianzas total y acumulada explicadas por ocho componentes principales de 24 características cuantitativas en 30 poblaciones de jitomate del Centro, Sur y Sureste de México, líneas derivadas y un cultivar comercial. Montecillo, Estado de México. 2008.	43



<b>Cuadro 10.</b>	Vectores característicos de las 24 características de los primeros ocho componentes principales en 30 poblaciones de jitomate del Centro, Sur y Sureste de México, líneas derivadas y un cultivar comercial. Montecillo, Estado de México. 2008.	44
<b>Cuadro 11.</b>	Coeficiente de determinación de las 24 características de los primeros ocho componentes principales en 30 poblaciones de jitomate del Centro, Sur y Sureste de México, líneas derivadas y un cultivar comercial. Montecillo, Estado de México. 2008.	45
<b>Cuadro 12.</b>	Valores de la descomposición de la inercia y Chi-cuadrada del análisis de correspondencia simple de 30 poblaciones nativas de jitomate del Centro, Sur y Sureste de México, líneas derivadas y un cultivar comercial. Montecillo, Estado de México. 2008.	53
<b>Cuadro 13.</b>	Contribuciones relativas (CR) y absolutas (CA) asociadas a los principales ejes del Análisis de correspondencia simple en poblaciones nativas, líneas derivadas y un cultivar comercial. Montecillo, Estado de México. 2008.	54
<b>Cuadro 14.</b>	Moda de siete grupos del análisis de conglomerados de 30 poblaciones de jitomate del Centro, Sur y Sureste de México, cuatro líneas derivadas y un cultivar comercial. Montecillo, Estado de México. 2008.	58

### CAPÍTULO III

<b>Cuadro 15.</b>	Origen y tipo de población nativa de jitomate del Centro, Sur y Sureste de México, líneas derivadas y un cultivar comercial evaluados en Montecillo, Estado de México. 2008.	73
<b>Cuadro 16.</b>	Nutrición y manejo de plagas y enfermedades de seis acervos genéticos de jitomate del Centro, Sur y Sureste de México y un grupo de germoplasma mejorado. Montecillo, Estado de México. 2008.	75
<b>Cuadro 17.</b>	Características de interés agronómico evaluadas en poblaciones nativas del Centro, Sur y Sureste de México, líneas derivadas y un cultivar comercial. Montecillo, Estado de México. 2008.	76
<b>Cuadro 18.</b>	Promedio de características morfológicas y fenológica de seis acervos genéticos nativos de jitomate procedentes del Centro, Sur y Sureste de México y un grupo de germoplasma mejorado. Montecillo, Estado de México. 2008.	79
<b>Cuadro 19.</b>	Componentes de rendimiento de seis acervos genéticos nativos de jitomate procedentes del Centro, Sur y Sureste de México y un grupo de germoplasma mejorado. Montecillo, Estado de México. 2008.	82

<b>Cuadro 20.</b> Promedios de parámetros de color de seis acervos genéticos nativos de jitomate procedentes del Centro, Sur y Sureste de México y un grupo de germoplasma mejorado. Montecillo, Estado de México. 2008.	83
<b>Cuadro 21.</b> Promedio de características morfológicas y fenológica dentro de seis acervos genéticos nativos de jitomate procedentes del Centro, Sur y Sureste de México y un grupo de germoplasma mejorado. Montecillo, Estado de México. 2008	86
<b>Cuadro 22.</b> Componentes de rendimiento dentro de seis acervos genéticos nativos de jitomate procedentes del Centro, Sur y Sureste de México y un grupo de germoplasma mejorado. Montecillo, Estado de México. 2008.	90
<b>Cuadro 23.</b> Promedio de parámetros de color dentro de seis acervos genéticos nativos de jitomate procedentes del Centro, Sur y Sureste de México y un grupo de germoplasma mejorado. Montecillo, Estado de México. 2008.	92
<b>Cuadro 24.</b> Promedio de siete variables morfológicas y una variable fenológica evaluadas de 30 poblaciones de jitomate procedentes del Centro, Sur y Sureste de México y de cinco materiales mejorados. Montecillo, Estado de México. 2008.	93
<b>Cuadro 25.</b> Componentes de rendimiento de 30 poblaciones de jitomate procedentes del Centro, Sur y Sureste de México y de cinco materiales mejorados. Montecillo, Estado de México. 2008.	95
<b>Cuadro 26.</b> Promedio de parámetros de color evaluados de 30 poblaciones de jitomate procedentes del Centro, Sur y Sureste de México y de cinco materiales mejorados. Montecillo, Estado de México. 2008.	96

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Página</b>
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>Figura 1.</b> Correlación de 32 variables cuantitativas, con respecto a los dos primeros componentes principales.	43
<b>Figura 2.</b> Representación grafica en el plano de los dos primeros componentes principales, de la dispersión de la variación morfológica de poblaciones de jitomate del Centro, Sur y Sureste de México, líneas derivadas y un cv. comercial. Montecillo, Estado de México. 2008.	49
<b>Figura 3.</b> Agrupamiento de poblaciones nativas de jitomate del Centro, Sur y Sureste de México, líneas derivadas y un cv. comercial, con base en 24 variables morfológicas cuantitativas. Montecillo, Estado de México. 2008.	52
<b>Figura 4.</b> Distribución espacial de poblaciones nativas de jitomate del Centro, Sur y Sureste de México, cuatro líneas derivadas y un cv. comercial, con base en los dos primeros ejes del análisis de correspondencia de 18 variables cualitativas. Montecillo, Estado de México. 2008.	56
<b>Figura 5.</b> Agrupamiento de 30 poblaciones nativas de jitomate del Centro, Sur y Sureste de México, cuatro líneas derivadas y un cv. comercial híbrido, con base a 18 variables morfológicas cualitativas. Montecillo, Estado de México. 2008.	59
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>Figura 6.</b> Parámetros de color CIE, matiz y croma	77
<b>Figura 7.</b> Frecuencia de respuesta a <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> , <i>Alternaria solani</i> y <i>Fusarium spp</i> en seis acervos genéticos de jitomate nativo y un grupo de germoplasma mejorado del Estado de México.	81
<b>Figura 8.</b> Distribución de la frecuencia de 30 poblaciones de jitomate del Centro, Sur y Sureste de México, cuatro líneas derivadas y un cv. comercial con base en el grosor de pericarpio del fruto. Montecillo, Estado de México. 2008.	98

- Figura 9.** Distribución de la frecuencia para días de madurez comercial de 30 poblaciones de jitomate del Centro, Sur y Sureste de México, cuatro líneas derivadas y un cv. comercial con base en el grosor de pericarpio del fruto. Montecillo, Estado de México. 2008. 99
- Figura 10.** Distribución de la frecuencia para peso promedio de fruto (g) de 30 poblaciones de jitomate del Centro, Sur y Sureste de México, cuatro líneas derivadas y un cv. comercial con base en el grosor de pericarpio del fruto. Montecillo, Estado de México. 2008. 100
- Figura 11.** Frecuencia por número de frutos por planta de 30 poblaciones de jitomate del Centro, Sur y Sureste de México, cuatro líneas derivadas y un cv. comercial con base en el grosor de pericarpio del fruto. Montecillo, Estado de México. 2008 100

## INTRODUCCIÓN GENERAL

El centro de origen de *Lycopersicon* es la región Sur-Central de Perú (Rick, 1975; Bai y Lindhout, 2007), donde se localizan ocho especies silvestres (Larry y Joanne, 2007). La amplia habilidad de adaptación del género, permite encontrarlo tanto en ambientes secos extremos considerados hostiles, como en ambientes muy húmedos y en altitudes que van desde el nivel del mar hasta 3300 m en áreas montañosas (Foolad, 2007).

La distribución actual de los parientes silvestres de *Lycopersicon* se extiende del Norte de Chile, y Oeste de Bolivia hasta el Ecuador y las islas Galápagos (Cuadro 1). *L. pennellii* se distribuye del Norte de Perú al Norte de Chile a 3000 m de altitud; *L. peruvianum* se encuentra desde los 100 hasta los 2500 m en los Valles Andinos del Norte de Perú; *L. hirsutum* en los Andes, y desde el centro de Ecuador hasta Perú, a 500-2500 m; *L. parviflorum* en el Sur de Perú y Norte de Ecuador, entre los 1950 y 2600 m; *L. chmeilewskii* se localiza desde el Sur de Perú hasta Sorata en el Norte de Bolivia, en altitudes que varían entre 2300 y 2880 m; *L. chilense* se establece desde el Sur de Perú hasta el Norte de Chile a 2000 m de altitud; *L. cheesmaniae* es endémico en las islas Galápagos a 500m de altura; *L. pimpinellifolium* es nativo de las costas de Ecuador y Chile, en altitudes de 0 a 500 msnm (Peralta *et al.*, 2002); *L. esculentum* se encuentra en la región de Mesoamérica en tanto que *L. esculentum* var. *cerasiforme* se localiza en Mesoamérica y el Caribe (Rick, 1975).

Se asume que la domesticación de *Lycopersicon* ocurrió en México, por evidencias históricas, culturales, lingüísticas y etnobotánicas (Jenkins, 1948). *Xitomath* procede de dos vocablos náhuatl: *xictl*= ombligo, *tomatl*= tomate (tomate de ombligo), vocalizado en castellano como jitomate (Gould, 1983). Los registros históricos señalan que en 1523 el jitomate se encontró en forma domesticada en México (Rick, 1995), de donde viajó a Europa después de la conquista española, y se dispersó a Francia, Inglaterra e Italia, principalmente; fue hasta 1596 que se aceptó como fruto comestible. Es de señalar que ha principios del siglo XIX enfrentó supuestos de toxicidad por su contenido de glicoalcaloides y su parentesco con la mandrágora y la belladona (Nuez *et al.*, 1996 y Rodríguez *et al.*, 2001). Los primeros países en los que el jitomate adquirió importancia comercial fueron España e Italia (Ruiz *et al.*, 2005a).

**Cuadro 1.** Descripción de especies silvestres de *Lycopersicon* (Tomado de Spooner *et al.*, 2005).

Especies	Color del fruto	Sistema de reproducción	Habitad y distribución	Caracteres de importancia en Mejoramiento
<i>L. cheesmaniae</i>	Amarillo, naranja	AC exclusivamente	En Galápagos, en elevaciones bajas con suelos salinos hasta aéreas volcánicas a 1300 msnm	Tolerancia a salinidad, resistencia a <i>Lepidoptera</i> y virus, genes involucrados en la retención de frutos y grosor de pericarpio,
<i>L. chilense</i>	Verde, rayas moradas	AC y AIC	Localizado desde el Sur de Perú hasta el Norte de Chile, desde 0-3000 msnm simpátrico con <i>L. peruvianum</i> habita en ríos secos, sobrevive por la profundidad de sus raíces.	Resistencia a sequia.
<i>L. chmielewskii</i>	Verde	AC y AL facultativo	Nativo del Sur de Perú al Norte de Bolivia, desde 1500 a 3000 msnm, en sitios ligeramente drenados, con <i>L. parviflorum</i> .	Contribuye al alto contenido de azúcar.
<i>L. hirsutum</i>	Verde	Típicamente AIC	Desde el Suroeste de Ecuador hasta la parte Sur de Perú central, distribuido a una altitud de 500 a 3300 msnm, localizado en regiones con suelos drenados	Tolerancia a fríos y heladas, resistencia a insectos.
<i>L. esculentum</i>	Rojo	AC, AL facultativo	Centroamérica	Tolerancia a humedad, resistencia a marchitez, pudrición de raíces.
<i>L. parviflorum</i>	Verde pálido	AC altamente Au	Desde el Sur de Ecuador al Sur de Perú, de 1500 a 3000 msnm ambientes bien drenados, sitios del Pacífico, encontrado generalmente con <i>L. chmielewskii</i>	
<i>L. pennellii</i>	Verde	Usualmente AIC, aunque AC en regiones del Sur.	Desde las costas del Perú hasta en elevaciones, (50 a 1500 msnm), regiones calurosas y secas.	Resistencia a sequia, pubescencia densa y pelos glandulares propician resistencia a insectos.
<i>L. peruvianum</i>	Verde	Típicamente AIC, AL y Au	En el Norte de Perú al Norte de Chile, de 0-3000 msnm, distintos ambientes.	Resistencia a virus, bacterias, hongos, afidos y nematodos.
<i>L. pimpinellifolium</i>	Rojo	AC, Au, AL facultativos	Nativo del Sur de Ecuador al Norte de Perú, desde las costas del Pacífico, hasta valles, 1000 msnm, a veces cultivado.	Color, calidad de fruto, resistencia a nematodos, insectos y enfermedades.

\*AC= Auto compatible, AIC= Auto incompatible AL=Alógama, Au= Autocompatible.

La domesticación del jitomate, según Rick (1975), fue acompañada de la transición del estigma expuesto a oculto, fenómeno evolutivo relacionado con la reproducción sexual. Una hipótesis común y actualmente aceptada, es que *L. esculentum* var. *cerasiforme* es el progenitor del jitomate cultivado (Chakrabosrti *et al.*, 1992; Nessbitt y Tanskley, 2002).

Estudios con isoenzimas han revelado una mayor similitud entre las variedades domesticadas europeas y las variedades domesticadas primitivas con los jitomates silvestres de México y de América Central, en relación con las variedades y germoplasma silvestre de la región andina (Rick, 1975).

Miller y Tanksley (1990) y Nesbitt *et al.* (2002) concuerdan en señalar la reducida base genética de *L. esculentum* var. *esculentum*, debido a que el polimorfismo que se encuentra en los jitomates cultivados es extremadamente bajo, como consecuencia de tres cuellos de botella genéticos ocurridos durante la evolución de la especie: el primero se inició con la domesticación, el segundo durante la transferencia de variedades a Europa después de la conquista de México y el tercero durante el proceso de mejoramiento (Rick, 1975). De tal manera que el genoma del jitomate cultivado actual contiene menos de 5% de la variación genética contenida en las poblaciones silvestres (Miller y Tanksley, 1990). Como consecuencia del síndrome de domesticación, las especies domesticadas difieren de sus parientes silvestres en sus características morfológicas y fisiológicas (Harlan, 1992).

Grandillo *et al.* (1999) apoyan la hipótesis de Rick (1975), respecto a que el síndrome de la domesticación, al ejercer alta presión selectiva sobre un reducido número de loci, ha modificado la diversidad genética de las especies. La domesticación en jitomate, se encaminó a la transformación drástica del tamaño del fruto, ya que las especies silvestres y semi-silvestres presentan formas esféricas, gran cantidad de semillas, miden aproximadamente 1 cm de diámetro y pesan algunos gramos. En cambio, el jitomate cultivado presenta múltiples formas, pueden alcanzar hasta 15 cm de diámetro y pesar hasta 1000 g (Tanksley y Fulton, 2007). Por lo cual la explotación de la variación genética es enfocada a la obtención de frutos grandes, fenómeno que refleja que la selección se delimitó sobre mutaciones acumuladas desde tiempos prehispánicos en pocos *loci* (Bai y Lindhout, 2007); en consecuencia los niveles de polimorfismo en *L. esculentum* son extremadamente bajos (Miller y Tanksley, 1990).

La amplia gama de formas encontradas en *L. esculentum* refleja la atracción humana por la novedad (Tanksley, 2004). No obstante, la transformación de la forma acarrea efectos pleiotropicos en la arquitectura del fruto, como los relacionados con el incremento de la cantidad de carpelos y lóculos (Lippman y Tanksley, 2001). El tamaño del fruto resulta de la cantidad de células presentes en el ovario antes de la fertilización, del número de semillas, de las divisiones

celulares que ocurren después de la fertilización del fruto y finalmente de la expansión celular; El número de lóculos está correlacionado positivamente con el peso del fruto. Sin embargo, características reproductivas dirigidas por el gene *dgt* (mutante resistente a la auxina) pueden ser definidas en pre o post antesis, determinando el número y tamaño de células sobre el tamaño final del fruto, ya que el gene *dgt* reduce dramáticamente el tamaño del fruto, el número de lóculos y la cantidad de semilla (Balbi y Lomax, 2003).

En la determinación de la forma y el tamaño del fruto en *Lycopersicon* están implicados aproximadamente 30 loci cuantitativos, de los que nueve tienen un efecto mayor (*fw1.1*, *fw2.2*, *fw3.1*, *fw4.1*, *locule-number*, *fasciated*, *ovate*, *sun* y *fs8.1*) (Grandillo y Tanksley, 1999). De estos loci aparentemente *fw2.2* dirigió la transformación de los frutos silvestres diminutos a los grandes cultivados (Frary *et al.*, 2000).

La uniformidad genética del jitomate hace a sus poblaciones sensibles al estrés provocado por factores bióticos y abióticos, que amenazan la producción de alimentos en sistemas agrícolas convencionales (Rick 1975, Grandillo *et al.*, 1999 y Nesbitt y Tanksley 2002). La limitada diversidad de los cultivos debilita el sistema y lo hace vulnerable a enfermedades y plagas poniendo en riesgo la sustentabilidad genética (Harlan, 1987). En comparación con los cultivares modernos, las variedades tradicionales (poblaciones nativas, mal denominadas “criollos”) son altamente heterogéneas, ya que se encuentran en sistemas agrícolas en los que la uniformidad no es el primer criterio de selección (Ferne *et al.*, 2006).

El género *Lycopersicon* muestra variación en intensidad de color, forma y tamaño de fruto, así como hábitos de crecimiento y morfología de la hoja (Grandilio *et al.*, 1996; Van der Knaap *et al.*, 2002; Holtan y Hake, 2003). Dado que el sabor, que se sustenta en el contenido de sólidos solubles y aromas, es una característica determinante de la calidad del jitomate, la especie *L. pimpinellifolium* posee potencial genético sobresaliente para mejorar la calidad interna (Galiana-Balaguer *et al.*, 2006). En particular, *L. chilense* y *L. peruvianum* poseen una abundante variación genética debido a sus sistemas de reproducción autoincompatibles, dado que la polinización cruzada es obligada (Rick, 1988).

Estudios de diversidad genética en jitomate a nivel molecular, han mostrado que esta especie tiene homología genética con la berenjena, de tal manera que ambas especies conservan pocos



genes QTL's (Quantitative Trait Loci) coincidentes relacionados con la morfología de la hoja, de tal manera que los genes que determinan, tamaño y forma de hojas, sépalos y pétalos, son específicos (Frary *et al.*, 2004).

Ante la reducida base genética del jitomate cultivado, en la actualidad la incorporación de germoplasma silvestre representa una estrategia del mejoramiento genético para la generación de diversidad (Pratta *et al.*, 2000); dada su riqueza genética en caracteres de interés agronómico, tolerancia a enfermedades y mejoramiento del valor nutritivo de los cultivares modernos, constituyendo, por lo tanto, una fuente genética de importancia económica (Zorzoli, 1998).

En líneas recombinantes obtenidas por introgresión de *L. pennelli*, se detectaron 75 metabolitos y diez caracteres asociados con rendimiento y se identificaron 1000 QTL's que mostraron al menos 50% de la variación en los metabolitos del fruto asociados con la morfología de la planta (Ferne *et al.*, 2006); 30 loci determinan la morfología de la hoja, 22 presentan un efecto primario en la nervadura de la hoja y ocho afectan su tamaño. La mayor parte de los QTL's producen fenotipos intermedios respecto a las líneas progenitoras, cinco resultan en el incremento drástico de la nervadura entre las líneas parentales (*L. esculentum*) y *L. pennellii* (Holtan, y Hake, 2003).

Mediante la hibridación interespecífica de *L. esculentum* con especies silvestres, se detectaron 81 QTL's involucrados en componentes físicos y químicos de calidad organoléptica. La mayor parte de ellos, detectados en las regiones cromosómicas 2, 3, 4, 8, 9, 11 y 12, 30 % están relacionadas con peso del fruto, el diámetro y el color. Por otra parte, Saliba-Colombani *et al.* (2001) señalan que el contenido de sólidos solubles y materia seca se detecta en la región 9, además aromas volátiles, licopeno y color del fruto están co-localizados

Rodríguez *et al.* (2006) evaluaron 17 líneas recombinantes obtenidos por hibridación interespecífica entre *L. esculentum* cv. Caimanta y la línea LA722 de *L. pimpinellifolium* y encontraron que plantas con mayor longitud de tallo y menor número de flores por inflorescencia producen frutos menos ácidos, así como con características de peso, tamaño y vida de anaquel superiores al progenitor silvestre.

Cultivares tradicionales de España como Muchamiel y De la pera muestran fuertes diferencias en el contenido de micronutrientes y en algunos parámetros de calidad, lo que proporciona un grado

de diversidad genética (Ruiz *et al.*, 2005b). La interacción genético ambiental genera diversidad en contraste con la uniformidad de los cultivares híbridos, lo que permite plantear la existencia de diversidad genética no cuantificada en México, donde se origino el jitomate domesticado (Ruíz *et al.*, 2005a).

Se considera que el área de domesticación del jitomate se localiza en los estados de Veracruz y Puebla, México (Greenpeace, 2000). En Baja California Norte y Sur, Chiapas, Chihuahua, Distrito Federal, Guerrero, Jalisco, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Quintana Roo, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz y Yucatán se encuentra *Lycopersicon esculentum* var. *leptophyllum* con forma tipo cereza (Villaseñor y Espinosa,1998). En tanto que variedades tradicionales, como jitomate “riñón”, se localizan en Comalcalco, Tabasco (Ruiz-Carrera *et al.*, 2004) y Oaxaca (Ruíz *et al.*, 2005); además de otras variedades nativas.

Los estudios moleculares generan distintos resultados; mientras que en estudios de diversidad e identificación de relaciones de cultivares tradicionales de jitomate utilizando SSR y SRAP, el cultivar mexicano zapoteco se comporta como muy silvestre con SRAP, con SSR se identifica como muy domesticado (Ruiz *et al.*, 2005a).

La conservación de la diversidad se enfoca especialmente en los recursos silvestres. Sin embargo, en formas domesticadas es posible encontrar aún amplia variación genética que es mantenida en los agrosistemas tradicionales y en las variedades tradicionales (Camacho *et al.*, 2006). Sin embargo, esta variación se encuentra en amenaza latente debido al remplazo de cultivares nativos por híbridos comerciales y la erosión genética consecuente (Srinivasan *et al.*, 2003).

En contraste con los cultivares modernos, las variedades tradicionales, las poblaciones nativas y locales (Landraces) son dinámicas y altamente heterogéneas (Camacho *et al.*, 2006) debido a que en ellas se integran componentes biológicos y sociales como el origen histórico, la amplia diversidad genética que da lugar a la heterogeneidad y heterogocidad como consecuencia de la variación tanto climática como biológica y de los cambios socioeconómicos, la adaptación genética local (como reservorio de genes de resistencia a factores limitantes del ambiente físicos y biológico), la identidad reconocible (nombres locales), la falta de desarrollo genético formal (tiempo, selección natural y la selección del hombre) que se encuentra en equilibrio con las

necesidades ecológicas y en conjunto con diversos aspectos económicos y, culturales depositados en el conocimiento tradicional (Teshome *et al.*, 1997; Camacho *et al.*, 2006), A través de la diversidad intraespecífica los agricultores han enriquecido los reservorios genéticos locales (Frankel *et al.*, 1998).

Las variedades nativas de jitomate en México, presentan una amplia diversificación morfológica y un alto grado de adaptación, que permiten encontrar en los cultivares locales y regionales características morfológicas bien definidas. Dado que en estos sistemas tradicionales la domesticación y la selección se ha llevado a cabo para satisfacer las necesidades particulares de ubicación del agrosistema, resaltando la importancia de la adaptación a los ambientes locales como agente de modificación morfológica y especialización, es decir de la divergencia adaptativa (Levin, 2005).

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Taxonomía y clasificación de *Lycopersicon*

*Lycopersicon* está dividido en dos subgéneros (1) *Eulycopersicon* en el que se agrupa la forma domesticada *L. esculentum* y las semidomesticas *L. esculentum* var. *esculentum* y *L. esculentum* var. *cerasiforme*, además de *L. pimpinellifolium* (nativo de América del Sur) y *L. cheesmanii* (endémico de la isla Galápagos) que se distingue por ser frutos con tonalidad roja, naranja y amarilla. Con semillas de pubescencia sedosa y brácteas en las inflorescencias. (2) *Eriopersicon* se caracterizan por su coloración verde y distintos grados de entrecruzamiento con el jitomate domesticado, *Eriopersicon* es el reservorio genético primario de interés para el mejoramiento genético del jitomate (Rick, 1979), agrupando a *L. peruvianum*, *L. hirsutum*, *L. cheesmanii*, *L. chilense*, *L. chmielewskii*, *L. pennellii*, *L. parviflorum* y *L. glandulosum*, considerando a *L. peruvianum* como una especie altamente polimórfica con dos variedades var. *dentatum* y var. *humifusum* (Cuadro 2).

Luckwill (1943; Citado por Peralta y Spooner, 2001) adopta los dos subgéneros propuestos por Muller (1940; Citado por Peralta y Spooner, 2001) y propone la filogenética de *Lycopersicon*. Por su parte Rick (1979) propone la división de *Lycopersicon* en dos complejos de gene o genes que operan sobre la preservación de auto polinización, cambios en la estructura de la flor al promover la polinización cruzada y el desarrollo de flores secundarias con características atrayentes para polinizadores. (1) complejo “*esculentum*” integrado por especies intracruzables: *L. esculentum*, *L. esculentum* var. *cerasiforme*, *L. pimpinellifolium*, *L. cheesmaniae* (incluido *L. cheesmanii* f. *minor*), *L. chmielewskii*, *L. parviflorum*, *L. hirsutum* (incluido *L. hirsutum* f. *typicum* y f. *glabratum*) y *L. pennellii*. (2) el complejo “*peruvianum*” con *L. Peruvianum* y *L. chilense* clasificados como intercrucibles (Cuadro 2).

Rick (1979) centra la organización del género *Lycopersicon* en la diversificación de los sistemas de reproducción, aspecto que juega un papel de suma importancia en la evolución de los jitomates silvestres, que se presentan desde sistemas alógamos autocompatibles, sistemas alógamos facultativos, hasta autocompatibles (Cuadro 3). El proceso evolutivo del sistema de reproducción de *Lycopersicon* va de una condición ancestral autoincompatible (AIC) a la condición autocompatible (AC). Sin embargo, este cambio sólo ha sido reportado en *L. peruvianum* (Rick, 1986).

**Cuadro 2.** Comparación de clasificaciones de *Lycopersicon*.

Muller, 1940	Luckwill, 1943	Rick, 1979	Child, 1990	Peralta y Spooner, 2001
<b>Subgénero</b> <i>Eulycopersicon</i>	<b>Subgénero</b> <i>Eulycopersicon</i>	<b>Complejo</b> <i>esculentum</i>	<b>Series</b> <i>Lycopersicon</i>	<b>Sección <i>Lycopersicon</i> subsección</b> <i>Lycopersicon</i> , ser. <i>Lycopersicon</i>
<i>L. esculentum</i> (3)	<i>L. esculentum</i> (8)	<i>L. esculentum</i> (2)	<i>S. Lycopersicon</i>	<i>Solanum lycopersicum</i>
<i>L. pimpinellifolium</i>	<i>L. pimpinellifolium</i>	<i>L. pimpinellifolium</i>	<i>S. pimpinellifolium</i>	<i>Solanum pimpinellifolium</i>
		<i>L. cheesmaniae</i>	<i>S. cheesmaniae</i>	<i>Solanum cheesmaniae</i>
		<i>L. pennellii</i>	<b>Series</b> <i>Neolycopersicon</i>	<b>Sección <i>Lycopersicon</i> subsección</b> <i>Lycopersicon</i> ser. <i>Eriopersicon</i>
		<i>L. hirsutum</i>	<i>S. pennellii</i>	<i>Solanum peruvianum</i> norte
		<i>L. chmielewskii</i>	<b>Series</b> <i>Eriopersicon</i>	<i>Solanum chmielewskii</i>
		<i>L. parviflorum</i>	<i>S. habrochaites</i>	<i>Solanum neorockii</i>
<b>Subgénero</b> <i>Eriopersicon</i>	<b>Subgénero</b> <i>Eriopersicon</i>	<b>Complejo</b> <i>peruvianum</i>	<i>S. chmielewskii</i>	<i>Solanum peruvianum</i> sur
<i>L. peruvianum</i> (3)	<i>L. peruvianum</i> (5)	<i>L. chilense</i>	<i>S. chilense</i>	<i>Solanum chilense</i>
<i>L. cheesmaniae</i> (2)	<i>L. possissi</i>	<i>L. peruvianum</i>	<i>S. peruvianum</i>	<i>Solanum habrochaites</i>
<i>L. hirsutum</i> (2)	<i>L. cheesmaniae</i> (2)			<b>Sección <i>Lycopersicon</i> subsección</b> <i>Lycopersicon</i> ser. <i>Neolycopersicon</i>
<i>L. glandulosum</i>	<i>L. hirsutum</i> (2)			<i>Solanum pennellii</i>
	<i>L. glandulosum</i>			<b>Sección <i>Juglandifolium</i></b>
				<i>Solanum juglandifolium</i>
				<i>Solanum ochranthum</i>
				<b>Sección <i>Lycopersicon</i>, subsección</b> <i>Lycopersicoides</i>
				<i>Solanum lycopersicoides</i>
				<i>Solanum sitiens</i>
				<b>Sección <i>Petota</i></b>
				<i>Solanum tuberosum</i>
				<i>Solanum bulbocastanum</i>
				<i>Solanum jamesii</i>
				<b>Sección <i>Etuberosum</i></b>
				<i>Solanum etuberosum</i>
				<i>Solanum palustre</i>
				<b>Sección <i>Basarthrum</i></b>
				<i>Solanum muricatum</i>

\*En () número de rangos intraespecíficos [subespecies, variedades y formas].

**Cuadro 3.** Sistema de reproducción de *Lycopersicon* propuesta por Rick (1987).

<b>Especie</b>	<b>Sistema de reproducción</b>
<i>L. esculentum</i>	Autógamo
<i>L. esculentum</i> var. <i>cerasiforme</i>	Autógamo
<i>L. chilense</i>	Alógamo (AIC)
<i>L. cheesmaniae</i>	Autógamo
<i>L. chmielewskii</i>	Facultativo (AC)
<i>L. pennellii</i>	Facultativo(AC y AIC)
<i>L. parviflorum</i>	Autógamo
<i>L. hirsutum</i>	Autógamo
<i>L. pimpinellifolium</i>	Facultativo (AC)
<i>L. peruvianum</i>	Facultativo(AC y AIC)

\*AC=Autocompatible AIC=Autoincompatible

*L. pimpinellifolium* y *L. esculentum* var. *cerasiforme*, presentan formas extremas de morfotipos, pese a que pertenece a *Eulycopersicon* (Nuez *et al.*, 2008) la variedad *cerasiforme* se considera el antecesor del que parte *L. esculentum* con el estilo de las flores acortado (Hancock, 2000).

*L. cheesmanii* y *L. parviflorum* son autógamas; en tanto que, *L. chilense*, *L. hirsutum*, *L. peruvianum* y *L. pennellii* son consideradas como alógamas obligadas y autoincompatibles. Por otra parte, autocompatibles con distintos grados de alógamia son *L. chmielewskii*, *L. esculentum* y *L. pimpinellifolium* así como *L. pennellii* y *L. hirsutum* como autocompatibles.

La evolución de los sistemas de reproducción y la adaptación a habitats específicos han jugado un papel fundamental en los procesos de especialización de *Lycopersicon* (Breto *et al.*, 1993). Poblaciones autoincompatibles ocupan el centro de distribución geográfica de otras especies, poseen una enorme variación y estigmas expuestos, mientras que poblaciones autocompatibles tienen una variación genética pobre, las estructuras de la flor son pequeñas y la exposición del estigma diminuta o nula (Rick, 1979).

Poblaciones marginales de *L. pimpinellifolium* son altamente autógamas, presentan poca o nula variación genética, flores pequeñas e imperceptible o nula exposición del estigma; en contraparte las poblaciones facultativas alógamas, atraen diferente número y tipos de polinizadores por lo que la polinización cruzada es alta y la variación genética mayor (Rick, 1978).

*L. chilense*, *L. peruvianum* y *L. pennellii* son especies con impresionante cantidad de variabilidad genética como lo revelan los estudios isoenzimáticos de Breto *et al.* (1993). *L. chmielewskii*, *L.*

*parviflorum* y *L. pimpinellifolium* muestran una variación intermedia, con tres grupos: a) *L. pimpinellifolium*, *L. cheesmanii* y *L. peruvianum* denominado como especies cultivadas, b) *L. pennellii* y *L. chilense* autoincompatibles, c) *L. parviflorum* y *L. chmielewskii* autógamas. Estos resultados coinciden con la clasificación de Rick (1987), en la que resalta la estrecha familiaridad entre *L. chmielewskii* y *L. parviflorum* que son especies autógamas de variabilidad genética intermedia (Rick, 1983 y Breto *et al.*, 1993).

Pese a que las relaciones filogenéticas entre *Solanum* y *Lycopersicon* están sujetas a debate, actualmente con estudios moleculares se sugieren la re adopción de *Solanum* (Cuadro 1) para el género de *Lycopersicon* y el re-nombramiento de *Solanum lycopersicon* para el jitomate cultivado (Peralta y Spooner, 2001).

En esta investigación se sigue la clasificación de Miller (1754; Citado por Peralta y Spooner, 2001), en la que la designación de los jitomates es *Lycopersicon esculentum* para el jitomate cultivado.

La amplia distribución de *L. pimpinellifolium*, su variabilidad y su situación como cultigen hacen a esta especie, candidato a progenitor de *L. esculentum* (Breto *et al.*, 1993). Análisis morfológicos y moleculares muestran la relación cercana entre las especies silvestres andinas de *pimpinellifolium* y *esculentum* var. *cerasiforme* con el jitomate domesticado Spooner *et al.* (2005). La divergencia evolutiva aproximadamente del millón de años sobre caracteres fenotípicos y la adaptación a distintos hábitats, distinguen estas dos especies en relación a la variación en la respuesta a los factores ambientales, por lo que presentan diferencias ecológicas de adaptación intraespecífica (Nesbitt y Tanskley 2002 y Nakazato *et al.*, 2008).

Las condiciones ecológicas abióticas juegan un papel crítico en la evolución fenotípica y especialización, por lo que la diversidad morfológica y su modificación son respuestas adaptativas a distintos hábitats. Cada especie muestra características acordes a la distribución geográfica y hábitat de preferencia (Rick, 1979). En jitomate se habla de una divergencia acumulada de aproximadamente siete millones de años (Nesbitt y Tanskley 2002).

## La diversidad genética del género *Lycopersicon*

Todas las especies del género son diploides ( $2n=2x=24$ ) similares en número y estructuras de los cromosomas (Rick, 1975) sin embargo, se presentan varios tipos de stocks citogenéticos: Autotetraploides, sexadiploides, traslocaciones y distintos tipos trisómicos, los autotetraploides provienen de inducciones espontáneas de cromosomas doblados, los sexadiploides (i.e. triploides intraespecíficos) de hibridación artificial entre el jitomate cultivado y especies silvestres relacionadas, ambos son euploides; Mientras los trisómicos son aneuploides, fueron obtenidos de plantas espontáneas sin fruto en un campo de tomate, de los cuales se seleccionó obtuvo una progenie autotriploide aplicando tratamientos mutagénicos; por lo cual únicamente pueden ser mantenidos vía semilla (Labate *et al.*, 2007)

*L. esculentum* es la única especie domesticada de *Lycopersicon*, sin embargo *L. pimpinellifolium* con frecuencia se encuentra establecida para consumo (Rick, 1978). Aunque el jitomate silvestre tipo cereza (*L. esculentum* var. *cerasiforme*) de tamaño entre 1.5 a 3 cm, es el progenitor propuesto y aceptado comúnmente del jitomate domesticado; sin embargo *L. pimpinellifolium* es un fuerte candidato a ser también progenitor putativo (Rick, 1975). Aunque este supuesto no ha sido aclarado ni por estudios isoenzimáticos, ni filogenéticos, moleculares y de diversidad (Miller y Tanksley, 1990).

Todas las especies del complejo *esculentum* se pueden hibridar con el jitomate cultivado salvo con *L. hirsutum* f. *typicum* y algunas formas de *L. pennellii*. Este complejo es una fuente de caracteres para resistencia a plagas y enfermedades. De igual manera el complejo *peruvianum* es extremadamente diverso y presenta también un potencial invaluable para mejoramiento genético (Foolad, 2007), ya que su amplia diversidad está basada en la autoincompatibilidad, no obstante, existen barreras de hibridación y transferencia genética, que pueden ser superadas con el rescate de embriones obtenidos de cruces con variedades de *esculentum* (Rick, 1979).

La base genética de cultivares modernos de Europa y de Estados Unidos de Norteamérica es pequeña porque presentan alta homología, y se estima que *L. esculentum* representa 5% de la variación total disponible en *Lycopersicon* (Miller y Tanksley, 1990). La hibridación intraespecífica con taxones silvestres de *Lycopersicon* y *L. esculentum* es una herramienta para el mejoramiento genético y el desarrollo del jitomate cultivado (Nuez *et al.*, 2008; Peralta y



Spooner, 2001). *L. chilense*, *L. hirsutum*, *L. peruvianum* y *L. pennellii* poseen alta variabilidad con respecto a *L. cheesmaniae* y *L. pimpinellifolium* (Miller y Tanskley, 1990).

El jitomate cultivado moderno es una evidencia de los beneficios de la introgresión del germoplasma exótico por introgresiones (Foolad, 2007), para el aprovechamiento del valor nutricional, los sistemas de reproducción y la adaptación del germoplasma silvestre (Peralta y Spooner, 2001).

*L. cheesmanii* especie endémica en las Islas Galápagos, es un taxón silvestre considerado como fuente de variación para diferentes caracteres de interés agronómico (Nuez, 1995) ya que presenta una combinación de características fisiológicas y morfológicas únicas en el género, como los frutos naranja-rojo y naranja-amarillo, el follaje verde-amarillento y la latencia de sus semillas. Rush y Epstein (1981) consideran a la especie como fuente genética de tolerancia a salinidad y sequia, ya que crece en hábitats extremadamente áridos y salinos. Además, presenta un alto contenido de  $\beta$ -carotenos (Stommel, 2001) y azúcares (Poysa, 1993) y resistencia a *Alternaria alternata* (Cassol y St. Clair, 1994). Sin embargo Nuez *et al.* (2004) sugieren hibridaciones de *L. cheesmanii* 'long' y *L. esculentum* 'Gal cer' lo que contribuye a la pérdida de integridad genética de *L. cheesmanii* adicionalmente, además de la pérdida de poblaciones causada por herbívoros y las actividades humanas, elementos que sugieren la aplicación de estrategias de conservación. La utilidad de la introgresión destaca con *L. pennellii* ya que permite aumentar drásticamente el rendimiento, a partir de regiones genómicas de tolerancia a sequia y el contenido de licopeno y carotenoides (Ferne *et al.*, 2006). En el mismo sentido, el gen acumulador de sacarosa (*sucr*) identificado en de *L. chmielewskii* ha sido transferido a *L. esculentum* (Chetelat *et al.*, 1995) en tanto que especies silvestres de *Lycopersicon* muestran amplia variación en el contenido de azúcares (Shauer *et al.*, 2005); el QTL asociado con la relación de glucosa y de fructosa en el fruto ha sido determinado en cruza avanzadas de *L. esculentum* y *Solanum habrochaites* (Levin *et al.*, 2000).

## Domesticación e historia

Existen dos hipótesis sobre la domesticación de *Lycopersicon*; la primera propone la domesticación en México, a partir de poblaciones silvestre en forma de cereza (var. *cerasiforme*) que migraron de Perú hasta Mesoamérica (Jenkins, 1948; Rick, 1995; Cox, 2000). En contraste, la hipótesis peruana se basa en que la región andina tiene el mayor número de especies del género; sin embargo, en la época precolombina diversas culturas de Perú, como los Quimbaya (500-1000 A. C.) se dedicaron a la decoración de textiles y cerámica (McMeekin, 1992), en cuyo caso habrían utilizado a *Lycopersicon* como una fuente de tinta más que como alimento (McMeekin, 1992).

Por otra parte el acervo lingüístico y cultural del jitomate en México es una de las evidencias de la domesticación de ésta hortaliza, *Xitomalth* del náhuatl españolizada a jitomate (Gould, 1983). Martínez (1979) menciona los siguientes nombres designados para jitomate: *Aadi-maxi* (lengua otomí), *bachuga* (lengua cuicatleca), *be-thoxi*, *bi-tuixi*, *pe-thoxi*, *bichoaxhe*, *pe-thoxe* (lengua zapoteca), *ha'sikil-p'ak*, *p'ak*, *ts'ulub'p'ak* (lengua maya), *tuthay*, *tuthey* (lengua huasteca), *mbaremoxu* (lengua mazahua), *paclshá* (lengua totonaca), *shitumal*, *xitomat* (dialecto náhuatl), *tzajalpish* (lengua tojolobal), *xayuqui-te* (lengua huichol), *xucúpara* (lengua tarasca).

Estudios isoenzimáticos muestran mayor similitud entre cultivares europeos y domesticados cultivados y tipo cereza procedentes de México y América Central, que con especies silvestres de la región andina (Rick, 1975).

De México y América central, durante la conquista española los jitomates domesticados fueron introducidos al Caribe y Filipinas, de éste último lugar se expandió al Sur de Asia, y en años posteriores por toda Asia y parte de Europa (Smith, 1991). En 1544 Andreas Matioli menciona por primera vez al jitomate como *pomi d'oro* o manzana de oro, por lo que se supone la presencia de frutos de coloración amarilla, también el fruto fue conocido como *poma amoris* o manzana del amor, ambos persistieron hasta el siglo XIX (Rick, 1978).

En 1554 el jitomate rojo es introducido a Italia por los católicos (McCue, 1952) y en España, Italia y Francia se le conoce como *ponme d'amour* se le atribuyeron propiedades afrodisiacas (Gould, 1983). Hasta 1578 era rechazado por una supuesta toxicidad por lo que sólo era cultivado como ornamental (Rick, 1995). En 1596 el jitomate es revalorado por su delicioso

sabor y se convierte en una fuente de alimento importante en el sureste de Europa, principalmente en Italia, así como en el Norte de Europa (Rick, 1995).

Miller en 1750 lo nombra *Lycopersicon esculentum*, popularmente como durazno comestible, en 1752 en Inglaterra es utilizado en sopas; se menciona en 1758 como conserva en el libro *The Art of Cookery* por Hemiilh Glass.

Para 1800 ya era cultivado en Europa por los ingleses que colonizaron Estados Unidos de Norteamérica, quienes introdujeron al jitomate como una especie hortícola ornamental. En los Estados Unidos, la primera mención del jitomate la hace Thomas Jefferson en Monticello en 1791; se introduce a Filadelfia en 1798 y a Massachusetts en 1802. En Nuevo Orleans, por la influencia de Francia, se hace el primer reporte como alimento, y entre 1830 y 1840 se le considera hortaliza (Gould, 1983). En la actualidad es la hortaliza más importante y popular a nivel mundial, estando presente después de su viaje por América central, Europa y Asia, en todo el mundo (Robertson y Labate, 2007).

Herbarios antiguos de Europa, mantienen y resguardan especímenes cultivados de *Lycopersicon* con frutos de gran tamaño que representa una evidencia más del grado de domesticación traída de México a Europa (Rick y Fobes, 1975).

En 1960 en Nápoles, Italia, el jitomate aparece en un libro de cocina usado para la elaboración de conservas. En Inglaterra y USA persistía la idea de su supuesta toxicidad hasta el siglo XIX. En 1963 se clasificaron cuatro tipos de jitomate: Amarillo, rojo, naranja y oro (Gould, 1983).

## **Situación económica mundial y nacional del jitomate**

Datos estimados por la FAO señalan que la producción mundial de jitomate en el año 2007, fue de  $111.3 \times 10^6$  ton, incrementándose en 2008 hasta  $129.7 \times 10^6$  ton en una superficie cosechada de  $5.2 \times 10^6$  ha. A escala mundial destacan: China con  $33.59 \times 10^6$  ton, Estados Unidos de Norteamérica con  $14.18 \times 10^6$  ton, además de India con  $10.05 \times 10^6$  ton, Turquía con  $9.94 \times 10^6$  ton y Egipto con  $8.63 \times 10^6$  ton. El valor económico de la producción mundial alcanzó la cifra de  $25.2 \times 10^6$  dls (FAOSTAT, 2010; Datos actualizados al 16 de Diciembre del 2009).

En el 2001, como principales importadores fueron: Estados Unidos de Norteamérica con  $1.07 \times 10^6$  t, Alemania con  $663.5 \times 10^3$  ton, Rusia con  $550.5 \times 10^3$  ton, Francia  $492.5 \times 10^3$  ton y Reino unido con  $419.6 \times 10^3$  ton. Mientras que el valor de las exportaciones fue de  $1.2 \times 10^9$  dls para Estados Unidos y Alemania, mientras que  $772.7 \times 10^6$  dls en Reino Unido y  $581 \times 10^6$  dls en Francia, en tanto que Rusia alcanzó  $534.7 \times 10^6$  dls (FAOSTAT, 2010; Datos actualizados el 12 de Agosto del 2009).

México ocupó en 2007 la decima posición en la producción mundial con un volumen de  $3.15 \times 10^6$  ton, con un valor de  $746.4 \times 10^3$  dls y un rendimiento de 26.98 ton ha cosechadas en un área de  $116.7 \times 10^3$  ha, alcanzando un valor en la exportación de  $1.2 \times 10^9$  dls (FAOSTAT, 2010), mientras que para el 2008 cayó al onceavo lugar con una producción de  $2.93 \times 10^6$  ton en un área de  $101.7 \times 10^3$  ha alcanzando un valor de  $695.8 \times 10^3$  dls en la producción (FAOSTAT, 2010). Por el valor económico de la producción ( $746.4 \times 10^3$  dls) el jitomate ocupa el sexto lugar después de la leche entera, los huevos, el maíz, la caña de azúcar y los cítricos. México se posicionó como primer país exportador en 2007, con  $1.07 \times 10^6$  ton y un valor de  $1.2 \times 10^9$  dls; en el 2008 cayó en la segunda posición (FAOSTAT, 2010).

En los registros económicos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), en 2005 se identificaron nueve tipos o categorías de jitomate que se producen en México: saladette ( $1.008 \times 10^6$  ton), bola ( $5611 \times 10^3$  ton), de exportación ( $258.5 \times 10^3$  ton), Rio grande ( $275.4 \times 10^3$  ton), cherry o cereza ( $59.1 \times 10^3$  ton), producido en invernadero ( $40.4 \times 10^3$  ton), rojo ( $13.03 \times 10^3$  ton), orgánico (350 ton) e industrial (200 ton).

El jitomate ha alcanzado una amplia variedad de formas tamaños, colores además cualidades organolépticas de sabor, textura y dureza, que corresponden a la demanda del mercado para fresco o procesado, tal diversidad también es representada en sus múltiples formas de consumo.

Actualmente no se tiene una estadística sobre el consumo *per cápita* del jitomate en México, hasta el 2005, el consumo por persona era de 13.2 Kg (FAO, 2010); sin embargo, el poder adquisitivo del consumidor nacional ha disminuido, como consecuencia de la crisis económica del país, lo que hace suponer que el consumo *per cápita* ha disminuido, no obstante el jitomate es parte de la canasta básica y de la dieta mexicana, además de ser la hortaliza con más variados platillos.

En particular los mercados locales y regionales de Oaxaca en los que se comercializan diferentes formas cultivadas y silvestres nativas, son un centro económico y genético; las variedades tradicionales, representan un acervo de conocimientos culturales entrelazados a través del tiempo, se observa la preferencia de cultivares tradicionales, aun cuando éstos superan en precio a las variedades comerciales locales y foráneas. En este sentido, los frutos de las poblaciones nativas de jitomate, tipo riñón son apreciados por su delicado sabor y son demandados, en la dieta nutricional oaxaqueña, cocinas locales y regionales de Oaxaca.

## **Panorama y restos de la conservación de poblaciones nativas de jitomate mexicano**

Las estrategias de mejoramiento y manejo de los recursos reflejan la dinámica de los cultivos a través de la diversidad genética existente, y que es definida por su evaluación y descripción (Breto *et al.*, 1993); en este sentido, el estudio de diversidad de las poblaciones nativas es de gran importancia para la agricultura del país, ya que el conocimiento de los atributos agronómicos, nutricionales y otros valores de uso, permite optimizar el aprovechamiento del jitomate a través de su procesamiento y conservación.

Existe un escaso conocimiento de este recurso en el país, hasta la fecha no hay programas de investigación que estudien al jitomate mexicano y se desconoce su potencial, a pesar de que en varias regiones de México se localizan estas poblaciones, principalmente en sistemas tradicionales y condiciones limitadas de producción; en donde se encuentran un importante arraigo cultural y simbólico para mantener y producir las variedades tradicionales de jitomate.

El aspecto etnobotánico es poco valorado, pese a que la diversidad del jitomate se debe al manejo constante de las poblaciones nativas en manos de los agricultores, situación que permite utilizar la variación y expresión genética de las poblaciones para aprovecharlas en sus propias condiciones de cultivo y sistemas de producción, al mismo tiempo que permite a los campesinos salvaguardar los recursos fitogenéticos con importancia alimenticia, económica y social (Bocco y Toledo, 1997 y Bocco *et al.*, 2000).

Agong *et al.* (1997) manifiestan la necesidad de establecer programas para el estudio y evaluación genética y agronómica de esta especie, utilizando parámetros morfológicos, agronómicos y bioquímicos, como los utilizados en otras especies y sugieren que estos estudios permiten ampliar el conocimiento de la variabilidad genética y fortalecer la capacidad de adaptación a factores bióticos y abióticos causantes de estrés del cultivo. La diversidad genética requiere ser descrita y medida, para ser una herramienta útil en el aprovechamiento de los recursos genéticos.

El presente trabajo está centrado en explorar las características morfológicas y agronómicas de poblaciones nativas del jitomate, además de determinar la diversidad entre ellas, dado que las poblaciones nativas presentan una amplia variedad de tamaños, formas de fruto, número y peso de semillas, y número de lóculos (Ramírez *et al.*, 2006).

## **Hipótesis**

Dentro y entre poblaciones nativas de jitomates provenientes de seis regiones del Centro y Sureste de México, existen variación genética y morfológica, que les confieren diferente potencial agronómico e identidad como variedad tradicional.

## **Objetivo**

Explorar la diversidad morfológica de planta, de estructura floral y de fruto de poblaciones nativas de diferentes morfotipos de jitomate riñón, calabaza, cereza, bola, pimiento, y saladette.

## **Objetivos particulares**

- Evaluar el grado de diversidad genética entre las poblaciones de jitomate de las seis regiones del Centro, Sur y Sureste de México mediante la caracterización morfoagronómica.
- Evaluar el potencial agronómico en invernadero e hidroponía las poblaciones nativas de jitomate.
- Evaluar algunas de las características de calidad de los frutos de las poblaciones nativas de jitomate.

## LITERATURA CITADA

- Agong, S. G., S. Schittenhelm and W. Friedt. 1997. Assessment of tolerance to salt stress in Kenyan tomato germplasm. *Euphytica* 95:57–66.
- Bai, Y., and P. Lindhout. 2007. Domestication and Breeding of Tomatoes: What have We Gained and What Can We Gain in the Future?. *Annals of Botany*. 1-10.
- Balbi, V. and L. T. Lomax. 2003. Regulation of Early Tomato Fruit Development by the Diageotropica Gene1. *Plant Physiology*. 131:186-197.
- Bocco G., A. Velázquez y A. Torres. 2000. Ciencia, comunidades indígenas y manejo de Recursos naturales. Un caso de investigación participativa en México. *Interciencia* 25:64-70.
- Bocco, G. and V.M. Toledo. 1997. Integrating peasant knowledge and GIS: a spatial approach to sustainable agriculture. *Indigenous Knowledge Monitor*. 5:9-11
- Breto, M. P., M. J. Asins and E. A. Carbonell. 1993. Genetic variability in *Lycopersicon* species and their genetic relationships. *Theoretical and Applied Genetics*. 86:113-120.
- Camacho, V. T., N. Maxted, M. Sholten and B. Ford-Lloyd. 2006. Defining and identifying crop landraces. *Plant Genetic Resources*. 3:373-384.
- Cassol, T. and D. A. St. Clair. 1994. Inheritance of resistance to blackmold (*Alternaria alternata* (Fr.) Keissler) in two interspecific crosses of tomato (*Lycopersicon esculentum* × *L. cheesmanii* f. *typicum*). *Theoretical and Applied Genetics*. 88:581-588.
- Chakrabosrti, A.K., A.K. Das and N.C. Chattopadhyay 1992. Identification of some Indian tomato cultivars by polyacrylamide gel electrophoresis of seed proteins. *Seed Resources*. 20: 10-13.
- Chetelat, R. T., J. W. Deverna and A. B. Bennett. 1995. Introgression into tomato (*Lycopersicon esculentum*) of the *L. chmielewskii* sucrose accumulator gene (sucr) controlling fruit sugar composition. *Theoretical and Applied Genetics*. 91:327-333.
- Cox, S. 2000. From discovery to modern commercialism: the complete story behind *Lycopersicon esculentum*. <http://www.landscapeimagery.com/articles.html>.
- FAOSTAT. 2010. FAO (Food and Organization of United Nations).-Statistics Database. <http://faostat.org/site/339/default.aspx>
- Fernie, R. A., Y. Tadmor and D. Zamir. 2006. Natural genetic variation for improving crop quality. *Current Opinion in Plant Biology*. 9:196-202.
- Foolad, R. M. 2007. Genome Mapping and Molecular Breeding of tomato. *International Journal of plant Genomics*. 52p.



- Frankel, O. H., A. H. D. Brown and J. J. Burdon. 1995. The conservation of plant biodiversity. Cambridge University Press. Cambridge, England. pp: 56-78.
- Frary, A., L. A. Fritz, and S. D. Tanksley. 2004. A comparative study of the genetic bases of natural variation in tomato leaf, sepal and petal morphology. *Theoretical and Applied Genetics* 109:523-533.
- Frary, A., T. C. Nesbitt, A. Frary, S. Grandillo, E. van der Knaap, B. Cong, J. Liu, J. Meller, R. Elber, K. B. Alpert and S. D. Tanksley. 2000. *fw2.2*: A Quantitative Trait Locus Key to the Evolution of Tomato Fruit Size. *Science*. 298:85-88.
- Galiana-Balaguer, L., S. Roselló and F. Nuez. 2006. Characterization and Selection of Balanced Sources of Variability for Breeding Tomato (*Lycopersicon*) Internal Quality. *Genetic Resources and Crop Evolution*.53: 907–923
- Gould, W. A. 1983. *Tomato Production, Processing and Quality Evaluation*, 273. 2<sup>nd</sup> ed. AVI Publishing Company, Inc. U.S.A. 344 p.
- Grandillo, S., H. Ku and S. D. Tanksley. 1996. Characterization *offs8.1*, a major QTL influencing fruit shape in tomato. *Molecular Breeding*. 2:251-260.
- Grandillo, S., H. Ku and S. D. Tanksley. 1999. Identifying the loci responsible for natural variation in fruit size and shape in tomato. *Theoretical and Applied Genetics*. 99:978-987.
- Greenpeace 2000. Centros de Diversidad. La riqueza biológica de los cultivos tradicionales, herencia mundial amenazada por la contaminación genética. Informe de Greenpeace elaborado por van Aken, J. Greenpeace México, kinétika buró creativo/Elsa Marin. México, D. F. pp:32-34.
- Hancock, J. F. 2000. *Plant Evolution and the Origin of Crop Species*. 2<sup>nd</sup> ed. CABI Publishing. U.S.A. pp: 275-276.
- Hans, E. E. H. and S. Hake. 2003. Quantitative Trait Locus Analysis of Leaf Dissection in Tomato Using *Lycopersicon pennellii* Segmental Introgression Lines. *Genetics* 165: 1541–1550.
- Harlan, J. R. 1992. *Crops and Man* . 2<sup>nd</sup> ed. American Society of Agronomy. Crop Science Society of America, Madison. Madison, Wisconsin. pp:33-60.
- Harlan, J. R., 1987. *Plant Genetic Resources: A Conservation Imperative*. Yeatman, C. W. Kafton, D. and G. Wilkes (Eds). West View, Boulder Co. pp:111–129.
- Jenkins, J. A. 1948. The origin of the cultivated tomato. *Economy Botany*.2:379-392.
- Labate, J.A., S. Grandillo, T. Fulton, S. Munos, A. L. Caicedo, I. Peralta, Y. Ji, R. T.Chetelat, J. W. Scott, M. J. Gonzalo, D. Francis, W. Yang, E. van der Knaap, A. M. Baldo, B. Smith-White, L. A. Muller, J. P. Price. N. E. Blanchard, D. B. Storey, M. R. Stevens, M. D. Robbins, J. Wang, B. E. Liedl, M. A. O’Connell, J. R. Stommel, K. Aoki, Y. Iijima, A. J. Slade, S. R. Hurst, D. Loeffler, M. N. Steine, D. Vafeados, C. McGuire, C. Freeman, A.

- Amen, J. Goodstal, D. Facciotti, J. Van Eck and M. Causse. 2007. Tomato. *In* Kole C. (Ed.) Genome Mapping and Molecular Breeding in Plants, Vol. 5 Vegetables. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. pp: 1-14.
- Larry, R. and L. Joanne. 2007. Genetic resources of tomato. *In*: Razdan, M. K. and A. K. Mattoo (Eds). Genetic improvement of solanaceous crops. Vol. 2. Tomato. Science Publishers. 658 p.
- Levin, D. A. 2005. Niche Shifts: The Primary Driver of Novelty within Angiosperm Genera. *Systematic Botany*. 30:9-15.
- Levin, I., N. Gilboa, E. Yeselson, S. Shen and A. A. Schaffer. 2000. *Fgr*, a major locus that modulates the fructose to glucose ratio in mature tomato fruits. *Theoretical and Applied Genetics*. 100:256-262.
- Lippman Z. and S. D. Tanksley. 2001. Dissecting the Genetic Pathway to Extreme Fruit Size in Tomato Using a Cross Between the Small-Fruited Wild Species *Lycopersicon pimpinellifolium* and *L. esculentum* var. *Giant Heirloom*. *Genetics* 158: 413–422.
- Martínez, M. 1979. Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas. Fondo de Cultura Económica. México, D.F. 1220 p.
- McMeekin, D. 1992. Representations of pre-Columbian spindle whorls of the floral and fruit structure of economic plants. *Economy Botany*. 46:171-180.
- Miller, J. C. and S.D. Tanksley. 1990. RFLP analysis of phylogenetic relationships and genetic variation in the genus *Lycopersicon*. *Theoretical and Applied Genetics* 80:437-448.
- Nakazato, T., M. Bogonovich and L. C. Moyle. 2008. Climatic and environmental factors predict adaptive phenotypic differentiation within and between two wild Andean tomatoes. *Evolution*. 62:774-792.
- Nesbitt, T. C. and S. D. Tanksley. 2002. Comparative sequencing in the genus *Lycopersicon*: implications for the evolution of fruit size in the domestication of cultivated tomatoes. *Annals of Botany*. 100:893-901
- Nuez F., M. J. Diez, B. Picó y P. Fernández de Córdova. 1996. Catalogo de semillas de tomate. Monografías INIA Núm. 95. MAPA, Madrid. 178 p.
- Nuez F. 1995. Desarrollo de nuevos cultivares. *In* Nuez F. (ed). El cultivo del tomate. Mundi-Prensa, Madrid, España. pp: 625–669.
- Nuez, F., J. Prohens and J. M. Blanca. 2004; Relationships, origin, and diversity of Galápagos tomatoes: implications for the conservation of natural populations. *American Journal of Botany*. 91:86-99.
- Nuez, F., M. Diez, J. Phorhens, J. Blanca, A. Sifres, B. Picó, L. Cordero and E. Zuriaga. 2008. The Study of Molecular Diversity in Natural Populations of wild and Weedy tomatoes and its implications in Tomato Breeding. *Acta Horticulturae*. 789:249-256.

- Peralta, E. I. and M. D. Spooner. 2001. Granule-bound starch synthesis (GBSSI) gene phylogeny of wild tomatoes (*Solanum L.* section *Lycopersicon* [Mill.] Wettst. subsection *Lycopersicon*). *American Journal Botany*.88:1888-1902.
- Poysa, V. 1993. Use of *Lycopersicon chessmanii* and *L. chmielewskii* to increase dry matter content of tomato fruit. *Canadian Journal of Plant Science*. 73:273-279.
- Pratta G., R. Zorzoli y L. Picardi. 2000. Interacciones genéticas entre germoplasma silvestre y cultivado de *Lycopersicon*. Con efectos de calidad de fruto del jitomate. *Plant Genetics Resources Newsletter*. 124: 7-12.
- Ramírez V. P., M. N. Rodríguez, F. Castillo. 2006. Diversidad morfológica en poblaciones de jitomate nativas de México. Instituto de Recursos Genéticos y Productividad. Colegio de Postgraduados. Memorias SIRGEAL.
- Rick, C. M. 1979. Biosystematic studies in *Lycopersicon* and Closely Related Species of *Solanum*. In: Hawkes, J., G. Lester and A. D. Skelding (Eds). *The biology and taxonomy of the Solanaceae*, Linnean. Society of London, London, U. K. pp: 667-677.
- Rick, C. M. 1983. Tomato (*Lycopersicon*). In: Tanskley, S. D. and T. J. Orton (Eds) *Isozymes in Plant Genetics and Breeding, Part B*. Elsevier Science Publishers. Amsterdam. pp: 147-165.
- Rick, C. M. 1986. Reproductive isolation in the *Lycopersicon peruvianum* complex. In: *Solanaceae Biology and Systematics*. D'Arcy, W.G. (Ed.) Columbia University Press. New York. pp: 477-495.
- Rick, C. M. 1995. Tomato -*Lycopersicon esculentum* (Solanaceae). In: Smartt, J. and N. Simmonds (Eds.) *Evolution of crop Plants*. Logman Scientific & Technical. London. pp: 452-457.
- Rick, C. M. and J. Fobes. 1975. Allozyme variation in cultivated tomato and closely related species. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*. 102: 376-384.
- Rick, C. M., J. W. DeVerna, R.T. Chetelat and M.A. Stevens. 1987. Potential contributions of wide crosses to improvement of processing tomatoes. *Acta Horticulturae* 200: II International Symposium on Processing Tomatoes, XXII IHC. Davis, California USA. pp: 45-56.
- Rick. C. M. 1988. Tomato-like nightshades: affinities, auto-ecology, and breeders opportunities. *Economyc Botany*. 42:145-154.
- Robertson, L.D. and J. A. Labate. 2007. Genetic Resources of Tomato (*Lycopersicon esculentum* var. *esculentum*) and Wild Relatives. In: *Genetic Improvement of Solanaceous. Crops. 2: Tomato*. pp: 25-75.
- Rodríguez R. R., R. Tabares y S. Medina. 2001. *Cultivo Moderno del Tomate*. 2ª ed. Multiprensa, España. 255 p.

- Rodríguez, R. G., G. R. Pratta, R. Zorzoli and A. L. Picardi. 2006. Evaluation of plant and fruit traits in recombinant inbred lines of tomato obtained from a cross between *Lycopersicon esculentum* and *L. pimpinellifolium*. *Ciencia e Investigación Agraria*. 33:111-118.
- Ruiz, J. J., N. Martínez, S. García-Martínez, M. Serrano, M. Valero and R. Moral. 2005b. Micronutrient Composition and Quality Characteristics of Traditional Tomato Cultivars in Southeast Spain. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 36: 649 -660.
- Ruiz, J. J., S. García-Martínez, G. Muquiáng, C. Quisos, and B. Picó. 2005. Genetic Variability and Relationship of Closely Related Spanish Traditional Cultivars of Tomato as Detected by SRAP y SSR Markers. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 130:88-94.
- Ruiz, J.J., A. Arancha, S. García-Martínez, M. Valero, P. Blasco and F. Ruiz-Bevia. 2005a. Quantitative analysis of flavour volatiles detects differences among closely related traditional cultivars of tomato. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 85: 54-60.
- Ruiz-Carrera V., E. Peña-López, S. Lau-Vázquez, F. Maldonado-Mares, J. Ascencio-Rivera, M. Guadarrama-Olivera. 2004. Macronutrientos De Fitorrecursos Alimenticios De Especies Aprovechadas Por Grupos Étnicos En Tabasco, México. *Universidad y Ciencia*. 1-27-31.
- Rush, D.W. and E. Epstein. 1981. Breeding and selection for salt tolerance by the incorporation of wild germplasm into a domestic tomato. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 106: 669-670.
- Saliba-Colombani, V., M. Causse, D. Langlois, J. Philouze and M. Buret. 2001. Genetic analysis of organoleptic quality in fresh market tomato. 1. Mapping QTLs for physical and chemical traits. *Theoretical and Applied Genetics*. 102:259-272.
- Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera SIAP, SIACON, Anuario agrícola por Municipio SAGARPA. 2005. Consulta de Indicadores de producción Nacional de Tomate. pp: 10-12.
- Shauer, N., D. Zamir and A. Fernie. 2005. Metabolic profiling of leaves and fruit of wild species tomato: a survey of the *Solanum lycopersicon* Complex. *Journal of Experimental Botany* 56:297-307.
- Spooner, D. M., E. I. Peralta and S. Knapp. 2005. Comparison of AFLPs with other markers for phylogenetic inference in wild tomatoes [*Solanum L.* section *Lycopersicon* (Mill.) Wettst]. *Taxon*. 54:43-61.
- Srinivasan, C. C., C. Thirtle and P. Palladino. 2003. Winter wheat in England and Wales, 1923-1995: what do indices of genetic diversity reveal?. *Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization*. 1:43-57.

- Stommel, J. R. 2001. USDA 97L63, 97L63, 97L66 y 97L97: Tomato breeding lines with high fruit beta-carotene content. *HortScience*. 36: 387-388.
- Tanksley S. D. and T. M. Fulton. 2007. Dissecting quantitative trait variation-examples from the tomato. *Euphytica*. 154:365-370.
- Tanksley, S. D. 2004. The Genetic, Developmental, and Molecular Bases of Fruit Size and Shape Variation in Tomato. *The Plant Cell*. 16:181-189.
- Teshome, A., B. R. Baum, L. Fahrig, J. K. Torrance, T. J. Arnason and J. D. Lambert. 1997. Sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] landrace variation and classification in North Shewa and South Welo, Ethiopia. *Euphytica*. 97:255-263.
- Van der Knaap, E., Z. B. Lippman and S. D. Tanksley. 2002. Extremely elongated tomato fruit controlled by four quantitative trait loci with epistatic interactions. *Theoretical and Applied Genetics* 104:241-247.
- Vaughan, D. A., E. Balázs and J. Heslop-Harrison. 2007. From crop domestication to super domestication. *Annals of Botany*. 100:893-901.
- Villaseñor J. L. y F. Espinosa G, 1998. Catálogo de malezas de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario. Fondo de Cultura Económica, México, D.F. 449 p.
- Zorzoli R., G. Pratta, L. A. Picardi. 1998. Efecto de los mutantes *nor* y *rin* y de genes silvestres sobre características del fruto en *Lycopersicon*. *Mendeliana*, Buenos Aires. 13:12-19.

### **DIVERSIDAD MORFOLÓGICA DE POBLACIONES NATIVAS DE JITOMATE PROCEDENTES DEL CENTRO, SUR Y SURESTE DE MÉXICO**

#### **RESUMEN**

De las más de las 60 especies vegetales de importancia económica, alimenticia y con diversidad genética que Mesoamérica dio al mundo, las poblaciones nativas de jitomate integran diversos elementos biológicos, económicos y culturales, son testigos genéticos de los procesos evolutivos de la especie, ocurridos en la quebradiza topografía del Centro, Sur y Sureste de México; estas poblaciones ponen de manifiesto el grado de domesticación y de manejo agronómico por los agricultores del país en sus sistemas tradicionales de producción. Con el objetivo de identificar y evaluar la diversidad morfológica de germoplasma mexicano de poblaciones nativas de jitomates cultivados y silvestres, en el ciclo Otoño-Invierno de 2008 se caracterizaron morfológicamente en planta, en estructuras florales y en fruto, 30 poblaciones nativas originarias de diversas regiones agrícolas colectadas en los estados de Puebla, Campeche, Yucatán, Oaxaca, Guerrero y la región Puebla-Hidalgo, en condiciones de hidroponía e invernadero; como testigos se emplearon cuatro variedades derivadas de germoplasma mejorado y el cv. comercial Caimán.

La variabilidad morfológica de características cuantitativas y cualitativas fue amplia. El grado de variabilidad observado puede explicarse por la amplia adaptación de las poblaciones a diversas condiciones agroecológicas, a la forma en que los agricultores cultivan, mantienen y conservan sus poblaciones, a los usos regionales específicos, a los criterios de selección particulares, la naturaleza alógama de algunas poblaciones y el intercambio local y regional de semillas. Las poblaciones presentaron variantes contrastantes de peso, tamaño, número y la forma de fruto, aspectos que se relacionan con el grado de domesticación y que constituyen elementos de diferenciación regional.

## INTRODUCCIÓN

La domesticación de las plantas se inició hace 10 000 años aproximadamente (Harlan, 1992). De las plantas domesticadas, 225 son originarias de América central, entre las que destacan cereales (i.e. *Zea mays* L.), leguminosas (i.e. *Phaseolus spp*), fibras (i.e. *Gossypium hirsutum* L.), especias (i.e. *Vanilla planifolia* A.), estimulantes (i.e. *Theobroma cacao* L.), árboles frutales (i.e. *Annona spp*, *Persea spp*, *Pouteria spp*), vegetales y hortalizas de los géneros *Lycopersicon*, *Cucurbita* y *Capsium*, entre otras. Este número representa al 9% de las 2500 especies domesticadas de todo el mundo (León, 2000; citado por Engels *et al.*, 2006).

Mesoamérica fue el área precolombina, que comprendió desde el Centro y Sureste de México hasta el Norte de Costa Rica y de la cual se conservan rasgos geográficos y culturales. Este territorio prehispánico exhibe a través de la cosmovisión, ritualismo y simbolismo, el enorme legado perpetuado de generación en generación por las culturas indígenas, las etnias y los campesinos que habitan en él (Jain, 2000). La relación entre la biodiversidad y la lingüística autóctona reflejan un complejo de creencias, conocimientos y prácticas que hacen evidente la cohesión evolutiva de la presencia antropogénica, como agente de la conservación de la biodiversidad (Toledo, 2002).

La conservación *in situ* es generada y promovida por el conocimiento tradicional, mediante la utilización y el aprovechamiento de los recursos fitogenéticos y la diversidad genética contenida en ellos. En este proceso, la adaptación y la selección son elementos importantes en la transformación y la dinámica resultante de los acervos genéticos en los centros de origen, de diversidad y de domesticación, especialmente en las condiciones de los sistemas de producción agrícola tradicional (Jain, 2000 y Engels *et al.*, 2006).

La evolución de plantas silvestres a cultivadas involucra la interacción planta-hombre, a través de la selección y domesticación de genes alrededor de las necesidades humanas (Doebley *et al.*, 2006 y Vaughan *et al.*, 2007). Los atributos de selección son específicos y difieren de una cultura a otra y responden las necesidades locales, costumbres, tendencias y hábitats particulares (Arora, 1995); las diferencias en necesidades y satisfactores se reflejan en diversidad de formas, colores, tamaños y otras características con valor agrícola que se encuentran en las poblaciones nativas.

El aprovechamiento y el manejo de las poblaciones nativas satisface múltiples objetivos de los campesinos, aspecto que se refleja en la soberanía alimentaria que enmarca la heterogeneidad biológica, económica y cultural de la agricultura local de los agrosistemas tradicionales (Bellon, 1996).

Las poblaciones nativas son fuente genética de la agricultura marginal, donde elementos culturales además de sabor, atributos agronómicos e identidad local generan una selección diversa, que a su vez genera morfotipos ideales a cada zona ecogeográfica y agrosistema (Brush, 1992 y Brush, 1995). La diversidad de formas, colores, tamaños en poblaciones nativas de jitomate permiten aprovechamientos diversos, acordes en cada región donde se sitúe el agrosistema; por lo que su potencial es distintivo y particular.

La diversidad física, cultural y biológica en la agricultura local además del acaparamiento del mercado por cultivares híbridos, los elevados costos de producción e insumos de materiales comerciales mejorados, promueven directa e indirectamente el manejo y conservación de las variedades nativas de jitomate en la agricultura regional.

En la zona central y sur del país se localizan jitomates silvestres (Villaseñor y Espinosa, 1998) y variedades nativas (Aguilar y Montes, 1993) con distintos grados de domesticación, incorporados a diversos sistemas de producción y establecidos en una amplia gama de ecosistemas; de esta manera, en los huertos tradicionales se encuentra frecuentemente al jitomate, ya sea para autoconsumo o para comercialización en mercados locales y regionales (Del Ángel-Pérez y Mendoza, 2004).

Al igual que en otros cultivos, el jitomate ha sufrido el síndrome de la domesticación (Harlan, 1992); proceso que involucra la selección sobre pocos caracteres, específicamente los relacionados con el tamaño y la forma de fruto (Grandillo *et al.*, 1999), y que han restringido la base genética del cultivo a sólo el 5% de diversidad genética observada en las especies silvestres (Miller y Tanksley, 1990); esta comparación sugiere que la domesticación se inició a partir de un número limitado de individuos (Ladizinsky, 1985); consecuentes con la selección sobre el loci *fw2.2* (*fruitweight2.2*) para la obtención de frutos de mayor tamaño, este controla ~ el 30% de la variación fenotípica de la masa del fruto en *spp* silvestres y cultivados (Frary *et al.*, 2000). Por tal motivo *fw2.2* es identificado como el gen de la domesticación de jitomate; Su función es la



regulación negativa de la división celular y peso de fruto (Doebley *et al.*, 2006). Por otra parte, la forma del fruto es afectada por el QTL *fs8.1* (Grandillo *et al.*, 1996).

Bai y Lindhout (2007) señalan que la transición evolutiva de maleza a jitomate cultivado se basó en mutaciones asociadas con el aumento del tamaño de fruto, seleccionadas, acumuladas y elegidas por los humanos; lo que conllevó además al incremento de la diversidad en formas de fruto (*i.e.* redonda, ovalada, tipo pera, tipo torpedo, tipo pimiento) y tamaño en las plantas acompañada de otros cambios como las respuestas fisiológicas y de adaptaciones en ambientes naturales.

Los frutos de especies silvestres son en su mayor parte esféricos, pequeños con múltiple cantidad de semillas, lo que facilita su dispersión por roedores y aves (Liu *et al.*, 2002; Tanksley, 2004), respecto a la amplia gama de formas y tamaños del jitomate cultivado, hace suponer que la domesticación del jitomate resultó de una selección divergente; sin embargo, el desarrollo de formas y el aumento en el tamaño del fruto, son fenómenos que se atribuyen a mutaciones ocurridas en pocos loci de contribución significativa. Por otro lado Tanksley (2004) señala que varios loci están involucrados en la determinación de las diferencias fenotípicas de la forma del fruto en jitomate, que es una característica que distingue al jitomate cultivado de las especies silvestres.

Los miembros del género *Lycopersicon* muestran variación en intensidad de color, forma y calidad del fruto, hábitos de crecimiento y morfología de la hoja (Grandillo *et al.*, 1996); estos elementos hacen que la introducción de germoplasma exótico de las especies silvestre en las especies cultivadas sea una herramienta viable y útil en el mejoramiento genético del jitomate ya que permite la búsqueda de factores genéticos útiles para ampliar la adaptación del cultivo, mejorar la calidad de los frutos y ampliar la adaptabilidad de la planta a condiciones ambientales estresantes. Sobre todo porque la sobreexplotación de la variación tanto fenotípica como genética del género *Lycopersicon*, que persigue el incremento de la productividad, condición que ha reducido la base genética de la especie e incrementado la susceptibilidad al estrés tanto biótico como abiótico (Schauer *et al.*, 2004).

Como ejemplo de la utilidad de esta estrategia metodológica, se han incorporado quince genes de resistencia a enfermedades de taxones silvestres a cultivares híbridos comerciales, (Pan *et al.*,

2000). Los cruzamientos con *L. pennellii* incrementan de 15 a 25 % el contenido de sólidos solubles (Fridman *et al.*, 2000); en tanto que, el contenido de metabolitos en hojas y frutos de especies silvestres (Schauer *et al.*, 2004) es altamente variable con respecto a variedades cultivadas. Otras especies como *L. chmielewskii*, *L. parviflorum* y *L. pennellii*, son especies nativas del Perú que crecen en condiciones de sequia y ambientes calurosos, y presentan genes de tolerancia a insectos y de resistencia a la sequia (Foolad, 2007).

Un cambio importante que resultó de la domesticación, consiste en la modificación secuencial de la estructura floral a medida que el jitomate se dispersó y se cultivó hacia el Norte del continente americano, ya que para mejorar el cuajado del fruto, el estilo se acorto dejando al estigma oculto dentro de la columna estaminal, de tal manera, que las especies silvestres de *Lycopersicon* presentan estigmas expuestos, factor que promueve la posibilidad de polinización cruzada (Rick, 1978). Observaciones de campo muestran que algunas de las poblaciones silvestres presentan estigmas ínferos, en contraste con especies nativas cultivadas en las que es frecuente observar estigmas súperos.

Además de las diferencias morfológicas estructurales, existen mecanismos genéticos que promueven y mantienen la variabilidad genética, como la autoincompatibilidad, que obliga a la polinización cruzada y mutaciones en el gen S-RNasa y HT-B en especies ancestrales de *Lycopersicon* han provocado la pérdida de este mecanismo (Katsuhiko *et al.*, 2002).

El jitomate es susceptible a más de 200 enfermedades provocadas por hongos patógenos, bacterias, virus y nematodos, cuyos daños generan pérdidas económicas cuantiosas a escala mundial (Bai y Lindhout, 2007). Para resolver la problemática generada por los patógenos, la incorporación de genes de resistencia de genotipos silvestres resulta una adecuada estrategia para el mejoramiento genético del jitomate cultivado, como lo muestra el uso exitoso de *L. pimpinellifolium*, *L. peruvianum* y *L. hirsutum* como fuente de resistencia vertical y horizontal para *Phytophthora infestans* y *Oidium lycopersicum* (Foolad, 2007); y de los genes *Cf-4* y *Cf-9* provenientes de *Lycopersicon hirsutum* y *L. pimpinellifolium* que confieren resistencia a *Cladosporium fulvum* (Krujit *et al.*, 2005).

La utilización de taxones silvestres en el mejoramiento genético ha dejado a un lado otros recursos genéticos valiosos, como las variedades tradicionales que han sido obtenidas y

conservadas en agrosistemas tradicionales y que representan un acervo genético de valor no cuantificado (Camacho *et al.*, 2006). Este germoplasma nativo, tanto cultivado como silvestre, de *L. esculentum* se encuentra amenazado por el desplazamiento y sustitución de los cultivares tradicionales por los híbridos comerciales (Srinivasan *et al.*, 2003), y recientemente por germoplasma transgénico.

El valor real de las poblaciones nativas no es conocido. Empezando por el hecho de que se desconoce las áreas de distribución donde se cultivan o se encuentran en forma silvestre. En las regiones donde se cultivan las poblaciones nativas y se aprovechan las poblaciones silvestres es normal que alcancen precios de venta mayores, lo que obedece entre otros factores a sus formas y variaciones de calidad interna, de color y de sabor; elementos que las hace muy apreciadas a nivel local o regional. Estas características hacen a las poblaciones nativas particularmente valiosas.

Otro factor que contribuye a elevar el valor biológico y agronómico de las poblaciones nativas desarrolladas y conservadas por los agricultores, es el hecho de que son cultivadas normalmente en ambientes naturales y de cultivo frecuentemente limitantes, en los que la incidencia recurrente de estrés tanto biótico como abiótico es normal. La ocurrencia de estos factores cuya intensidad, frecuencia y cantidad varía entre años, han permitido un intenso proceso de selección que ha logrado incrementar su rusticidad y adaptación, y producir aun en condiciones de ambientes limitados. La tolerancia a factores como sequia, salinidad, temperaturas altas o bajas, fertilidad limitada y enfermedades provocadas por hongos, bacterias y virus, incrementan el valor biológico y agronómico de este germoplasma. Finalmente, la mayoría de las veces este germoplasma se encuentra adaptado a condiciones y sistemas de producción particulares. Sin embargo, hasta el momento se carece de una valoración sistemática suficientemente amplia y confiable para el aprovechamiento integral de este germoplasma en la generación de nuevas variedades mejoradas, ya sea en forma directa o como fuente de germoplasma.

Es de señalar que hasta el momento no ha sido posible la integración de estas poblaciones nativas a programas formales de mejoramiento, como el iniciado en 1996 en el Postgrado en Recursos Genéticos y Productividad-Genética del Colegio de Postgraduados, que tiene como objetivo la Conservación y Aprovechamiento de la Agro-diversidad del Jitomate Mexicano.

Debido a la falta de información en torno al valor agronómico y genético del jitomate nativo, esta investigación tiene como objetivo la caracterización de la diversidad morfológica y agronómica entre y dentro de poblaciones nativas mexicanas, bajo la hipótesis de que existe una amplia diversidad fenotípica en una muestra de acervos genéticos provenientes de seis regiones agrícolas de México

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Material genético**

Se constituyo con 30 poblaciones nativas de jitomate colectadas de 2006 a 2008 en la Sierra Norte de Puebla, Campeche, Yucatán, Oaxaca, Guerrero y en la región situada en los límites de Puebla-Hidalgo, cinco poblaciones por acervo genético (o región de origen). Adicionándose la evaluación de un grupo de cuatro líneas derivadas con características intermedias de materiales nativos y mejorados y la variedad comercial Caimán® de Enza Zaden como testigos que constituyeron al grupo de germoplasma mejorado (Cuadro 4). Las colectas se obtuvieron como parte del Proyecto Conservación y Aprovechamiento de la Agrobiodiversidad nativa de Jitomate, del Postgrado en Recursos Genéticos y Productividad, del Colegio de Posgraduados Campus Montecillo.

### **Sitio experimental**

Las evaluaciones se realizaron en condiciones de invernadero e hidroponía en el Campo Experimental del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Estado de México (19° 30' LN, 98° 53' LO, y 2250 m de altitud).

### **Unidad y diseño experimental**

Los seis acervos genéticos y el grupo poblacional mejorado se distribuyeron en un diseño factorial completamente al azar; en tanto que, las cinco poblaciones de cada conjunto, bajo un diseño de bloques al azar, con tres repeticiones y cuatro individuos por repetición.

**Cuadro 4.** Origen y tipo de población nativa de jitomate del Centro, Sur y Sureste de México, líneas derivadas y un cultivar comercial. Montecillo, Estado de México. 2008.

<b>Accesión 2008</b>	<b>Origen</b>	<b>Descripción</b>
<b>PH-a, PH-b, PH-c, PH-d y PH-e</b>	Región Puebla-Hidalgo	Población nativa
<b>Ya, Yb, Yc, Yd y Ye</b>	Yucatán	Población nativa
<b>Pa, Pb, Pc, Pd y Pe</b>	Sierra Norte de Puebla	Población nativa
<b>Ca, Cb, Cc, Cd y Ce</b>	Campeche	Población nativa
<b>LD-Mo</b>	Estado de México	Línea derivada (Tipo cereza)
<b>LD-Y</b>	Yucatán	Línea derivada (Tipo saladette)
<b>LD-Ma</b>	Estado de México	Línea derivada (Tipo saladette)
<b>K</b>	Caimán ® De Enza Zaden	Híbrido comercial (Tipo bola)
<b>LD-Gn</b>	Guanajuato	Línea derivada (Tipo saladette)
<b>Ox1, Ox2, Ox3, Ox4 y Ox5</b>	Oaxaca	Población nativa
<b>Gra, Grb, Grc, Grd y Gre</b>	Guerrero	Población nativa

### **Conducción del experimento**

De cada población se seleccionaron 40 semillas, las cuales se pregerminaron con 25 mL de solución de  $\text{KNO}_3$  a 0.02 N (ISTA, 2005), el 15 de Marzo del 2008; las semillas se mantuvieron en 25°C en oscuridad hasta obtener más del 90% de germinación de cada población, después de 72 horas se llevaron a invernadero y se colocaron dos semillas pregerminadas por cavidad en charolas de germinación de 100 cavidades, utilizando como sustrato tierra de monte tamizada; las plántulas se regaron con agua tres veces al día hasta que la plántula alcanzó una altura aproximada de 20 cm. A 38 días de germinación, 24 plántulas pregerminadas por población se trasplantaron en bolsas negras con 20 kg de tezontle tipo sello (partícula pequeña con alta retención de humedad) como sustrato, del par de plantas trasplantadas se eliminó la de menor vigor, a dos semanas posteriores al establecimiento. Se aplicaron cuatro riegos localizados de 85 mL con la solución nutritiva Steiner al 50%. La densidad de siembra fue de cinco plantas por  $\text{m}^2$ .

La concentración y la cantidad de solución nutritiva universal aplicada se modificó con base en la fenología del cultivo; de tal manera que durante la formación y amarre de fruto del primer hasta el tercer racimo se aplicaron cinco riegos de 90 mL por planta con la solución Steiner al 75%, a partir del cuajado de cuarto racimo hasta la madurez de cosecha de los frutos del sexto

racimo se aplicaron seis riegos de 180 mL día, con un gasto de 1.08 L día por planta con solución Steiner al 100%. La solución nutritiva se mantuvo a un pH de 5.5, además de una presión osmótica de 0.072 y con conductividad eléctrica entre valores de 2.2 y 2.6 dSm<sup>-1</sup>.

Se presentaron algunos gusanos soldados (*Spodoptera exigua*) dispersos al azar en el cultivo a 15 días del establecimiento, esta plaga se eliminó manualmente. El control de plagas y enfermedades se realizó con dos aplicaciones preventivas mensuales contra mosquita blanca (*Bemisia tabaci* Genn) con 5 mL L<sup>-1</sup> de jabón líquido para ropa, una aplicación mensual de 2.5 ppm de karate x1® (ingrediente activo Lambda-cialotrina, 8%) desde el establecimiento del cultivo hasta la producción, además del uso de trampas amarillas cada 3 m<sup>2</sup>. Para el control de hongos se hicieron dos aplicaciones mensuales de control con Ridomil Gold 250 g 100 L<sup>-1</sup> de agua (*i.a.* Metalaxil M + clorotalonil), a partir de producción del tercer racimo hasta cuajado del sexto racimo.

La poda de hojas se realizó, a partir del cuello de la planta hasta el tercer racimo, se llevo a cabo cada semana para mejorar la aireación y evitar la proliferación de hongos, además de permitir la penetración de mayor cantidad de luz para lograr la maduración homogénea de los frutos. La poda de hojas se realizó cada tercer semana al comenzar la producción. Los brotes laterales se eliminaron cada tercer día para reducir la competencia por agua, luz, nutrimentos y el sombreado al interior de la planta. Cuando se observó el 50% de amarre de fruto en el sexto racimo de cada planta se eliminó la yema apical dejando dos hojas arriba del racimo.

Las tijeras de podar se desinfectaron continuamente alternando alcohol al 70% con hipoclorito al 3%, durante el manejo de cada planta. Para asegurar la polinización se sacudieron gentilmente cada una de las plantas, entre las 9:00 y 11:00 de la mañana cuando la temperatura dentro del invernadero se registro entre 25 y 30°C.

### **Características evaluadas**

La caracterización morfológica se realizó con base al descriptor para *Lycopersicon spp*, del International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI, 1996), clasificando las variables como cuantitativas (Cuadro 5) y cualitativas (Cuadro 6 y 7).

Los DAB y DAF, se registraron cuando 50% de la inflorescencia presentó el botón floral y la flor abierta en cada población.

Para la evaluación de estructuras reproductivas se colectaron 5 flores, bien desarrolladas, del tercer y cuarto racimo de cada planta; estas se transportaron dentro de cajas petri, con 20 mL de agua destilada sobre papel absorbente previamente refrigeradas.

Las características del fruto se identificaron en una muestra compuesta por tres frutos cosechados de la parte media del tercer racimo, por planta; cuando el 50% del racimo mostró una tonalidad roja homogénea y firmeza en el fruto, se consideraron en madurez de cosecha posteriores a fecha de trasplante.

Respecto a la madurez de cosecha, se recolectaron frutos con tonalidad rojo brillante, a los cuales se les evaluó el color mediante un Hunter Lab© y con base al Sistema Internacional de Color (CIE) se obtuvieron los valores  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  y con los cuales se calculó el ángulo de matiz ( $H^\circ = \tan^{-1} (b^*/a^*)^2$ ), en tanto que para obtener el croma se aplicó la ecuación  $C = \sqrt{(a^{*2} + b^{*2})}$ . Se realizaron dos medidas en la zona ecuatorial y el extremo distal, obteniéndose el promedio en ambas.

**Cuadro 5.** Características cuantitativas evaluadas para la evaluación morfológica de poblaciones de jitomate del Centro, Sur y Sureste de México, líneas derivadas y un cultivar comercial. Montecillo, Estado de México. 2008.

	<b>Característica</b>	<b>Unidad</b>	<b>Acrónimo</b>
<b>Planta</b>	Número de entrenudos hasta la primera inflorescencia	cm	Nepi
	Distancia entre entrenudos	cm	DEEnt
	Distancia hasta la primera inflorescencia	cm	DPIInf
	Diámetro del tallo	cm	DT
	Longitud de la planta hasta el 6to racimo	cm	LONG
	Ancho de la hoja que antecede al tercer racimo	cm	ANH
	Longitud de la hoja que antecede al tercer racimo	cm	LH
<b>Estructuras florales</b>	Número de pétalos	Numérico	NP
	Número de sépalos	Numérico	NSp
	Longitud de pétalos	cm	LP
	Longitud de sépalos	cm	LS
	Longitud del estilo	mm	Lesti
	Longitud de la columna estaminal	mm	LEsta
	Longitud del estilo/ longitud de estambre	Numérico	REsE
	Número de flores totales	Numérico	NFL
Número de flores por racimo	Numérico	NFLr	
<b>Fruto</b>	Número total de frutos	Numérico	NFr
	Peso promedio de frutos	g	PFr
	Número de frutos por racimo	Numérico	NFrr
	Porcentaje de amarre de fruto	Numérico	Pama
	Ancho de fruto	cm	AFr
	Longitud del fruto	cm	LFr
	Longitud del Pedicelo	cm	LPed
	Grosor del pericarpio	mm	Gper
	Longitud de la nervadura	mm	Lnerv
	Número de lóculos	Numérico	Nloc
<b>Color</b>	Luminosidad	Numérico	Lum
	Matiz	Numérico	Matiz
	Croma	Numérico	Croma
<b>Fenología</b>	Días al 50% de la brotación floral	Numérico	DAB
	Días al 50% de floración	Numérico	DAF
	Días a madurez de cosecha del fruto	Numérico	DMFr



**Cuadro 6.** Características cualitativas evaluadas para la evaluación morfológica de poblaciones de jitomate del Centro, Sur y Sureste de México, líneas derivadas y un cultivar comercial. Montecillo, Estado de México. 2008.

	<b>Característica</b>	<b>Escala</b>	<b>Acrónimo</b>
<b>Planta</b>	Densidad de pubescencia en el tallo	3:Escasa, 5:Intermedia 7: Densa	DePT
	Densidad de follaje	3:Escasa, 5:Intermedia 7: Densa	DeF
	Posición de la hoja	3:Semierecta, 5:Horizontal, 7:Inclinada (colgante)	PHoj
	Tipo de hoja	1: Enana, 2: Tipo papa, 3: Estándar, 4: <i>peruvianum</i> , 5: <i>pimpinellifolium</i> , 6: <i>hirsutum</i> .	TH
	Grado de disección de la hoja	3: Bajo, 5: Intermedia, 7: alto	GDih
<b>Estructuras florales e inflorescencia</b>	Posición del estilo	1: insertado, 2:mismo nivel que el estambre, 3:ligeramente proyectado, 4: muy proyectado	Pest
	Forma del estilo	1: Simple, 2: Fasciculado, 3: Dividido	Fest
	Tipo de inflorescencia	1: Uníparo, 2: Parcialmente uníparo y múltiparo 3: Múltiparo	Tinf
	Organización floral	1: Racimo, 2: elíptica	OF
	Organización de la inflorescencia	1: una flor, 2: compuesta 3: Dividida en varios racimos	Oinf
<b>Fruto</b>	Forma del fruto	1: Riñón, 2: Calabaza, 3: Tipo cereza (cereza), 4: bola, 5: Pimiento, 6: Pera 7: Saladette	F
	Grado de Costilla	1: Muy ligera, 3: Ligera, 5: Intermedia 7: Fuerte 9: Intensamente marcada	GCs
	Forma del corte transversal del fruto	1: Redonda, 2: Angular 3: Irregular	Fcte
	Nervadura en el extremo del cáliz	1: Muy ligera, 3: Ligera, 5: Intermedia 7: Fuerte 9: Intensamente marcada	NerFr
	Forma del hombro	1: Aplanada, 3: liegamente hundida, 5: Moderadamente hundida, 7: Muy hundida, 9: Extremadamente hundida	FHm
	Forma de la cicatriz del pedicelo	1: Punteado, 2: Estrellado, 3: Lineal, 4: Irregular	Fcica
	Forma terminal	1: Indentada, 2: Aplanada, 3: Puntiguda, 4: Tipo trompo	Fter

La sanidad fue definida con base en la escala de reacción de la respuesta fitopatológica (Cuadro 7), los valores de calificación se tomaron como variable cualitativa.

**Cuadro 7.** Escala general de reacción utilizada en la calificación fitopatológica, en 30 poblaciones de jitomate del Centro, Sur y Sureste de México, líneas derivadas y un cultivar comercial. Montecillo, Estado de México. 2008.

Calificación	Infestación (%)	Categoría	Descripción
9	0	<b>Alta Sanidad</b>	Síntomas no visibles o muy leves
8	10		
7	20		
6	30	<b>Sanidad Intermedia</b>	Síntomas visibles o conspicuos que sólo ocasionan un daño limitado
5	40		
4	50		
3	60	<b>Sanidad Baja</b>	Síntomas severos a muy severos que ocasionan pérdidas de rendimiento considerables o la muerte de la planta
2	70		
1	80		
0	90-100		

### Análisis estadísticos

Con el objeto de determinar las características con mayor contribución a la variación total, se realizó un análisis de componentes principales (ACP) con base en la matriz de correlaciones de los promedios de 32 características cuantitativas. Con base en los coeficientes de determinación ( $R^2$ ), obtenidos a partir de la estructura de la matriz de correlaciones de variables independientes, distribuidos en gráficos de Gabriel y la contribución a la variación total de cada variable en el ACP se eliminaron cuatro variables altamente correlacionadas (NFr, NFI, NFrr y NP). La representación grafica de la distribución de las poblaciones se realizó con base en los dos primeros CP.

Para establecer las relaciones de similitud entre las 35 poblaciones se realizó con un análisis de conglomerados a partir de los datos normalizados (0,1). Como coeficiente de similitud se emplearon las distancias euclidianas; y la agrupación jerárquica se realizó con el método de ligamiento promedio (UPGMA). Ambos tipos de análisis se realizaron con los paquetes estadísticos SAS, v. 9.1 (SAS, 2002) y NTSYS® (Rohlf, 2000). Adicionalmente, con base en la matriz de modas se realizó un análisis de correspondencia simple con 18 características cualitativas, con el procedimiento PROCORRESP del paquete estadístico SAS (SAS, 2002).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Variación en características morfológicas

En el Cuadro 8, se muestran los intervalos de variación, valores promedio, desviación estándar y coeficiente de variación de 24 características muestreadas. Los mayores coeficientes de variación se observaron en peso, longitud y número de frutos, y distancia de entrenudos; en tanto que, los menores coeficientes se encontraron en días a la madurez, porcentaje de amarre, longitud de estambres, longitud de hoja y diámetro de tallo. Dado que el germoplasma se evaluó en las mismas condiciones ambientales, las diferencias observadas pueden atribuirse principalmente a las diferencias genéticas entre y dentro de poblaciones.

La muestra de poblaciones evaluadas presentaron porcentajes de amarre entre 68.89 y 93.1%, además de un número de frutos por planta entre 20 y 106. Las poblaciones nativas produjeron y amarraron frutos en mayor cantidad que las variedades mejoradas, como consecuencia de su mayor capacidad. El tamaño del fruto estuvo definido por la longitud (1.94 a 10.77 cm), anchura (2.7 a 6.1 cm) y peso (9.35 a 120.9 g). La selección del fruto hacia el aumento del tamaño, ha sido un criterio aplicable durante los procesos de domesticación y manejo de las poblaciones. Los intervalos de las características de fruto mostraron el grado de diversidad en el tamaño. Estas observaciones pueden estar relacionadas con los distintos grados de selección operados en cada una de las poblaciones; en este sentido, Haydar *et al* (2007) señalan que la divergencia en la selección para tamaño de fruto ha ocurrido en relación con las necesidades, gustos y adaptación al ambiente donde se desarrolla la población. De esta manera es posible identificar, con base en características típicas, el origen de las diferentes poblaciones.

En las características del fruto se encontró variación amplia en grosor del pericarpio (3 a 8 mm), número de lóculos (2 a 8), longitud de nervadura (0.62 a 1.67 cm) y pedúnculo del fruto (0.7 y 2.2 cm). La variación resulta de la amplitud de tipos, formas y tamaños de fruto incluidos en esta muestra de poblaciones nativas. En las poblaciones evaluadas se encuentran frutos de variedades mejoradas comerciales hasta los frutos pequeños provenientes de poblaciones silvestres, que son de menor número de lóculos, pericarpio delgado y maduración precoz lo que favorece la dispersión por roedores y aves (Tanskley, 2004). El mismo patrón de variación se observó en la fenología de las poblaciones nativas, tanto en días a floración como en días a madurez del fruto,

como resultado de la diversidad entre y dentro de poblaciones (Cuadro 6); los resultados observados son agronómicamente relevantes, ya que la precocidad es una característica deseable para la producción comercial.

El tamaño de la flor es una variable útil asociada con el tamaño de fruto, por lo que su caracterización es útil para este fin. Las poblaciones evaluadas presentaron de 6 a 9 sépalos, y longitudes de sépalos y pétalos de 1.02 a 1.95 cm y de 1.42 a 2.71 cm, respectivamente. La relación tamaño de flor tamaño de fruto aplica en las poblaciones nativas de Oaxaca y Guerrero.

El tamaño relativo del estilo y de la columna estaminal está relacionado con el tipo de sistema reproductivo de la población, de tal manera que el proceso de domesticación involucró el acortamiento del estilo y la inserción del estigma dentro de la columna estaminal, al pasar de una condición alógama a una completamente autógama (Rick, 1975). La muestra de poblaciones evaluadas presentó una variación amplia en la relación longitud de estilo/longitud de estambres, ya que se observaron intervalos de 8.6 a 12.6 y 8.9 a 12 mm en la longitud de estilo y estambres, respectivamente. La relación es importante para determinar el grado de intercambio genético que está determinado por la longitud en que se expone el estigma, como elemento promotor de la polinización cruzada y del intercambio genético consecuente. En este estudio las poblaciones nativas mostraron mayor variabilidad que las poblaciones mejoradas o líneas derivadas (LD-Mo, LD-Y, Grb y el cv. Caimán), en forma tal que algunas de las poblaciones de tipo silvestre mostraron estigmas cortos, en contraste con poblaciones nativas cultivadas de Oaxaca y Guerrero.

Características morfológicas de la planta como arquitectura general, altura, distribución de la producción y otros atributos asociados de importancia agronómica que definen el manejo del cultivo; impactan en la fisiología de la planta e influyen en la toma de decisiones para la elección de variedades. En este estudio se observaron diferencias morfológicas en la estructura vegetal de las poblaciones nativas de jitomate evaluadas, en longitud de planta al sexto racimo (143.91 a 249.4 cm); diámetro de tallo (1.27 a 1.83 cm); distancia a la primera inflorescencia (25.43 y 60.51 cm) y distribución de entrenudos (7 a 11) a la primera inflorescencia (1.66 y 3.33 cm). Adicionalmente, se observó amplia variación en la anchura y (20.17 a 31.67cm) y longitud

(35.17 y 45.17) de la hoja, características asociadas con la densidad del dosel y la actividad fotosintética de la planta.

**Cuadro 8.** Intervalos de variación, promedio, desviación estándar y coeficiente de variación de 24 características cuantitativas evaluadas en poblaciones de jitomate del Centro, Sur y Sureste de México, líneas derivadas y un cultivar comercial. Montecillo, Estado de México. 2008.

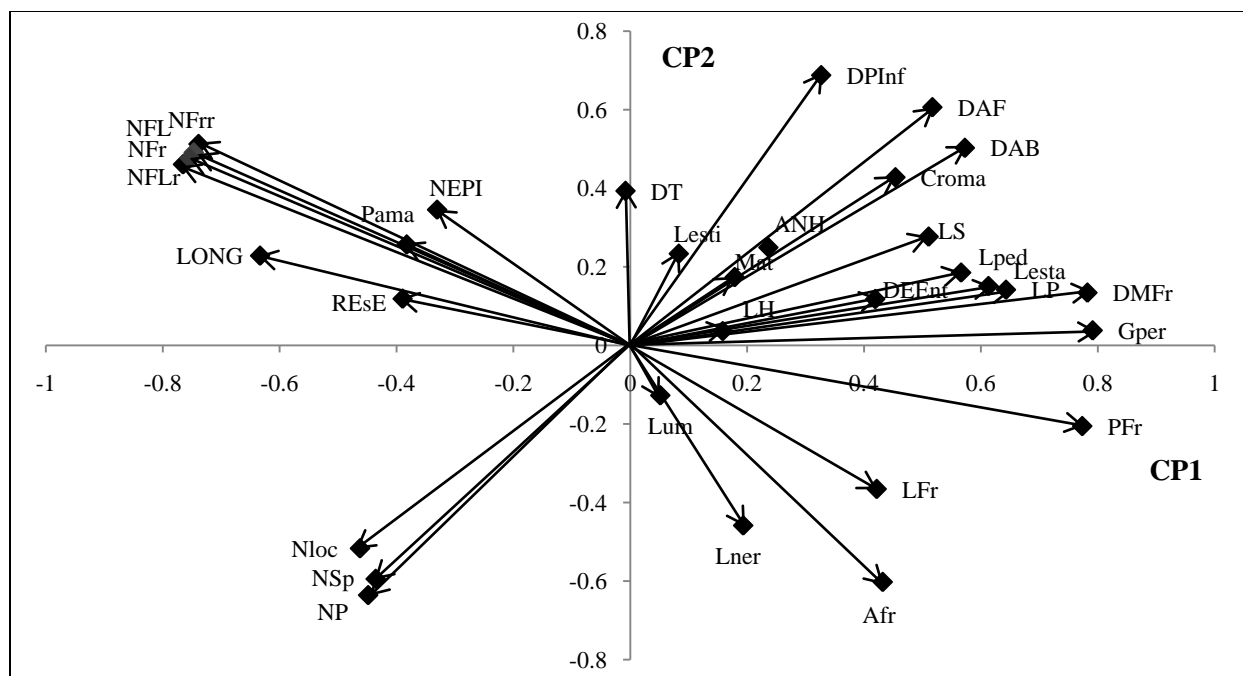
	<b>Característica</b>	<b>Intervalo</b>	<b>Promedio</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Coefficiente de variación (%)</b>
<b>Planta</b>	Número de entrenudos hasta la primera inflorescencia	7 - 11	9.4	1.1	11.3
	Distancia entre entrenudos	1.66 - 3.3	2.1	0.4	24.9
	Distancia hasta la primera inflorescencia	25.43 - 60.51	44.8	9.3	20.8
	Diámetro del tallo	1.27 - 1.83	1.6	0.1	7.4
	Longitud de la planta hasta el sexto racimo	143.91 - 249.4	205.9	22.9	11.1
	Ancho de la hoja que antecede al tercer racimo	20.17 - 31.67	25.9	2.2	8.5
	Longitud de la hoja que antecede al tercer racimo	35.17 - 45.17	39.4	2.4	6.1
<b>Estructuras florales</b>	Número de sépalos	6 - 9	6.9	0.7	10.7
	Longitud de pétalos	1.42 - 2.71	1.7	0.2	14.2
	Longitud de sépalos	1.02 - 1.95	1.3	0.2	15.1
	Longitud del estilo	8.6 - 12.7	10.2	0.9	8.8
	Longitud de la columna estaminal	8.9 - 12	9.7	0.6	6.6
	Longitud del estilo/ longitud de estambre	0.82 - 1.24	1.1	0.1	8.2
<b>Fruto</b>	Número total de frutos	20 - 106	37.1	15.5	41.7
	Peso promedio de frutos	9.35 - 120.9	44.7	25.0	55.9
	Porcentaje de amarre de fruto	68.89 - 93.1	81.6	5.1	6.3
	Ancho de fruto	2.69 - 6.1	4.6	0.9	19.9
	Longitud del fruto	1.94 - 10.77	3.6	1.6	45.0
	Longitud del Pedicelo	0.7 - 2.2	0.1	0.0	23.4
	Grosor del pericarpio	0.3 - 0.84	0.5	0.1	20.8
	Longitud de la nervadura	0.62 - 1.67	1.0	0.3	27.0
	Número de lóculos	2 - 8	5.9	1.5	24.9
<b>Fenológicas</b>	Días al 50% de floración	32 - 53	43.7	4.6	10.5
	Días a la madurez de cosecha del fruto	130 - 165	149.0	8.9	6.0

Las poblaciones nativas evaluadas muestran un amplio espectro de variación en número y tamaño de fruto, y por lo tanto en las características asociadas de peso y forma, por lo que los mayores coeficientes de variación se observaron en características como número de frutos (41.74%), longitud de fruto (44.98%) y peso de fruto (55.93). En este caso la longitud de fruto muestra una amplia variación posiblemente por su importancia en la definición de la forma del fruto. La forma en este grupo de poblaciones cubrió un amplio espectro de variantes que fueron desde esféricas hasta tipo riñón; y en tamaño fue desde el tipo bola, el tipo saladette hasta los tipos cereza, genotipos silvestres incluidos en la evaluación. De acuerdo con Fernie *et al.* (2006) estos patrones de variación indican el efecto de una selección y un manejo divergente, acorde a las necesidades y preferencias del agricultor, así como la adaptación del genotipo al ambiente donde crece y desarrolla.

### **Distribución de la Variación Morfológica**

De las 32 características consideradas en la evaluación, 24 fueron seleccionadas con base en el análisis de las correlaciones entre las características evaluadas y los componentes principales 1 y 2, que son los de mayor carga, en el gráfico de Gabriel (Figura 1). Las características número de flores por racimo y de frutos por racimo (NFLr y NFrr), y el número de flores totales y de pétalos (NFL y NP) se descartaron por la alta colinealidad mostrada. Otras características no consideradas en el análisis fueron croma, matiz y luminosidad ya que el análisis de estas variables de color requieren un análisis conjunto; en tanto que, días a floración y días a iniciación floral se consideraron variables redundantes con los días a madurez de fruto, ya que están relacionadas con la precocidad de los cultivares.

Con base en el diagrama de Gabriel, las variables con mayor correlación mostraron con el componente 1 (CP1), fueron: LP, DMFr, Gper y PFr de manera directa y NFr, NFLr, NFrr, NFL de manera inversa. En el componente 2 (CP2), DPInf de manera directa y NP, NSp y AFr de manera inversa (Figura 1).



**Figura 1.** Correlación de 32 características cuantitativas, con respecto a los dos primeros componentes principales.

La distribución de la variación morfológica en poblaciones de jitomate evaluadas se analizó con base en componentes principales (ACP) y de conglomerados. En el análisis de componentes incluyó la información de 24 características de planta, flor y fruto. Los dos primeros componentes explicaron 41.71 % de la variación total. El primer componente explicó 25.79 % y el segundo 15.92 % de la variación (Cuadro 9).

**Cuadro 9.** Valores característicos, varianzas total y acumulada explicadas por ocho componentes principales de 24 características cuantitativas de 30 poblaciones de jitomate del Centro, Sur y Sureste de México, líneas derivadas y un cultivar comercial. Montecillo, Estado de México. 2008.

	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7	CP8
Valor propio	6.1899	3.8211	3.3881	2.0423	1.3781	1.2596	1.0179	0.992
Variación explicada	<b>25.79</b>	<b>15.92</b>	14.12	8.51	5.74	5.25	4.24	4.13
Variación acumulada	25.79	<b>41.71</b>	55.83	64.34	70.08	75.33	79.57	<b>83.7</b>

CP# = Número de componente principal, en orden jerárquico.

El CP1 se explicó mayormente por tres características de fruto (GPer, PFr y NFr), una característica fenológica (DMFr), una característica vegetativa (LONG) y una característica

floral (LP). El CP2 fue definido por cuatro características, dos correspondientes a la estructura floral (Lesti y LS) y dos características vegetativas (NEPI y DT).

**Cuadro 10.** Vectores característicos de las 24 características de los primeros ocho componentes principales en 30 poblaciones de jitomate del Centro, Sur y Sureste de México, líneas derivadas y un cultivar comercial. Montecillo, Estado de México. 2008.

Característica	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7	CP8
Número de frutos	<b>-0.2397</b>	0.0835	-0.1619	0.2587	0.1004	0.3203	0.0382	-0.1876
Diámetro de tallo	0.016	<b>0.323</b>	0.0446	0.218	-0.2145	0.0619	0.4629	-0.1902
Longitud de planta	<b>-0.2769</b>	0.0581	-0.1688	-0.0555	-0.2178	0.2398	0.2217	0.2705
Longitud de hoja	0.084	0.084	0.1081	<b>0.4174</b>	-0.379	-0.1111	-0.3529	0.1174
Número de sépalos	-0.1699	0.0155	<b>0.4101</b>	-0.0772	0.2942	-0.0711	0.1069	-0.0114
Longitud de pétalos	<b>0.2894</b>	0.0991	0.0065	0.0076	0.2955	0.0884	0.2099	0.2562
Longitud de sépalos	0.2116	<b>0.3235</b>	0.0385	0.0079	-0.122	-0.1757	0.3248	0.0617
Longitud de pedúnculo	0.2393	-0.0443	-0.1565	0.0123	0.1337	-0.2047	0.1973	0.1349
Longitud de fruto	0.198	-0.1975	0.1674	0.2515	0.1569	-0.0138	-0.1982	-0.1909
Longitud de nervadura de fruto	0.0698	-0.0333	<b>0.3834</b>	-0.1426	-0.1666	0.4487	-0.0014	0.0586
Peso de fruto	<b>0.3343</b>	-0.0756	0.1864	0.0676	0.0296	0.2492	0.0075	-0.0366
Porcentaje de amarre	-0.1197	0.0374	-0.1063	0.2754	<b>0.4379</b>	0.3044	0.1542	-0.3655
Días a la madurez de cosecha del fruto	<b>0.294</b>	0.1252	-0.0278	-0.2751	0.1523	-0.1595	-0.0253	-0.1058
Ancho de fruto	0.1827	-0.1449	<b>0.4078</b>	0.0311	-0.0046	0.2502	-0.1217	0.018
Grosor de pericarpio	<b>0.3175</b>	-0.0118	-0.0119	0.1001	0.0283	0.1343	0.1812	0.2009
Número de lóculos	-0.2101	0.036	0.3421	-0.2218	-0.0334	-0.0439	0.172	0.2231
Número de entrenudos a la 1° inflorescencia	-0.1491	<b>0.3686</b>	0.0504	-0.141	-0.1622	0.1664	-0.2199	-0.1313
Distancia entre entrenudos	0.1809	-0.2659	-0.2235	0.0571	-0.1263	0.2965	0.159	0.2017
Distancia hasta la 1° inflorescencia	0.1261	0.2116	-0.2931	-0.1885	-0.0219	<b>0.3742</b>	-0.2573	0.1921
Ancho de hoja	0.1373	0.2126	0.0512	<b>0.4718</b>	-0.1572	-0.1196	-0.0301	0.0424
Días a floración	0.2076	0.2575	-0.2182	-0.145	0.1828	0.0206	<b>-0.3158</b>	-0.0223
Longitud de estilo	0.0294	<b>0.4341</b>	0.1624	0.0000	0.1578	0.0332	-0.066	0.0449
Longitud de estambre	0.2291	0.1732	0.055	-0.2661	-0.2239	0.047	0.0916	<b>-0.4784</b>
Relación longitud estilo/estambre	-0.1511	0.3081	0.1192	0.1706	0.3166	0.0119	-0.128	0.3865
<b>VALOR PROPIO</b>	<b>6.1899</b>	<b>3.8211</b>	<b>3.3881</b>	<b>2.0423</b>	<b>1.3781</b>	<b>1.2596</b>	<b>1.0179</b>	<b>0.992</b>

Las variables más importantes con base en los coeficientes de determinación en los tres primeros componentes fueron: Grosor de pericarpio (Gper), peso de fruto (PFr), días a madurez de cosecha del fruto (DMFr), longitud de pétalo (LP), longitud de la planta (LONG), número de frutos totales por planta (NFr), longitud del estilo (Lesti), número de entrenudos hasta la primera inflorescencia (NEPI), longitud del sépalo (LS), diámetro de tallo (DT), número de sépalos (NSp), ancho del fruto (AFr) y longitud de la nervadura del fruto (Lnerv), (Cuadro 11).



**Cuadro 11.** Coeficiente de determinación de las 24 características de los primeros ocho componentes principales en 30 poblaciones de jitomate del Centro, Sur y Sureste de México, líneas derivadas y un cultivar comercial. Montecillo, Estado de México. 2008.

Característica	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7	CP8
Peso de fruto	<b>0.692</b>	0.0219	0.1177	0.0093	0.0012	0.0782	0.0001	0.0013
Grosor de pericarpio	<b>0.624</b>	0.0005	0.0005	0.0205	0.0011	0.0227	0.0334	0.0400
Días a la madurez de cosecha del fruto	<b>0.535</b>	0.0599	0.0026	0.1545	0.032	0.0321	0.0007	0.0111
Longitud de pétalos	<b>0.5183</b>	0.0375	0.0001	0.0001	0.1203	0.0098	0.0449	0.0651
Longitud de planta	<b>0.4746</b>	0.0129	0.0966	0.0063	0.0654	0.0724	0.05	0.0726
Número de frutos	<b>0.3555</b>	0.0267	0.0888	0.1367	0.0139	0.1293	0.0015	0.0349
Longitud de pedúnculo	0.3543	0.0075	0.083	0.0003	0.0246	0.0528	0.0396	0.018
Longitud de estambre	0.3248	0.1146	0.0102	0.1446	0.0691	0.0028	0.0085	<b>0.227</b>
Longitud de sépalos	0.2772	<b>0.4000</b>	0.005	0.0001	0.0205	0.0389	0.1074	0.0038
Número de lóculos	0.2731	0.005	0.3965	0.1004	0.0015	0.0024	0.0301	0.0494
Días a floración	0.2668	0.2533	0.1613	0.0429	0.046	0.0005	<b>0.1015</b>	0.0005
Longitud de fruto	0.2427	0.149	0.095	0.1292	0.0339	0.0002	0.04	0.0362
Ancho de fruto	0.2067	0.0802	<b>0.5634</b>	0.002	0.0000	0.0788	0.0151	0.0003
Distancia entre entrenudos	0.2027	0.2701	0.1692	0.0067	0.022	0.1107	0.0257	0.0404
Número de sépalos	0.1788	0.0009	<b>0.5698</b>	0.0122	0.1193	0.0064	0.0116	0.0001
Longitud de estilo/estambre	0.1413	0.3628	0.0482	0.0594	0.1381	0.0002	0.0167	0.1482
Número de entrenudos a la 1° inflorescencia	0.1376	<b>0.5192</b>	0.0086	0.0406	0.0363	0.0349	0.0492	0.0171
Ancho de hoja	0.1166	0.1727	0.0089	<b>0.4546</b>	0.034	0.018	0.0009	0.0018
Distancia hasta la 1° inflorescencia	0.0985	0.1711	0.291	0.0726	0.0007	<b>0.1764</b>	0.0674	0.0366
Porcentaje de amarre	0.0887	0.0053	0.0383	0.1549	<b>0.2642</b>	0.1167	0.0242	0.1325
Longitud de hoja	0.0436	0.027	0.0396	<b>0.3558</b>	0.198	0.0155	0.1268	0.0137
Longitud de la nervadura de fruto	0.0302	0.0042	<b>0.4979</b>	0.0415	0.0383	0.2536	0.0000	0.0034
Longitud del estilo	0.0053	<b>0.7201</b>	0.0893	0.0000	0.0343	0.0014	0.0044	0.002
Diámetro de tallo	0.0016	<b>0.3988</b>	0.0067	0.097	0.0634	0.0048	0.2181	0.0359

La representación gráfica de la dispersión de la variación morfológica observada en las 35 poblaciones nativas de jitomate, con base en los dos primeros componentes, muestra la integración de seis grupos, que se separan con claridad en el plano formado por los dos primeros componentes y que están definidos por características de fruto, planta y flor (Figura 2). Las poblaciones y los grupos formados se distribuyen en los cuatro cuadrantes de una manera simétrica y proporcional, aunque el mayor número de grupos se encontró en el cuadrante I, que agrupa a las poblaciones con los valores positivos en los componentes. En el cuadrante I, se ubican dos grupos integrados en su mayor parte con poblaciones de Oaxaca y Yucatán. En el cuadrante II se encontraron siete poblaciones con valores negativos en ambos componentes que pudieron integrarse en dos grupos poblacionales. En el cuadrante III se colocaron las poblaciones

con valores negativos en ambos componentes. En el cuadrante IV se encontró sólo al testigo comercial (K) y las líneas derivadas de forma saladette (LD-Ma, LD-Gn y LD-Y) con valores positivos en CP1 y negativos en el CP2. La distribución observada sugiere una amplia variación en características morfológicas de planta, flor y fruto, así como en características fisiológicas asociadas con la precocidad en el grupo evaluado, e indica la riqueza en características morfológicas que poseen las poblaciones nativas, como una importante fuente de germoplasma.

El grupo 1 con cuatro poblaciones de Oaxaca (Ox1, Ox2, Ox4 y Ox5), dos de Guerrero (Grd y Gre) y una de Yucatán (Ya) se caracterizó por presentar 34 frutos por planta, un peso promedio aproximado de 50 g, 5.46 mm de grosor de pericarpio y 155 días a la madurez de cosecha de fruto, 1.71 cm de diámetro de tallo, 195 cm de longitud de planta, 10 entrenudos hasta la primera inflorescencia, longitudes de sépalos y pétalos de 1.6 y 1.83 cm, respectivamente, con el estigma expuesto a súper expuesto, con una diferencia entre estilo/estambre de 1.25 mm de diferencia, respecto a la longitud del estambre. Este grupo de poblaciones cultivadas son altamente diversas, posiblemente como consecuencia de mayor capacidad de polinización cruzada por el estigma que sobresale de la columna estaminal, característica lo que favorece la alógamia.

El segundo grupo concentra cuatro poblaciones originarias de Yucatán (Yc, Yd y Ye) y una de Oaxaca (Ox3), que produjeron alrededor de 25 frutos de 70 g, con 155 días a la madurez de cosecha y un espesor de pericarpio de 6 mm, 1.64 cm de diámetro, 10 entrenudos a la primera inflorescencia y 192.4 cm de longitud de planta. 1.82 y 1.45 de longitudes de pétalo y sépalo, 0.5 mm de exposición con respecto al estambre, con menor exesión del estigma (0.38 mm) por lo tanto, con menor capacidad de entrecruzamiento.

El grupo 3 presentó la mayor variabilidad y heterogeneidad, ya que las poblaciones de este grupo se distribuyeron en torno a la intersección de los orígenes de ambos componentes, en los cuadrantes II y III, principalmente. Este grupo fue más numeroso y presenta mayor diversidad de origen ya que se integró con tres poblaciones de Guerrero (Gra, Grb y Grc), tres poblaciones de la región Puebla-Hidalgo (PH-a, PH-c y PH-d), dos de Puebla (Pb y Pc), una de Campeche (Cc) y una línea derivada (LD-Mo) es decir que comparten algunas características fenotípicas. Este grupo presentó 35 frutos por planta, 148 días a madurez de cosecha, 4.77 mm de pericarpio y 30g de peso, la planta midió 217 cm y 1.56 cm de diámetro de tallo, 1.59 cm de longitud de pétalo y

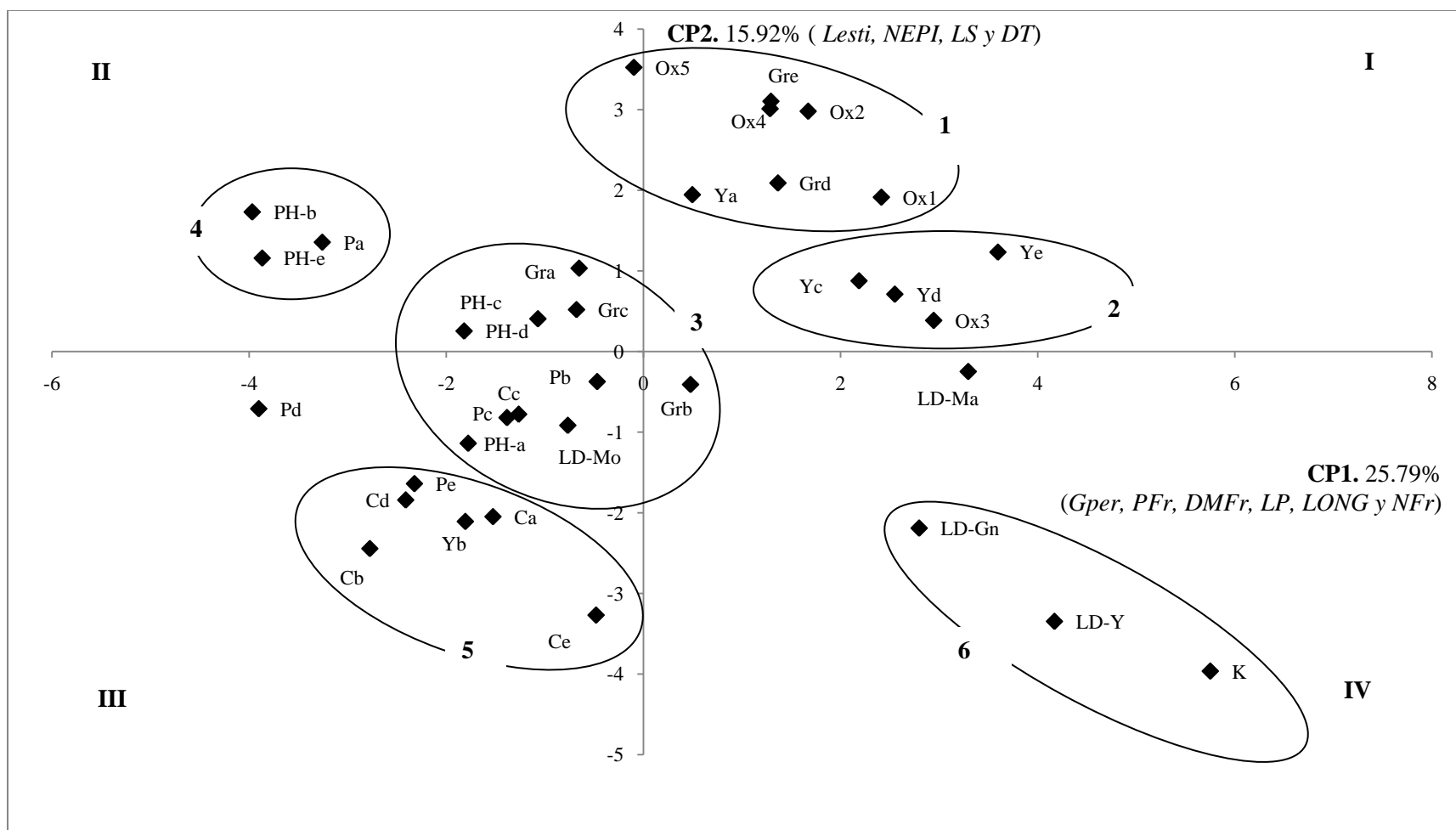
1. 29 cm de longitud de sépalo. La longitud del estilo fue de 1.03 mm, con 0.21 mm de exposición, por lo que estas poblaciones son prácticamente autógamas.

En el cuadrante II se encuentran las poblaciones PH-b, PH-c y Pa integrando el grupo 4. Este grupo presentó el mayor número de frutos y longitud de planta, 11.49 g de peso de fruto, 3.62 mm de pericarpio, 138 días a la madurez del fruto (DMFr), 1.64 cm de diámetro del tallo (DT) y 10 entrenudos (NEPI), sus flores son pequeñas ya que tienen pétalos de 1.53 cm y sépalos de 1.27 cm. Por la exposición del estigma (1.03 mm), la capacidad de entrecruzamiento de estas poblaciones es menor que la del grupo 1. Características como el número y tamaño de frutos así como la longitud de la planta, permiten asumir que estas poblaciones son de tipo silvestre.

El grupo 5 se conformó con poblaciones de la Península de Yucatán (Ca, Cb, Cd, Ce y Yb) y una colecta de Puebla, presentó 0.42 mm de excursión del estilo en relación a la posición de los estambres; flores pequeñas con pétalos de 1.54 cm y sépalos de 1.12 cm; 202 cm de longitud de planta, diámetro de 1.49 cm y 9 nudos al inicio de las inflorescencia.

Las poblaciones evaluadas LD-Ma (población derivada) y Pd (población tipo silvestre) no se agregaron en los grupos identificados. LD-Ma se ubicó en una posición intermedia entre el grupo 6 de mejorados y el grupo 2, presenta 33 frutos por planta y frutos de 66.6 g y pericarpio de 6 mm; la madurez del fruto ocurrió a los 158 días; la planta presenta una longitud de 188.6 cm, diámetro de tallo de 1.5 cm y 9 nudos al inicio de la inflorescencia; una longitud de pétalo de 2.71 cm y una excursión de 0.69 mm. En este caso probabilidades de alógamia son mayores. Pd presentó 247 cm de longitud de planta, 41 frutos con 21 g de peso y 3 mm de grosor de pericarpio, 9 nudos hasta la primer inflorescencia, diámetro de tallo de 1.7 cm, flores pequeñas con pétalos de 1.5 cm y sépalos de 1.24 cm, una exposición del estigma de 0.39 mm sobre la columna estaminal con menores probabilidades de alógamia que otras poblaciones similares como las del grupo 3 y 4. Las líneas derivadas LD-Y, LD-Gn y el híbrido cv. Caimán se separaron de las poblaciones nativas, conformando el sexto grupo en el cuadrante IV. Éste grupo presenta el menor número de frutos, el mayor peso de fruto 85 g, aproximadamente, y 7 mm de pericarpio, flores grandes con pétalos de 1.86 cm, longitud de planta corta (179 cm) y sólo siete nudos a la primera inflorescencia, una longitud de estilo de 0.91 cm, que es menor a la longitud del estambre por lo que estas poblaciones no tienen capacidad de entrecruzamiento y son homocigotas y homogéneas con una base genética limitada y escasa variación fenotípica.

Dado que la excursión del estigma juega un papel importante en la promoción de la alógamia, es posible que los grupos 1 y 4 la alógamia sea mayor dado que presentan estigmas que sobresalen de la comuna estaminal 1.1 y 1.2 mm sobre la columna estaminal; mientras que, en los grupos 2, 3 y 5 las poblaciones podrían presentar alógamia facultativa al tener 0.05, 0.02 y 0.04 mm de exposición de estigma, respectivamente; en el sexto grupo la alógamia no sería posible dado que tienen el estigma oculto en la columna estaminal.



**Figura 2.** Representación grafica en el plano de los dos primeros componentes principales, de la dispersión de la variación morfológica de poblaciones de jitomate del Centro, Sur y Sureste de México, líneas derivadas y un cv. comercial. Montecillo, Estado de México. 2008.

**Gper**= Grosor de pericarpio, **PFr**= Peso de fruto, **DMFr**= Días a la madurez de cosecha del fruto, **LP**=Longitud de pétalo, **LONG**= Longitud de planta, **NFr**=Número de frutos, **Lesti**= Longitud del estilo, **NEPI**= Número de entrenudos a la primera inflorescencia, **LS**= Longitud de sépalos, **DT**= Diámetro de tallo.

En este estudio se observó la relación inversa entre el número y el peso de frutos. Los grupos 2 y 4 tuvieron de 25 a 29 frutos y pesos de 71 a 85 g y las poblaciones del grupo 4 presentaron 76 frutos con 11.5 g de peso. Dado que la domesticación y el mejoramiento genético se han enfocado al incremento del tamaño del fruto, resulta evidente que las poblaciones nativas en las que el mejoramiento genético ha sido escaso se encuentran poblaciones con mayor número de frutos y menor peso. En este estudio se observó un aumento en tamaño de fruto, acorde al tipo de población analizada, que fue de los tipos silvestres, a los tipos cereza cultivados o recolectados y las poblaciones nativas cultivadas hasta llegar a los materiales mejorados.

Con base en el tamaño del fruto, las poblaciones representan distintos grados de domesticación y selección. Las características asociadas con el tamaño de flor y fruto fueron mayores en los grupos 1, 2 y 4, que corresponden a tipos más cercanos a los de variedades comerciales y por lo tanto, con mayor grado de domesticación y selección por tamaño y formas específicas (riñón, calabaza y pimiento); en tanto que, las poblaciones de los grupos 3, 4 y 5 corresponden a poblaciones nativas cultivadas y silvestres de los tipos cereza de diferentes tamaños; la longitud de fruto de estos grupos es 2.95, 2.80, y 4.42 cm, en tanto que, la anchura es de 4.29, 3.23 y 5.25 cm, respectivamente, y muestran menor grado de selección.

### **Agrupamiento de poblaciones nativas**

El análisis de conglomerados presentó resultados similares al de componentes principales. A la distancia euclidiana de 1.116 se observan tres grupos; el primer grupo se integró con poblaciones nativas domesticadas; éste grupo se separó claramente de los grupos II y III, que se integraron con una población, el híbrido cv. Caimán y la población PH-b de tipo silvestre, respectivamente (Figura 3).

A la distancia de 0.674 fue posible identificar seis grupos, los que se integraron con 30 poblaciones nativas, cuatro líneas derivadas y una variedad comercial. La amplia diversidad morfológica evaluada en las poblaciones domesticadas permitió diferenciar claramente los grupos que se definieron por el tamaño y el número de frutos, el peso del fruto, el grosor de pericarpio, los días a madurez de cosecha y las longitudes de pétalos y de planta.

El grupo A se integró con diez poblaciones nativas y se caracterizó por una gran cantidad de frutos pequeños, delgados del pericarpio, poblaciones precoces, con longitudes de pétalo cortas y

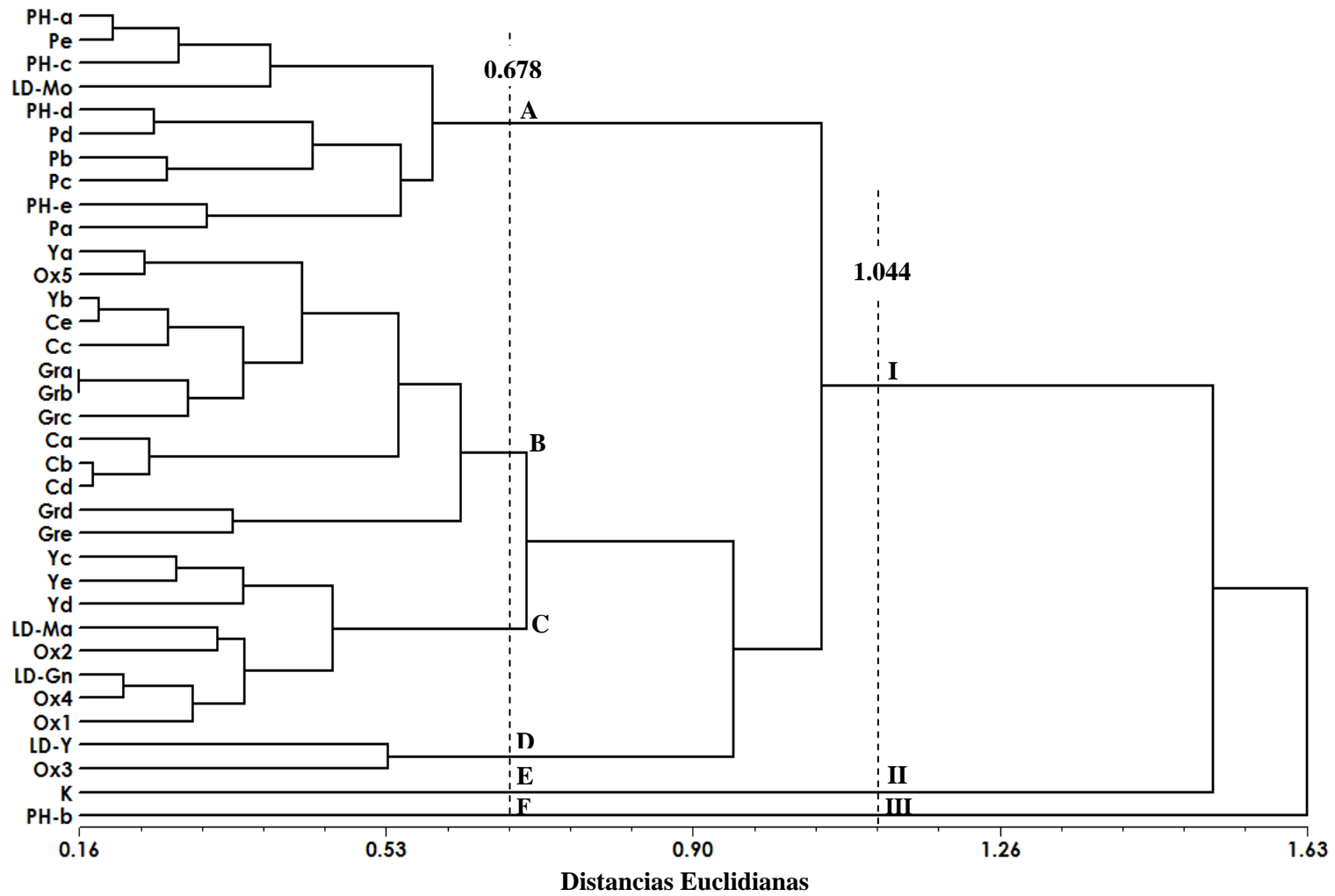
plantas de mayor longitud. En este grupo predominaron poblaciones originarias de las regiones denominadas Puebla (3) y Puebla-Hidalgo (4), poblaciones mayormente silvestres, este grupo incluyó a la línea derivada LD Mo, tipo cereza.

En el grupo B se integraron 13 poblaciones, nativas cultivadas en Guerrero, Campeche y Yucatán. Este grupo poblacional es de menor precocidad, sus frutos son de mayor tamaño y peso con un mayor grosor de pericarpio, sus flores son grandes con sépalos más largos y sus plantas son más cortas. Este conglomerado se integra con poblaciones de características intermedias entre las poblaciones mejoradas y las silvestres.

El grupo C integró seis poblaciones nativas domesticadas de Yucatán (3) y Oaxaca (3) y dos líneas derivadas (Malinalco, Edo. de México y Guanajuato) que exhiben mayor longitud de pétalo, y tamaño, peso y grosor de fruto; aunque, el número de frutos y la longitud de la planta son menores que las de los grupos A y B. Este grupo incluye poblaciones nativas cultivadas con formas menos esféricas y más alargadas que tienden a la forma del tipo saladette, y otras formas similares, como pimiento y costilla.

El grupo D se integró con una población cultivada nativa de Oaxaca y la línea derivada LD-Y. Este grupo se caracterizó por los mayores tamaños, pesos y grosores del fruto, posiblemente por el mayor grado de selección con base en forma y tamaño, durante la domesticación, como señalan Haydar *et al.* (2007). Un aspecto de interés es la similitud en algunas características morfológicas, principalmente de fruto, que se encuentran en ambas poblaciones de orígenes tan diferentes, e indica el potencial que es posible encontrar en las poblaciones nativas.

En los grupos E y F sólo se encontraron poblaciones individuales en cada uno de ellos, que correspondieron a los extremos de variación evaluados. La población K (grupo E) presentó los frutos de mayor tamaño de todas las poblaciones evaluadas, la población PH-b (grupo F) podría considerarse como la población más representativa del germoplasma silvestre por sus características morfológicas, de flor y de fruto.



**Figura 3.** Agrupamiento de poblaciones nativas de jitomate del Centro, Sur y Sureste de México, líneas derivadas y un cv. comercial, con base en 24 variables morfológicas cuantitativas. Montecillo, Estado de México. 2008.



### Diversidad en características cualitativas

Estas características que exhiben distribuciones no normales se analizaron con el método multivariado de correspondencia simple. El análisis se realizó para 35 poblaciones, con base en una matriz de modas con 18 variables discretas: Forma, grado de macado de la costilla, sanidad, forma de corte, forma de la nervadura de fruto, forma del hombro, forma de la cicatriz del pistilo, forma terminal del fruto, densidad de pubescencia del tallo, posición de la hoja, tipo de hoja, grado de disección de la hoja, posición del estigma, forma del estambre, tipo de inflorescencia, organización floral y organización de la inflorescencia.

El valor singular  $\lambda_1$  explicó 32.76% de la variación total,  $\lambda_2$  24.69%,  $\lambda_3$  el 11.63%, y  $\lambda_4$  8.97%. De esta forma, los 4 primeros valores explican 78.06 % de la variación total (Cuadro 12).

**Cuadro 12.** Valores de la descomposición de la inercia y Chi-cuadrada del análisis de correspondencia simple de 30 poblaciones nativas de jitomate del Centro, Sur y Sureste de México, líneas derivadas y un cultivar comercial. Montecillo, Estado de México. 2008.

Eje principal	Valor singular	Inercia principal	Chi-cuadrada	Porcentaje
$\lambda_1$	0.1787	0.0319	74.30	32.76
$\lambda_2$	0.1552	0.0240	56.00	24.69
$\lambda_3$	0.1065	0.0113	26.37	11.63
$\lambda_4$	0.0935	0.0087	20.34	5.97

Con una contribución relativa cercana a 1, la forma de fruto (F) definió el primer eje ( $\lambda_1$ ). El grado de marcado de la nervadura del fruto (NFr) y la posición de la hoja (PHoj) contribuyeron en la definición del segundo eje ( $\lambda_2$ ) (Cuadro 13).

La dispersión de las poblaciones sobre el plano determinado por los dos ejes principales muestra una clara separación de las poblaciones en seis grupos (Figura 4). El primero de ellos se ubicó en el cuadrante I, agrupando a las líneas derivadas Y, Ma y Gn, con forma de fruto tipo saladette, con nervadura del fruto ligera y posición de la hoja ligeramente horizontal. Además, se formó un segundo grupo con tres poblaciones de Yucatán (Yc, Yd y Ye), y se caracterizó por frutos tipo bola, nervadura muy marcada y con hoja semi-horizontal.

**Cuadro 13.** Contribuciones relativas (CR) y absolutas (CA) asociadas a los principales ejes del Análisis de correspondencia simple en poblaciones nativas, líneas derivadas y un cultivar comercial. Montecillo, Estado de México. 2008.

Característica	Calidad	CR1	CA1	CR2	CA2	CR3	CA3	CR4	CA4
F	0.973	<b>0.5899</b>	<b>0.7223</b>	0.1273	0.29132	0.0165	-0.0719	0.0025	-0.0246
GCs	0.9251	0.0905	-0.17023	0.0174	-0.06476	0.0518	-0.0767	0.1359	0.1091
SAN	0.61	0.0171	0.06727	0.0224	-0.06695	0.0136	-0.0357	0	0.0009
Fcte	0.6957	0.0156	-0.10944	0.0055	-0.05657	0.0001	-0.0047	0.0228	0.0691
NerFr	0.9891	0.0669	-0.16714	<b>0.4153</b>	<b>0.36146</b>	0.1831	-0.1647	0.0113	-0.0359
FHm	0.9946	0.085	-0.21161	0.0274	0.10438	0.0291	0.0738	0.4352	-0.2505
Fcica	0.8561	0.0534	-0.20991	0.0218	0.11637	0.0816	0.1546	0.002	0.0212
Fter	0.674	0.0018	0.04318	0.0036	-0.05333	0.0011	-0.0204	0.0015	0.0205
DePT	0.9558	0.0008	-0.02124	0.0255	0.10169	0.4395	0.2898	0.0191	0.0531
DeF	0.5867	0.0249	0.10431	0.0156	0.07161	0.0908	0.1186	0.0422	0.071
PHoj	0.9493	0.0114	0.07247	<b>0.2363</b>	<b>-0.2876</b>	0.0026	-0.0205	0.2758	-0.1866
TH	0.2841	0.0038	0.04524	0.0014	-0.02402	0.006	-0.0338	0.0006	0.009
GDiH	0.5506	0.0117	0.0694	0.0283	-0.09384	0.0213	0.0558	0.003	0.0184
Pest	0.6601	0.0195	-0.12335	0.0214	-0.11234	0.0425	-0.1086	0.0433	0.0963
Festa	0.674	0.0018	0.04318	0.0036	-0.05333	0.0011	-0.0204	0.0015	0.0205
Tinf	0.674	0.0009	0.04318	0.0018	-0.05333	0.0006	-0.0204	0.0007	0.0205
OF	0.56	0.0018	0.044	0.0035	-0.05315	0.006	-0.0479	0.0014	0.0201
Oinf	0.5232	0.0034	0.05161	0.0221	-0.11343	0.0127	-0.0528	0.0012	0.0158

**FHm**= Forma del hombro, **PHoj**=Posición de la hoja, **GCs**=Grado de Costilla, **Pest**= Posición del estigma con respecto al estambre, **DeF**=Densidad de follaje, **Fcte**=Forma del corte (horizontal), **Oinf**=Organización de la inflorescencia, **OF**=Organización floral, **TH**=Tipo de hoja, **GDiH**=Grado de disección de la hoja, **Fter**=Forma termina, **Festa**=Forma del estambre, **F**=Forma del Fruto, **SAN**=Sanidad, **Tinf**=Tipo de inflorescencia, **DePT**=Densidad de pubescencia del tallo, **Fcica**=Forma de la cicatriz del pedúnculo floral, **NerFr**= Nervadura del fruto.

En el segundo cuadrante se ubicó la más amplia y heterogénea concentración de poblaciones en el grupo 3, en el que se ubicaron en mayor proporción colectas de Guerrero y Campeche, además de otras de Puebla-Hidalgo, Puebla y Oaxaca (Cc, Cd, Ce, Gra, Grb, Grd, Gre, PHb, PHc, Pe y Ox2). Estas poblaciones presentan forma arriñonada, nervadura intensamente marcada y hoja semierecta; aunque son de tamaño diverso, desde tipo cereza hasta tipo bola.

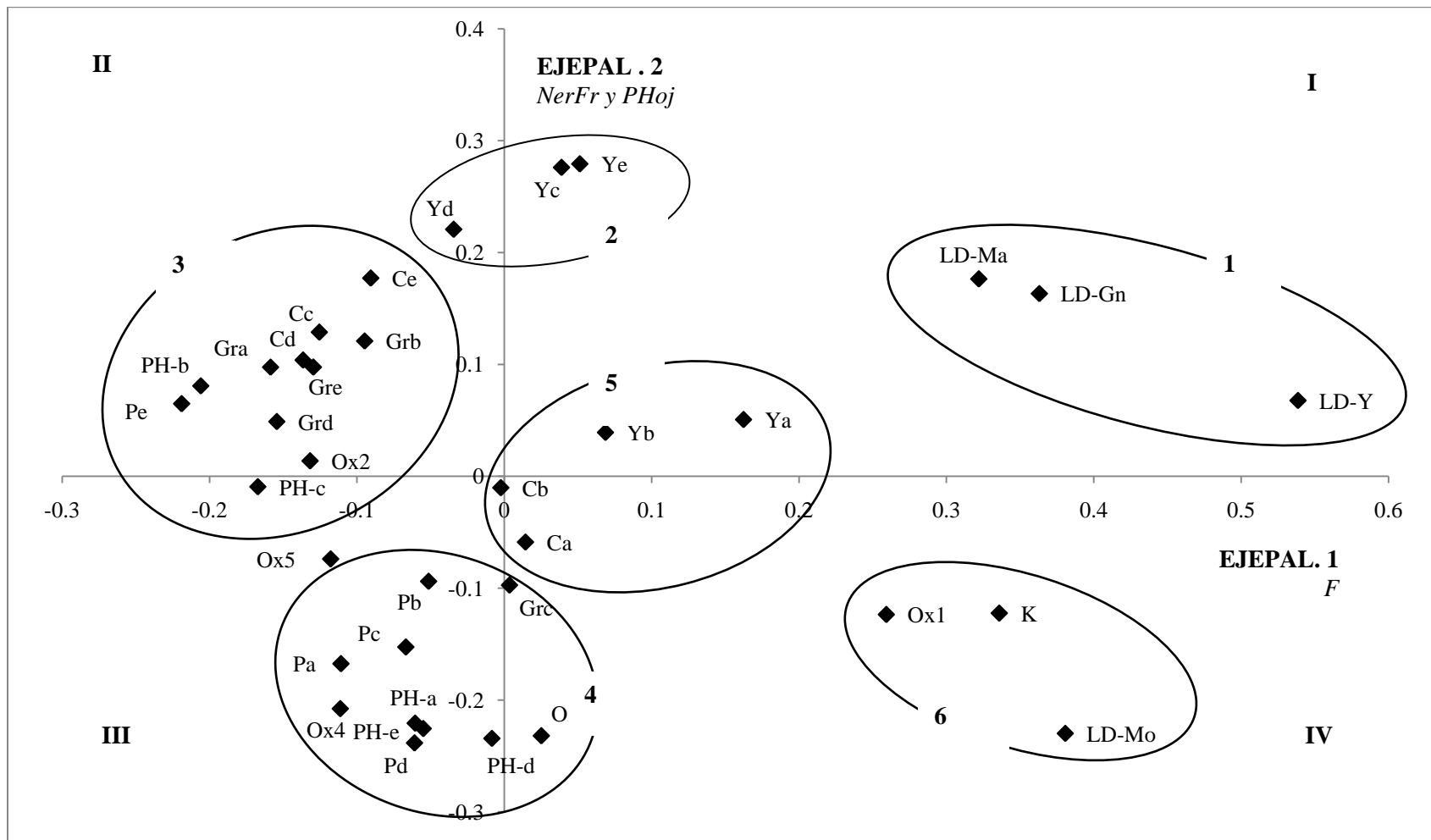
El cuarto agrupamiento se estructuró con base en la forma arriñonada del fruto, nervadura ligera y la hoja ligeramente inclinada; el grupo integró poblaciones de Puebla, de la región Puebla-Hidalgo, y de Oaxaca y Guerrero. Un quinto grupo fue definido por colectas de la Península (Ca, Cb, Ya y Yb) que presentan formas de calabaza y bola, una nervadura ligeramente marcada y desde hojas semierectas hasta inclinadas. EL grupo 6 incluyó tres poblaciones muy diferentes en

forma como LD-Mo que presenta frutos cereza, la población K (cv. Caimán) es de tipo bola y la Ox1 tiene forma de pimiento; sin embargo, este grupo se definió por la nervadura ligeramente marcada y hojas colgantes.

El análisis de características cualitativas mostró una amplia diversidad en forma del fruto; identificó seis formas definidas por la región de procedencia de tal manera que las poblaciones de Oaxaca se caracterizan por una forma arriñonada, mientras que el germoplasma de la Península de Yucatán exhibe forma achatada-lisa (calabaza); y las formas comerciales y derivadas de material mejorado tienen formas de fruto saladette y bola.

Dado que la nervadura del fruto está relacionada con la facilidad de cosecha, se podría suponer que frutos con marcas muy amplias son más rústicos; en tanto que, las líneas derivadas y el híbrido comercial presentan una marca de ligera a muy ligera.

Las poblaciones nativas se ubicaron en los cuadrantes II y III, la población Ox5 se ubicó en posición intermedia entre los grupos 3 y 4, mostró frutos arriñonados, con una nervadura intermedia y una posición semi-inclinada de la hoja.



**Figura 4.** Distribución espacial de poblaciones nativas de jitomate del Centro, Sur y Sureste de México, cuatro líneas derivadas y un cv. comercial, con base en los dos primeros ejes del análisis de correspondencia de 18 variables cualitativas. Montecillo, Estado de México. 2008.

**NerFr**= Grado de marcado de la nervadura del fruto, **PHoj**= Posición de la hoja, **F**= Forma de fruto.

### **Agrupamiento de la diversidad de características morfológicas cualitativas**

La agrupación de las poblaciones con el método UPGMA con base a una distancia euclidiana de 3.411, separó dos grupos. El agrupamiento de las poblaciones en el dendograma (Figura 3) concuerda estrechamente con la dispersión de las poblaciones con base en el análisis de correspondencia simple.

En la distancia de 3.4 fue posible obtener dos grandes agrupamientos. El primero de ellos, y más abundante, integró 29 poblaciones nativas; en tanto que, un segundo grupo se estructuró con materiales mejorados como el híbrido cv. Caimán y las cuatro líneas derivadas, además de la población nativa Ox1, por la forma tipo pimiento.

En una distancia menor (2.6), el grupo I del primer corte, se subdividió en cinco subgrupos (IA, IB, IC, ID y IE), en los que las formas arriñonadas fueron las más frecuentes (IA, IC, ID); no obstante, los subgrupos IB y IE mostraron formas tipo calabaza y bola, respectivamente. La intensidad de la costilla de los frutos varía de fuerte a intensamente marcada en las primeras cuatro subgrupos; mientras que, es intermedia en IE.

La forma de corte en el primer gran grupo fue irregular. Las poblaciones del grupo IE (Yc y Ye) presentaron una forma de corte angular; sin embargo, el grado de marcado de la nervadura del fruto fue intenso en este subgrupo al igual que en IC. En las poblaciones PH-a, PH-d, PH-e, Pa, Ox4, Pc, Grc, Pd, Ox5, Ox3, Pb, Ya, Yb, Ca y Cb, de los grupos IA y IB, la nervadura fue ligeramente marcada; y en el grupo ID, se presentó nervadura intermedia.

Las 35 accesiones mostraron forma terminal aplanada. En el grupo I la forma de la cicatriz fue lineal en los subgrupos IA, IC y ID, a irregular en los subgrupos IB y IE. La densidad de pubescencia y follaje fue densa en los subgrupos IB, IC, ID y IE en relación a IA, que fue escasa. Los grados de disección de la hoja fueron intermedios en todas las poblaciones.

Respecto a la posición del estilo, las poblaciones de subgrupos IA, IC, ID y IE muestran el estigma ligeramente proyectado y expuesto; en tanto que, en el subgrupo IB y poblaciones mejorados el estigma se presentó al mismo nivel del estambre. Esta condición morfológica permitiría a las poblaciones nativas tener mayor posibilidad de entrecruzamiento.

La población Yd se separó de los otros grupos integrando el grupo ID'. Presentó forma tipo bola, un grado de costillas intermedio, buena sanidad, intensa marcación en la nervadura; y mostró la forma del hombro extremadamente hendido y densa pubescencia en el tallo, aunque la densidad de follaje fue intermedia; además, de organización dividida en varios racimos de sus inflorescencias.

El grupo II se integró con materiales mejorados; este grupo a una distancia euclidiana de 2.6 se dividió en dos subgrupos. El subgrupo IA se integró con las poblaciones LD-Mo, cv. Caimán y Ox1, cuyas formas correspondientes son cereza, bola y pimiento. En este grupo el grado de costilla es ligero, la forma del corte es redonda, la nervadura es muy ligera, el hombro es ligeramente hendido y la posición de la hoja es semi-inclinada.

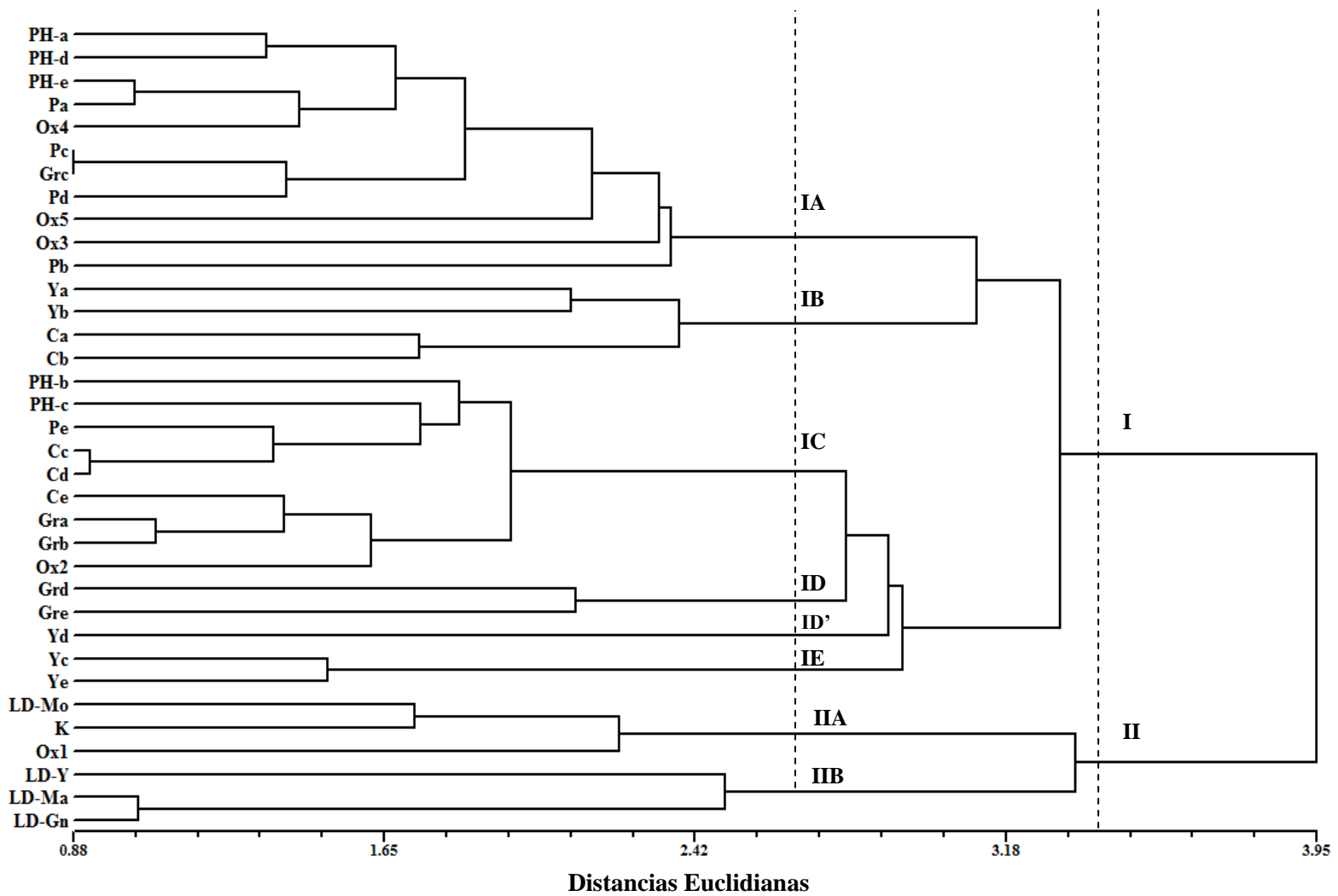
En el grupo IIB, con la forma de fruto tipo saladette, se agruparon las líneas derivadas de Guanajuato, Malinalco, Estado de México y Yucatán; que presentan un grado intermedio de costilla y nervadura, una forma angular al corte transversal y cicatriz del pedicelo punteada, y una posición de la hoja (PHoj) horizontal.

La totalidad de las poblaciones de ambos grupos, presentaron forma fasciculada del estambre, inflorescencias uníparas, organización floral elíptica y compuesta para la inflorescencia; es decir, no mostraron variación en estas características (Cuadro 14).

**Cuadro 14.** Moda de siete grupos del análisis de conglomerados de 30 poblaciones de jitomate del Centro, Sur y Sureste de México, cuatro líneas derivadas y un cultivar comercial. Montecillo, Estado de México. 2008.

Subgrupo	F	GCs	SAN	Fcte	NerFr	FHm	Fcica	Fter	DePT	DeF	PHoj	TH	GDiH	Pest	Festa	Tinf	OF	Oinf
IA	1	8	8	3	3	3	3	2	3	3	6	4	6	3	2	1	2	3
IB	2	7	8	3	3	5	4	2	6	7	4	3	5	2	2	1	2	3
IC	1	7	8	3	8	7	3	2	3	6	4	4	5	3	2	1	2	3
ID	1	8	5	3	6	5	3	2	5	6	3	4	5	3	2	1	2	3
IE	4	5	8	2	9	3	4	2	6	6	2	5	5	3	2	1	2	3
IIA	4	3	9	1	2	4	1	2	3	5	7	4	6	2	2	1	2	3
IIB	7	6	8	2	5	2	1	2	3	5	4	4	5	2	2	1	2	3

**FHm**= Forma del hombro, **PHoj**=Posición de la hoja, **GCs**=Grado de Costilla, **Pest**= Posición del estigma con respecto al estambre, **DeF**=Densidad de follaje, **Fcte**=Forma del corte (horizontal), **Oinf**=Organización de la inflorescencia, **OF**=Organización floral, **TH**=Tipo de hoja, **GDiH**=Grado de disección de la hoja, **Fter**=Forma termina, **Festa**=Forma del estambre, **F**=Forma del Fruto, **SAN**=Sanidad, **Tinf**=Tipo de inflorescencia, **DePT**=Densidad de pubescencia del tallo, **Fcica**=Forma de la cicatriz del pedúnculo floral, **NerFr**= Nervadura del fruto.



**Figura 5.** Agrupamiento de 30 poblaciones nativas de jitomate del Centro, Sur y Sureste de México, cuatro líneas derivadas y un cv. comercial híbrido, con base a 18 variables morfológicas cualitativas. Montecillo, Estado de México. 2008.

Todas las poblaciones, tanto nativas como mejoradas, mostraron excelente sanidad; sin embargo, las poblaciones Grd y Gre (ID) mostraron sanidad intermedia (Cuadro 14).

## CONCLUSIONES

Las variables cuantitativas de mayor contribución en la explicación de las características morfológicas son peso de fruto, grosor de pericarpio, días a madurez de cosecha y número de frutos, longitud de la planta, diámetro de tallo, número de entrenudos hasta la primera inflorescencia, longitud de pétalos, sépalos y estilo en la estructura floral; las características cualitativas de mayor relevancia son la forma y grado de costilla en el fruto.

Los análisis multivariados de componentes principales, correspondencia y conglomerados, muestran la amplia variabilidad morfológica que se encuentra en el germoplasma mexicano de jitomate del Centro, Sur y Sureste del país. Estos métodos permiten la identificación de morfotipos característicos para cada una de las regiones exploradas, como consecuencia de procesos de selección natural e inducida, el manejo tradicional y la adaptación regional.

Existe un alto grado de diferenciación morfológica regional, que permite agrupar a las poblaciones nativas por su origen; dentro de los grupos poblacionales se observó también variación morfológica aunque ésta fue menor que entre regiones.

En las poblaciones nativas estudiadas, tanto silvestres como cultivadas, se encuentran adaptaciones morfológicas que favorecen la polinización cruzada (estigma expuesto sobre la columna estaminal), que mantienen y promueven la variación fenotípica y genética.

En el híbrido, en las líneas derivadas y en un bajo porcentaje de las poblaciones nativas el estigma es corto, condición que obliga a la autofecundación.

La mayor variación entre poblaciones ocurrió en peso, longitud y número de frutos; el peso y número de frutos son características determinantes en la separación de las poblaciones. Las poblaciones nativas cultivadas son más variables que las poblaciones mejoradas en longitud de planta, diámetro de tallo, número y peso de frutos y longitud del estilo. La diversidad del jitomate nativo en el Centro, Sur y Sureste del país es amplia y se mantiene a través del manejo agronómico regional y de los sistemas de producción tradicionales, aunado a las modificaciones



morfológicas del sistema reproductivo. Existe un alto grado de diferenciación morfológica regional, que agrupa a las poblaciones nativas por su origen.

## LITERATURA CITADA

- Aguilar S., M. y S. Montes H. 1993. Recolección de germoplasma de *Capsicum*, *Cucurbita* y *Lycopersicon* en México. 1988-1991. In: Clausen A. M., E. Camadro L., A. Lopez-Camelo F. y A. Huarte M. (eds). Actas del II Simposio Latinoamericano sobre Recursos Genéticos de Especies Hortícolas. Argentina. pp: 53-82.
- Arora, R. K. 1995. Ethnobotanical studies on plant domestication. Global perspective. In: Jaid, S. K (ed). Methods and approaches in ethnobotany. Society botany. Lucknow, India. 451 p.
- Bai, Y., and P. Lindhout. 2007. Domestication and Breeding of Tomatoes: What have We Gained and What Can We Gain in the Future?. Annals of Botany. 1-10.
- Bellon, M. R. 1996. The dynamics of crop intraspecific diversity: A conceptual framework at the farmer level 1. Economic Botany. 50:26-39.
- Brush, S. B. 1995. In Situ Conservation of Landraces in Center of Crop Diversity. Crop Science. 35:346-354.
- Brush, S. B. 1992. Ethnoecology, biodiversity, and modernization in Andean potato agriculture. Journal of Ethnobiology. 12:161-185.
- Camacho, V. T., N. Maxted, M. Sholten and B. Ford-Lloyd. 2006. Defining and identifying crop landraces. Plant Genetic Resources. 3:373-384.
- Del Ángel-Pérez, L. A. and M. A. Mendoza. 2004. Totonac homegardens and natural resources in Veracruz, Mexico. Agriculture and Human Values. 21(4):329-346.
- Doebley, J. F., S. Gaut and B. Smith. 2006. The Molecular Genetics of Crop Domestication. Cell. 127: 1309-1321.
- Engels, J. M. M., A. W. Eber, I. Thormann and M. C. de Vicente. 2006. Centers of Crop Diversity and/or Origin, Genetically Modified Crops and Implications for Plant Genetic Resources Conservation. Genetic Resources and Crop Evolution. 53:1675-1688.
- Fernie, R. A., Y. Tadmor and D. Zamir. 2006. Natural genetic variation for improving crop quality. Current Opinion in Plant Biology. 9:196-202.
- Foolad, R. M. 2007. Genome Mapping and Molecular Breeding of tomato. International Journal of plant Genomics. 52p.
- Frary, A., T. C. Nesbitt, A. Frary, S. Grandillo, E. van der Knaap, B. Cong, J. Liu, J. Meller, R. Elber, K. B. Alpert and S. D. Tanksley. 2000. fw2.2: A Quantitative Trait Locus Key to the Evolution of Tomato Fruit Size. Science. 298:85-88.

- Fridman, E., T. Pleban and D. Zamir. 2000. A recombination hotspot delimits a wild-species quantitative trait locus for tomato sugar content to 484bp within an invertase gene. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United State of America*. 97:4718-4723.
- Grandillo, S., H. Ku and S. D. Tanksley. 1996. Characterization of *Sl-8.1*, a major QTL influencing fruit shape in tomato. *Molecular Breeding*. 2:251-260.
- Grandillo, S., H. Ku and S. D. Tanksley. 1999. Identifying the loci responsible for natural variation in fruit size and shape in tomato. *Theoretical and Applied Genetics*. 99:978-987.
- Harlan, J. R. 1992. *Crops and Man*. 2<sup>nd</sup> ed. American Society of Agronomy. Crop Science Society of America, Madison. Madison, Wisconsin. pp: 33-60.
- Haydar, A., M. Mandal, M. Ahmed, M. Hannan, R. Karin, M. Razvy, U. Roy, and M. Salahin. 2007. Studies on Genetic Variability and Interrelationship among the Different Traits in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Journal of Scientific Research*. 2:139-142.
- International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI). 1996. *Descriptors for Tomato*. 44 p.
- International Rules for Seed Testing (ISTA). 2005. *In: Seed Testing Association. Germination. The International Seed Testing Association. Anexo 5. 5A-27.*
- Jain, S. K. 2000. Human Aspects of Plant Diversity. *Economy Botany*. 54:459-470.
- Katsuhiko, K., M. Yamamoto, R. Itahashi, T. Sato, H. Egashira, T. Hattori and Y. Kowayama. 2002. Insights into the evolution of self-compatibility in *Lycopersicon* from a study of stylar factors. *The Plant Journal*. 30: 143-153.
- Kruijt, M., D. J. Kip, M. H. Joosten, B. F. Brandwagt and P.J.de Wit. 2005. The Cf-4 and Cf-9 resistance genes against *Cladosporium fulvum* are conserved in wild tomato species. *Molecular Plant-Microbe Interactions*. 18:1011–1021.
- Ladisinsky, G. 1985. Founder effect in crop-plant evolution. *Economy botany*. 39:191-199.
- Liu, J., J. Van Eck, B. Cong and S. D. Tanksley. 2002. A new class of regulatory genes underlying the cause of pear-shaped tomato fruit. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United State of America*. 99: 13302-13306.
- Miller, J. C. and S.D. Tanksley. 1990. RFLP analysis of phylogenetic relationships and genetic variation in the genus *Lycopersicon*. *Theoretical and Applied Genetics* 80:437-448.
- Pan, Q., Y. Liu, O. Budai-Hadrian, M. Sela, L. Carmel-Goren, D. Zamir and R. Fluhr. 2000. Comparative Genetics of Nucleotide Binding Site-Leucine Rich Repeat Resistance Gene Homologues in the Genomes of Two Dicotyledons: Tomato and Arabidopsis. *Genetics* 155: 309–322.

- Rick, C. M. 1979. Biosystematic studies in *Lycopersicon* and Closely Related Species of Solanum. *In: Hawkes, J., G. Lester and A. D. Skelding* (eds). The biology and taxonomy of the *Solanaceae*, Linnean. Society of London, London, U. K. pp: 667-677.
- Rick, C. M. 1995. Tomato -*Lycopersicon esculentum* (Solanaceae). *In: Smartt, J. and N. Simmonds* (eds.) Evolution of crop Plants. Logman Scientific & Technical. London. pp: 452-457.
- Rick, C. M., M. Holle and R. W. Thorp. 1978. Rates of cross-pollination in *Lycopersicon pimpinellifolium*: Impact of genetic variation in floral characters. *Plant Systematics and Evolution*. 129:31-44.
- Rohlf, J. F. 2000. NTSYS-pc: Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System (ver. 2.2). Exeter Publisher Ptd. Setauket. New York. USA.
- SAS Institute Inc., 2002. SAS software release 9.1. SAS Institute Inc. Cary, NC. EE. UU.
- Shauer, N., D. Zamir and A. Fernie. 2005. Metabolic profiling of leaves and fruit of wild species tomato: a survey of the *Solanum lycopersicon* Complex. *Journal of Experimental Botany* 56:297-307.
- Srinivasan CS, Thirtle C, Palladino P (2003) Winter wheat in England and Wales, 1923–1995: what do indices of genetic diversity reveal? *Plant Genet Resour* 1:43–57.
- Tanksley, S. D. 2004. The Genetic, Developmental, and Molecular Bases of Fruit Size and Shape Variation in Tomato. *The Plant Cell*. 16:181-189.
- Toledo, V. M. 2002. Ethnoecology. A conceptual framework for the study of indigenous knowledge of nature. *In: Stepp, J. R, F. S. Wyndham and R. Zarger*. Ethnobiology and Biocultural Diversity. Proceedings of the Seventh International Congress of Ethnobiology. Georgia, USA. pp: 511-522.
- Vaughan, D. A., Balázs, E. and J. S. Heslop-Harrison. 2007. From Crop Domestication to Super-domestication. *Annals of Botany*. 100:893-901.
- Villaseñor J. L. y F. Espinosa G, 1998. Catálogo de malezas de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario. Fondo de Cultura Económica. México. 449 p.

### DIVERSIDAD EN CARACTERÍSTICAS DE INTERÉS AGRONÓMICO EN POBLACIONES NATIVAS DE JITOMATE

#### RESUMEN

En México, la producción de jitomate del Norte del país se destina principalmente al mercado de exportación, con la consecuente dependencia de semilla trasnacional; en tanto que, las variedades nativas que muestran una enorme riqueza genética y diversidad en características agromorfológicas, son desapercibidas y poco valoradas. Estas poblaciones tradicionales pueden ser incorporadas y dirigidas en un programa de mejoramiento formal y ser manejadas en condiciones de agricultura protegida para resaltar sus atributos agronómicos, todo con posibilidades de generara variedades y semilla mexicana de calidad.

Al evaluar 30 poblaciones nativas de jitomate del Centro, Sur y Sureste del país, junto con cuatro líneas derivadas de materiales mejorados y el híbrido comercial cv. Caimán, se encontró amplia variación genética y potencial en características agronómicas de planta, fenología, sanidad, rendimiento y contenido de licopeno en genotipos nativos sobresalientes.

Las poblaciones nativas de Oaxaca, Yucatán y Campeche, presentan frutos carnosos, jugosos, aromáticos, de textura blanda y coloración atractiva. La variedad más productiva y con mayor potencial comercial fue el morfotipo riñón (Ox1), que destacó por producir 36 frutos con un grosor de pericarpio de 5 mm y 74.75 g de peso; un rendimiento por planta de 2,710.8 gramos, frutos de forma arriñonada e irregular en el corte transversal y crecimiento indeterminado, además de precocidad a la madurez de cosecha (152 d, una semana antes que el cv. Caimán), sanidad ante hongos fitopatógenos y coloración roja atractiva.

Este germoplasma puede incorporarse a la producción de regional y fortalecer la soberanía alimentaria local-regional, ya que las variedades tradicionales mostraron excelente respuesta agronómica en invernadero e hidroponía.

## INTRODUCCIÓN

El jitomate en el mercado internacional es, después de la papa, el cultivo de mayor importancia económica y alimenticia, por el monto y valor de la producción; en 2007, la producción mundial de jitomate ascendió a  $111.3 \times 10^6$  ton, aportando México el 2.8 % de la producción mundial con un valor de  $746.4 \times 10^3$  dls.

México, con una superficie cultivada de  $116.7 \times 10^3$  ha, el rendimiento promedio alcanzado es de  $26.98 \text{ ton ha}^{-2}$ . El jitomate es el principal producto mexicano de exportación, representa 37 % del valor de las legumbres y hortalizas que se exportan, aporta 16% de las divisas del sector agropecuario con un valor de exportación de  $1.2 \times 10^6$  dls (FAOSTAT, 2010); por lo que el cultivo representa una importante actividad generadora de empleo. Los principales estados productores de jitomate son Baja California Sur, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Puebla, Querétaro, Sinaloa, Sonora y Zacatecas, y de estas entidades Sinaloa aporta 38% a la exportación nacional.

La producción para los mercados nacional e internacional, depende generalmente de la semilla producida por compañías trasnacionales. Esta situación hace necesario y urgente generar variedades mexicanas y fortalecer además, la producción nacional de semillas (Ortega *et al.*, 2006), que sean de menor costo, adecuadas a las condiciones de los agricultores nacionales, que ofrezcan productos con valor agregado y permitan ampliar los mercados a partir de variedades tradicionales comerciales con mejores atributos de fruto.

En el país se encuentran múltiples morfotipos de jitomate con amplia adaptabilidad y variabilidad genética, características que no han sido valoradas y documentadas. Esta variación se encuentra en regiones donde se practican sistemas agrícolas de producción tradicionales, en las que el comercio regional de semillas mantiene y promueve la variabilidad de las poblaciones. Esta variación genética y morfológica ha sido conservada *in situ* a través del manejo y mantenimiento de las poblaciones nativas durante múltiples generaciones de cultivo, regularmente en condiciones limitadas de crecimiento y desarrollo, en nichos culturales que han favorecido el mantenimiento de formas, colores y sabores típicos.

En las regiones del Centro, Sur y Sureste de México, la distribución tanto de especies silvestres como de poblaciones nativas cultivadas de jitomate han generado numerosos genotipos adaptados a variados ambientes, hábitats y agrosistemas, que responden a la complejidad del

relieve mexicano y exhiben una amplia diversidad entre y dentro de poblaciones. Esta característica es promovida por el manejo y la interacción con el hombre, así como por modificaciones en los sistemas reproductivos que promueven la polinización cruzada, dando lugar a nuevas variantes morfológicas y combinaciones genéticas. De esta manera se pueden observar genotipos silvestres interactuando en el sistema agrícola en huertos tradicionales de la región del Totonacapan, Veracruz, también se han observado en cultivos asociados jitomates silvestres son dispersor por aves y roedores y durante su crecimiento son beneficiados por las labores agronómicas aplicadas al agrosistema y son incorporados al consumo familiar; en los solares o traspatios de Tehuacán, Puebla, se ha observado una dinámica de aprovechamiento similar, ya que las poblaciones silvestres pueden ser encontradas en su hábitat natural, ser recolectadas y ser aprovechadas, para su consumo y/o comercialización en mercados locales (Del Ángel-Pérez y Mendoza, 2004).

En algunos sistemas de producción con espalderas y a cielo abierto, en Oaxaca, las variedades nativas se alternan con variedades comerciales para aprovechar las características de ambos tipos de cultivares en la producción; éstas variantes de distribución, aprovechamiento y presión de selección natural y/o artificial junto con la adaptación y adaptabilidad, promueven la diversidad genética. Al respecto, Miller y Tanksley (1990) resaltan que la mayor parte de la diversidad del jitomate se encuentra en las especies silvestres que presentan una gran variabilidad en características de calidad del fruto como el sabor, el aroma, la coloración y la textura. Aunque poco se ha hecho para documentar esta riqueza en poblaciones nativas cultivadas hasta el momento.

Las poblaciones nativas de jitomate, ofrecen un potencial no cuantificado en características de interés agronómico, de calidad y de valor nutraceutico a través de sus múltiples formas cultivadas y silvestres. En mercados locales y regionales de Oaxaca se observa la preferencia por cultivares tradicionales, aun cuando éstos sean de precio superior al de las variedades comerciales locales y foráneas, las preferencias de consumo indican que los frutos tipo riñón de las poblaciones nativas son apreciados y demandados en cocinas locales y regionales de Oaxaca por su delicado sabor.

La identificación de nuevos cultivares con mayor rendimiento y mejores características de calidad y nutrición busca satisfacer las necesidades alimenticias y reducir el hambre (Foolad,

2007). Estudios agronómicos con variedades tradicionales de España mostraron que las variedades Morado aplastado, Roteño, Corriente y Corazón de toro compiten en producción y calidad con híbrido comercial cv. Optima F1, en un sistema de producción ecológica (García *et al.*, 2004). Por otra parte, Aguado *et al.* (2006) valoraron el comportamiento en invernadero de 14 variedades tradicionales como las variedades Borracho Aretxabaleta, Morado de Fitero y Morado Tardío, las cuales destacaron por su producción y calidad organoléptica.

Además del sabor y el aroma, la coloración roja del jitomate es el atributo de calidad externa más importante y de mayor influencia en la aceptación, adquisición y demanda del fruto, aunque existe una amplia gama de tonalidades y matices desde frutos amarillos y verdes a violetas, la tonalidad roja tiene mayor preferencia y demanda en el mercado tanto para autoconsumo como para la industria. La coloración resulta de la degradación de clorofilas y de la síntesis de licopeno y otros carotenoides que le confiere atracción visual al fruto; además por su contenido de licopeno adquiere propiedades nutraceuticas como antioxidante y cardioprotector (Moreira y Sham, 2004 y Sesso *et al.*, 2003), y anticancerígeno (Giovannucci, 1999).

En contenido de licopeno en un fruto rojo, varía desde 3.1 mg 100 g<sup>-1</sup> hasta 43.09 mg 100 g<sup>-1</sup>. Este contenido depende del cultivar y grado de madurez, ya que, por ejemplo, las variedades amarillas sólo alcanzan 5 mg 100g<sup>-1</sup> (Fernández-Ruíz *et al.*, 2004). En los últimos años, el interés por la coloración roja y el contenido de licopeno ha crecido junto con su importancia económica y para la salud, así como para la industria farmacéutica y la agroindustria en la elaboración de alimentos procesados (puré y salsas, principalmente), además del mercado de consumo en fresco. Con medidas colorimétricas es posible establecer la relación entre el color y los contenidos de licopeno y  $\beta$ -carotenos; Roselló *et al.* (2005) proponen la aplicación de esta técnica para determinar el contenido de licopeno en variedades tradicionales, silvestres y cultivares comerciales por la alta correlación entre estas variables (hasta 0.99). Roselló *et al.* (2005) y Carvalho (2005) identificaron mayor contenido de carotenoides, especialmente de licopeno, en variedades tradicionales que en el cultivar comercial de la región.

En las variedades tradicionales y otras especies silvestres de *Lycopersicon* del país, se han identificado una amplia gama de tonalidades en el color de amarillos-naranjas, naranjas, rosas, rojos, rojos intensos a violetas, esta diversidad en la coloración roja y su relación con el contenido de licopeno y  $\beta$ -carotenos no han sido exploradas; dejando de lado los múltiples

beneficios que se pueden derivar de ellas en el mejoramiento genético. No obstante, la preferencia del agricultor tradicional y del consumidor regional por esta característica de calidad externa, entre otras, ha permitido su integración en la oferta y la demanda del comercio local-regional.

Las poblaciones nativas cultivadas y genotipos silvestres de jitomate exhiben múltiples formas, colores y morfotipos que reflejan la amplia diversidad local; determinada por la genética del germoplasma, las condiciones climáticas donde se establecen los agrosistemas además del manejo agronómico acorde a cada localidad, los criterios de selección, multiplicación y el intercambio de semillas, al no haber comercialización de éstas, así como el uso culinario de cada tipo de jitomate, permiten las preferencias y afinidad de los productores y consumidores por la poblaciones nativas, que muestran características tanto agronómicas como organolépticas específicas. De esta manera, es posible encontrar formas típicas en cada región, que no han sido caracterizadas ni documentadas, y que como otros recursos genéticos nacionales se encuentran en riesgo de ser perdidos por abandono y sustitución, así como por la posible contaminación con germoplasma transgénico que haga perder su valor intrínseco de calidad e identidad genética.

El objetivo de este estudio fue evaluar la variación morfológica, agronómica y el contenido de licopeno medido a través del color en poblaciones nativas de jitomate, y caracterizar el potencial agronómico de éstas poblaciones, bajo la hipótesis de una amplia diversidad en características de interés agronómico y de calidad organoléptica presente en las poblaciones nativas.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Material Genético**

El germoplasma evaluado se constituyó con cinco poblaciones de jitomate por acervo genético (región de origen); un total de 30 poblaciones nativas provenientes de seis acervos agrícolas colectados en el Centro, el Sur y el Sureste de México (Cuadro 15). Las poblaciones fueron colectadas por el equipo de investigación para la Conservación y Aprovechamiento de la Agrodiversidad Nativa del Postgrado en Recursos Genéticos y Productividad-Genética, las poblaciones nativas se compararon con cuatro líneas derivadas y un híbrido comercial (cv. Caimán) definido como grupo de germoplasma mejorado (Estado de México)



**Cuadro 15.** Origen y tipo de población nativa de jitomate del Centro, Sur y Sureste de México, líneas derivadas y un cultivar comercial evaluados en Montecillo, Estado de México. 2008.

<b>Accesión 2008</b>	<b>Origen</b>	<b>Descripción</b>
<b>PH-a, PH-b, PH-c, PH-d y PH-e</b>	Región Puebla-Hidalgo	Población nativa
<b>Ya, Yb, Yc, Yd y Ye</b>	Yucatán	Población nativa
<b>Pa, Pb, Pc, Pd y Pe</b>	Sierra Norte de Puebla	Población nativa
<b>Ca, Cb, Cc, Cd y Ce</b>	Campeche	Población nativa
<b>LD-Mo</b>	Estado de México	Línea derivada (Tipo cereza)
<b>LD-Y</b>	Yucatán	Línea derivada (Tipo saladette)
<b>LD-Ma</b>	Estado de México	Línea derivada (Tipo saladette)
<b>K</b>	Caimán ® De Enza Zaden	Híbrido comercial (Tipo bola)
<b>LD-Gn</b>	Guanajuato	Línea derivada (Tipo saladette)
<b>Ox1, Ox2, Ox3, Ox4 y Ox5</b>	Oaxaca	Población nativa
<b>Gra, Grb, Grc, Grd y Gre</b>	Guerrero	Población nativa

### **Sitio experimental**

El experimento se condujo en condiciones controladas de hidroponía en invernadero, en el Campo Experimental Colegio de Posgraduados, Estado de México. (19° 30' LN y 98° 53' LO, y 2220 m de altitud).

### **Unidad y diseño experimental**

Los acervos genéticos (regiones de procedencia) se establecieron con base en un diseño factorial completamente al azar; en tanto que, las poblaciones dentro de cada acervo se analizaron con base en un diseño de bloques al azar, cada población se evaluó con tres repeticiones y cuatro individuos. El experimento se compuso con 420 plantas, distribuidas en una superficie de 87 m<sup>2</sup> (6 m x 14.5 m), la densidad de siembra fue de cinco plantas por m<sup>2</sup>.

### **Conducción de Experimentos**

En los meses de Marzo a Octubre, en el ciclo Otoño-Invierno del 2008 se evaluó el comportamiento de 30 poblaciones nativas y cinco materiales mejorados en un sistema hidropónico en invernadero. A 38 días de germinación, 24 plántulas pregerminadas por población se trasplantaron en bolsas negras con 20 kg de tezontle tipo sello (partícula pequeña con alta retención de humedad) como sustrato, del par de plantas trasplantadas se eliminó la de

menor vigor, dos semanas posteriores al establecimiento. Los riegos se realizaron con la solución nutritiva universal Steiner cuya concentración y cantidad aplicada fue modificada acorde al desarrollo del cultivo (Cuadro 15). La solución nutritiva se mantuvo a un pH 5.5, presión osmótica de 0.072 y conductividad eléctrica entre 2.2 y 2.6 dSm<sup>-1</sup>.

Siete días posteriores al establecimiento se presentaron algunos gusanos soldado (*Spodoptera exigua*) dispersos al azar en el cultivo, que fueron eliminados de manera manual. Se previno la presencia de mosquita blanca (*Bemisia tabaci* Genn) con dos aplicaciones por mes, con 5mL L<sup>-1</sup> de jabón líquido para ropa y una aplicación mensual de Karate x1, además del uso de trampas amarillas colocadas cada 3 m<sup>2</sup> en una superficie de 87 m<sup>2</sup>. Las enfermedades provocadas por hongos se controlaron con dos aplicaciones por mes con Ridomil Gold ® (Cuadro 16).

La poda de hojas se realizó a partir del cuello de la planta hasta el tercer racimo, cada semana para mejorar la aireación, evitar la proliferación de enfermedades y permitir la penetración de mayor cantidad de luz para la maduración de los frutos; al comenzar la producción la poda de hojas se realizó cada tercer semana. Los brotes laterales o chupones se eliminaron cada tercer día para reducir la competencia por agua, luz, nutrimentos y el sombreado del fruto al interior de la planta. Cuando se observó 50% de amarre de fruto en el sexto racimo de cada planta se eliminó la yema apical dejando dos hojas arriba del racimo, para concluir el experimento. Las tijeras de podar se desinfectaron continuamente alternando alcohol al 70% con hipoclorito al 3%, durante el manejo de cada planta.

**Cuadro 16.** Nutrición y manejo de plagas y enfermedades de seis acervos genéticos de jitomate del Centro, Sur y Sureste de México y un grupo de germoplasma mejorado. Montecillo, Estado de México. 2008.

Etapa fisiológica	Nutrición con Solución Steiner				Manejo de plagas y enfermedades			
	Concentración (%)	Riegos/día	Gasto/planta (mL/riego)	(L/día)	Plaga	Enfermedad	Control	Manejo
Establecimiento del cultivo	50	4	85	0.34	<i>Gusano soldado (Spodoptera exigua)</i>	n/p	Manual	Control
Floración								
Fertilización, amarre y llenado de fruto	75	5	90	0.45	<i>Mosquita blanca (Bemisia tabaci Genn)</i>	n/p	5 mL/L de Velrosita®	Preventivo
Producción	100	6	180	1.08	<i>Mosquita blanca (Bemisia tabaci Genn)</i>	Tizón temprano ( <i>Alternaria solani</i> Ell & Mart),	2.5 ppm Karate®	Control
						<i>Moho blanco del tomate (Sclerotinia sclerotiorum Lev)</i>	250g/L de Ridomild gold®	Control
						<i>Fusarium spp</i>		

n/p= no se presento

## Características evaluadas

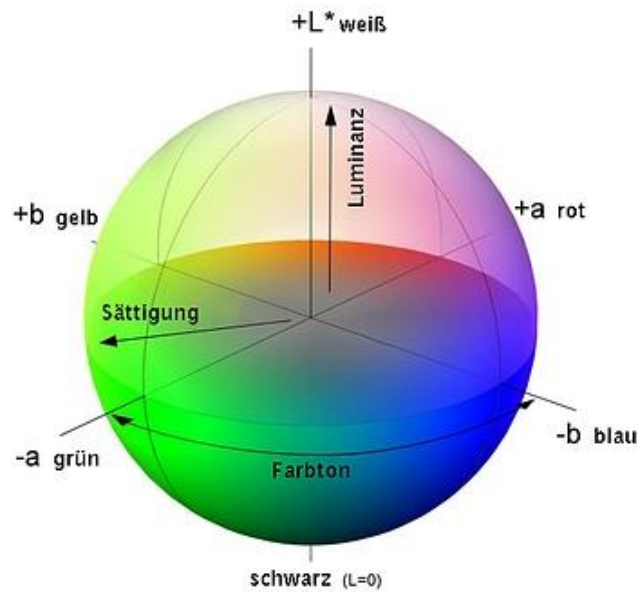
Se evaluaron características morfológicas, fenológicas, sanidad, componentes de rendimiento e índices de licopeno, este último parámetro en forma indirecta con base en las mediciones de color (Cuadro17).

**Cuadro 17.** Características de interés agronómico evaluadas en poblaciones nativas del Centro, Sur y Sureste de México, líneas derivadas y un cultivar comercial. Montecillo, Estado de México. 2008.

		Característica	Unidad	Acrónimo	
MORFOLOGÍA	Planta	Número de entrenudos hasta la primera inflorescencia	Cm	NEPI	
		Diámetro del tallo	Cm	DT	
		Longitud de planta hasta el sexto racimo	Cm	LONG	
	Fruto	Parámetros de Color	Grosor del pericarpio	mm	Gper
			Definición de color rojo (a*+) o verde (a*-)	Numérico	a*
			Definición de color de amarillo (b*+) o azul (b*-)	Numérico	b*
			Índice de cromaticidad a*/b*	Numérico	a*/b*
			Luminosidad (0-100%; negro-blanco)	Numérico	L*
			Matiz	Numérico	°H
	Estructuras florales		Croma	Numérico	Croma
			Longitud de pétalos	mm	LP
			Longitud de sépalos	mm	LS
			Longitud de estilo	mm	Lesti
	FENOLOGÍA		Días a la madurez de cosecha del fruto	Numérico	DMFr
	SANIDAD	Incidencia fitopatológica	0-20% (Alta sanidad)	Numérico	
30-50% (Sanidad intermedia)			Numérico		
60-100% (Baja sanidad)			Numérico		
COMPONENTES DE RENDIMIENTO		Número total de frutos	Numérico	NFr	
		Peso promedio de frutos	g	PFr	
		Rendimiento	g	REND	

Respecto a la madurez de cosecha, se recolectaron frutos con tonalidad rojo brillante a los cuales se les evaluó el color mediante un colorímetro Hunter Lab© y con base al Sistema Internacional

de Color (CIE) (Figura 6). se obtuvieron los valores  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  y con los cuales se calculó el ángulo de matiz ( $H^\circ = \tan^{-1} (b^*/a^*)^2$ ), en tanto que para obtener el croma se aplicó la ecuación  $C = \sqrt{(a^{*2} + b^{*2})}$ . Se realizaron dos medidas en la zona ecuatorial y el extremo distal, obteniéndose el promedio en ambas.



**Figura 6.** Parámetros de color CIE, matiz y croma (Tomado de Typo Druck Sares, 2010).

$L^*$  define la claridad,  $+a^*$  denota el valor rojo y  $+b^*$  el valor amarillo, a través de un diagrama de graficación de color para  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ ; donde el eje  $a^*$  corre de izquierda a derecha, una medición de color en la dirección  $+a^*$  muestra un desplazamiento hacia el rojo, en el eje  $b^*$  un movimiento hacia  $+b^*$  representa un cambio hacia el amarillo. El centro del eje  $L^*$  muestra  $L=0$  (negro o absorción total) en el fondo, el centro de este plano es neutral o gris.

### Análisis estadísticos

Se realizó un análisis de varianza simple por población y acervo; con base en un modelo de bloques completos al azar con tres repeticiones en poblaciones y dentro, mientras que entre acervos (regiones) se aplicó un análisis factorial completamente al azar, mediante la función PROCGLM del paquete estadístico SAS (SAS, 2002). Se aplicaron pruebas de normalidad con el promedio de las características por población, dentro y entre regiones. La comparación de las medias se hizo con base en Tukey al nivel de significancia de  $p \leq 0.05$ .

Los análisis de distribución y pruebas de normalidad se llevaron a cabo con el programa STATISTIC (STATISTIC, 1998).

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los análisis de varianza correspondientes se presentan en los Cuadros A5 y A6. Los resultados por acervos y poblaciones nativas para cada característica se describen a continuación.

Para el ordenamiento de las poblaciones de jitomate en el cuadro de promedios de características morfológicas y fenológica, se tomó como el indicador de mayor a menor la variable número de entrenudos hasta la primera inflorescencia (NEPI); mientras que para los promedios de componentes de rendimiento la variable rendimiento (REND) fue la indicadora y la relación  $a^*/b^*$  en color.

### **Variación morfológica en acervos**

La comparación morfológica de poblaciones nativas, silvestres y materiales mejorados, con respecto a su origen regional, mostró distintos patrones de variación en planta, estructuras florales, frutos y fenología. La amplia diversidad observada permite definir que las características señaladas responden a la identidad genética y agronómica de las poblaciones, en respuesta al grado de manejo, de selección y de mejoramiento empírico. La variación fue altamente significativa ( $P \leq 0.01$ ) en seis de las siete características morfológicas.

Las diferencias morfológicas entre regiones fueron notorias (Cuadro 18). La longitud de sépalo y pétalo están relacionadas con el tamaño del fruto; en este sentido, los frutos grandes se presentaron en las poblaciones de Yucatán y Oaxaca. La distribución de la producción fue más homogénea en materiales mejorados, en tanto que el número de entrenudos y la longitud de planta fueron menores, características que pueden estar relacionadas con la capacidad de asimilación de nutrientes y el efecto nutrimental, resultando en una mayor eficiencia dada la menor longitud a la primera inflorescencia; en contraste, las poblaciones nativas muestran secuencia variada en la distribución de entrenudos y longitud hasta el primer racimo.

Los acervos de Yucatán y Oaxaca presentan plantas pequeñas en longitud, de 10 a 11 entrenudos a la primera inflorescencia, además de frutos de buen calibre y grosor de pericarpio, aunque la distribución de racimos es irregular y el número de entrenudos a la primera inflorescencia es

mayor que en las variedades comerciales, aspectos que representan una desventaja comparativa que, podría ser superada con el aprovechamiento de la variación para estas características que se encuentra entre y dentro de los acervos y poblaciones individuales.

El grosor del tallo está relacionado con el anclaje de la planta y la mayor la absorción de nutrimentos, y es una característica útil en la selección de patrones; en este sentido, el diámetro de tallo de los acervos Yucatán, Puebla-Hidalgo y Oaxaca fueron los mayores, por lo que estas poblaciones representan fuentes de germoplasma de portainjertos, sobre todo por la posible ventaja que representa la rusticidad de los individuos de estas poblaciones.

**Cuadro 18.** Promedio de características morfológicas y fenológica de seis acervos genéticos nativos de jitomate procedentes del Centro, Sur y Sureste de México y un grupo de germoplasma mejorado. Montecillo, Estado de México. 2008.

REGIÓN	NEPI	DT	LONG	Gper	LP	LS	Lesti	DMFr
Yucatán	10	1.62	197.72	5.12	17.33	14.04	10.34	151
Puebla-Hidalgo	10	1.65	229.7	4.37	15.14	12.88	10.06	141
Guerrero	10	1.61	198.06	4.79	16.9	15.6	10.63	156
Oaxaca	10	1.69	188.21	5.06	18.46	14.74	11.67	154
Puebla	10	1.48	233.25	4.25	15.58	12.16	9.97	144
Campeche	9	1.54	206.63	5.67	15.61	11.7	9.61	142
Estado de México	8	1.55	187.32	5.64	17.41	13.17	9.33	153
<b>PROMEDIO</b>	<b>9.56</b> **	<b>1.59</b> **	<b>205.84</b> **	<b>4.99</b> *	<b>16.63</b> **	<b>13.47</b> **	<b>10.23</b> **	<b>148.93</b> **
<b>CV (%)</b>	<b>13.06</b>	<b>6.04</b>	<b>8.84</b>	<b>25.37</b>	<b>7.45</b>	<b>11.56</b>	<b>5.89</b>	<b>6.13</b>
<b>DMS</b>	<b>1.39</b>	<b>0.11</b>	<b>20.2</b>	<b>1.4</b>	<b>1.38</b>	<b>1.73</b>	<b>0.67</b>	<b>10.13</b>

\*\*=Altamente significativo con un  $\alpha=0.01$ , \*=Significativo con un  $\alpha=0.05$ , NS= No significativo.

NEPI= Número de entrenudos hasta la primera inflorescencia, DT= Diámetro de tallo (cm), LONG= Longitud de la planta hasta el sexto racimo (cm), Gper= Grosor de pericarpio (mm), LP= Longitud de pétalo (mm), LS=Longitud de sépalo (mm), Lesti= Longitud del estilo (mm), DMFr= Días a la madurez de cosecha.

La mayor variación se observó en el grosor de pericarpio y número de entrenudos (C.V. de 25.37 y 13.06%, respectivamente). Los acervos con mayor número de entrenudos fueron Yucatán, Guerrero y Puebla-Hidalgo, que superaron a las poblaciones derivadas y mejoradas. En el grosor de pericarpio los acervos más robustos correspondieron a Campeche y Yucatán, con dimensiones comparables al grupo de poblaciones derivadas y mejoradas

La longitud del estilo que define la capacidad de entrecruzamiento promueve la diversidad genética; los acervos genéticos de Oaxaca, Guerrero y Yucatán presentaron los estigmas desde expuestos hasta súper expuestos sobre el estambre, atributo morfológico que posiblemente

promueve la alógamia y en consecuencia las posibilidades de mayor variación fenotípica, como consecuencia de la recombinación entre individuos.

### **Fenología**

La fenología con base a la madurez de cosecha del fruto, permitió categorizar a las poblaciones como precoces, intermedias y tardías en el intervalo de 140 a 156 días a la madurez. Las poblaciones del acervo Puebla-Hidalgo son más precoces y tienen tamaño de fruto pequeño; en contraste las poblaciones de Guerrero no producen los frutos más grandes, sin embargo son las poblaciones más tardías. En general, se observa una relación entre madurez y tamaño de fruto, de tal manera que a tiempos de madurez mayores corresponden frutos de mayor dimensión (Cuadro 18).

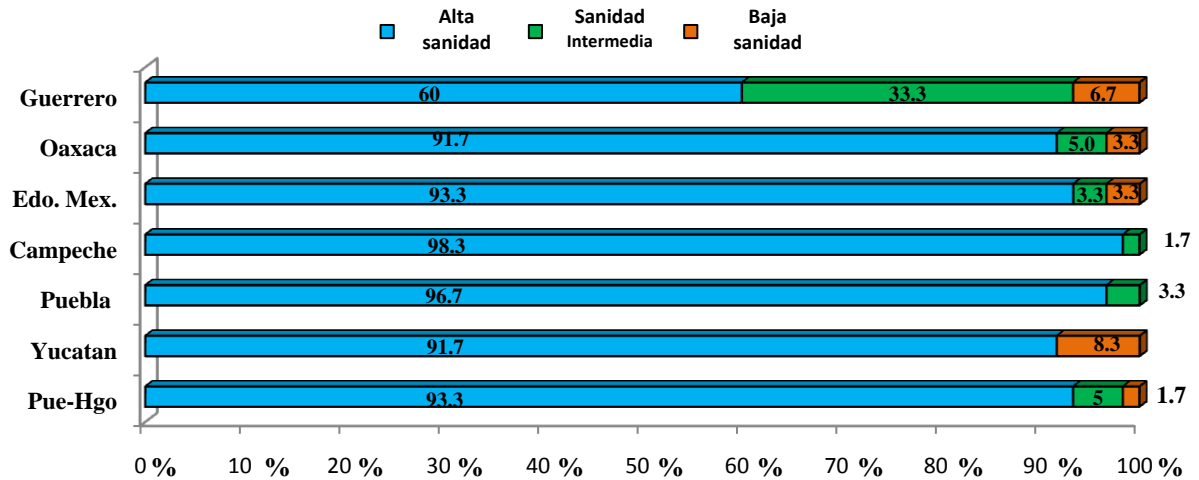
### **Sanidad**

Las plantas enfermas se localizaron dispersas al azar. Cuando se presentaron plantas enfermas éstas se separaron del experimento dándoles el mismo manejo que el resto para evaluar el avance de la enfermedad que presentaron.

La sintomatología se presentó en forma generalizada en el follaje de la planta. Se detecto la presencia de los hongos *Sclerotinia sclerotiorum*, *Alternaria solani* y *Fusarium spp* (Figura 8)

Los tres hongos detectados son considerados altamente agresivos y severos, sin embargo, la sanidad se presentó en un intervalo de 60 a 98.3%; en promedio, el 89.3% del germoplasma fue sano. A reserva de evaluar este aspecto específicamente, se puede asumir que las poblaciones evaluadas tienen niveles de sanidad comparables a las variedades comerciales empleadas como testigos y, como en el caso del acervo Campeche, de sanidad superior a las poblaciones comerciales. El 3.57% del experimento fue afectado por Tizón tardío, moho gris y *Fusarium spp*. Dos plantas enfermas de Puebla y Guerrero, con moho gris y tizón tardío con daños del 50 al 70%, respectivamente, llegaron a producción. No se observaron daños causados por bacterias y virus.





**Figura 7.** Frecuencia de respuesta a *Sclerotinia sclerotiorum*, *Alternaria solani* y *Fusarium spp* en seis acervos genéticos de jitomate nativo y un grupo de germoplasma mejorado del Estado de México.

La respuesta a la incidencia de fitopatógenos, es un indicador de resistencia o tolerancia a de las poblaciones nativas a estas enfermedades. Los valores de sanidad mostrados por estas poblaciones, abre una amplia gama de posibilidades para estudios de genética de la resistencia y fitopatológicos. La respuesta fitopatológica observada sería el resultado de la evolución de las poblaciones que ha ocurrido bajo intensas presiones de selección, ante enfermedades y patógenos adversos encontrados en sus áreas de adaptación y sistemas de producción.

### Componentes de rendimiento

La variación en peso y número de frutos así como en el rendimiento por planta fue amplia; las diferencias observadas fueron altamente significativas. En los acervos Puebla y Puebla-Hidalgo, que incluyen poblaciones silvestres tipo cereza, se observó abundante cantidad de frutos pequeños por planta aunque con rendimientos bajos (Cuadro 19). Este resultado era esperado por el tipo de poblaciones involucradas y el bajo nivel de domesticación y mejora genética aplicados.

El acervo genético de Oaxaca presentó el mayor rendimiento, no obstante el peso de fruto fue superior en los materiales mejorados (grupo poblacional Estado de México). Aun cuando el rendimiento de las poblaciones de Oaxaca superó al grupo de los testigos, es necesario considerar que el promedio rendimiento del grupo mejorado incluye el peso de la población LD-Mo, de frutos tipo cereza de tamaño intermedio a pequeño de forma esférica, factor que pudo afectar

negativamente el promedio de este grupo, este resultado plantea la posibilidad de aprovechar y mejorar estas poblaciones en su capacidad de rendimiento, a través de selección, dada su adaptabilidad y variación entre y dentro de poblaciones promovida por su capacidad de polinización libre; adicionalmente, observaciones de campo e invernadero han mostrado el buen comportamiento en diferentes localidades y condiciones de cultivo.

**Cuadro 19.** Componentes de rendimiento de seis acervos genéticos nativos de jitomate procedentes del Centro, Sur y Sureste de México y un grupo de germoplasma mejorado. Montecillo, Estado de México. 2008.

REGION	Componentes de rendimiento		
	PFr	NFr	REND
Oaxaca	62.64	36	2234.4
Estado de México	69.63	33	2114.8
Campeche	45.45	37	1643.9
Yucatán	61.86	30	1571.2
Guerrero	42.61	27	1198.1
Puebla-Hidalgo	14.25	56	703.7
Puebla	16.47	41	665.4
<b>PROMEDIO</b>	<b>44.7 **</b>	<b>37.21 **</b>	<b>1447.36 **</b>
<b>CV (%)</b>	<b>11.64</b>	<b>18.66</b>	<b>19.38</b>
<b>DMS</b>	<b>5.78</b>	<b>7.7</b>	<b>311.23</b>

\*\*=Altamente significativo con un  $\alpha=0.01$ , \*=Significativo con un  $\alpha=0.05$ , NS= No significativo.

PFr=Peso del fruto (g), NFr= Número de frutos producidos por planta, REND= Rendimiento por planta (g).

En los componentes de rendimiento las poblaciones nativas muestran rendimientos comparables a las poblaciones mejoradas, así como, buena producción y tamaños de frutos, además de nuevas formas, que podrían ser adecuados para mercados tan competitivos como el de jitomate. Estos atributos permiten formas de aprovechamiento y uso múltiples; asimismo, muestran la posibilidad de aprovechar fenómenos genéticos como la heterosis, dada la diversidad observada y las distancias geográficas que separan a los diferentes acervos; estos aspectos representa una mejor posibilidad que las poblaciones silvestres para la generación de variedades comerciales con mejores atributos.

### Color e índices de contenido de licopeno

Todos los acervos genéticos fueron ampliamente diversos en color y licopeno (Cuadro 20). Se observaron diferencias altamente significativas en los parámetros de color así como en los índices de contenido de licopeno estimados con base en los parámetros espectrométricos:  $a^*$ ,  $b^*$  y  $a^*/b^*$ .

Los genotipos evaluados presentaron coloración roja definida con base en los valores de +a\* y el ángulo de matiz (H°).

**Cuadro 20.** Promedios de parámetros de color de seis acervos genéticos nativos de jitomate procedentes del Centro, Sur y Sureste de México y un grupo de germoplasma mejorado. Montecillo, Estado de México. 2008.

REGIÓN	a*/b*	L*	°H	CROMA
Puebla	<b>0.754</b>	31.84	0.925	45.49
Yucatán	0.747	<b>32.80</b>	0.930	47.05
Oaxaca	0.734	30.08	0.938	47.60
Campeche	0.724	29.91	0.944	45.36
Guerrero	0.703	30.59	0.958	45.84
Estado de México	0.697	28.22	0.964	<b>48.27</b>
Puebla-Hidalgo	0.676	28.64	<b>0.976</b>	46.79
<b>PROMEDIO</b>	0.719 **	30.29 **	0.945 **	46.63 **
<b>CV (%)</b>	5.66	6.77	2.77	3.03
<b>DHS</b>	0.045	2.27	0.029	1.56

\*\*=Altamente significativo con un  $\alpha=0.01$ , \*=Significativo con un  $\alpha=0.05$ , NS= No significativo  
a\*/b\*= Relación de a\* y b\*, L\*=Luminosidad, °H= ángulo de color, CROMA=Croma.

El mayor ángulo de tono se observó en los acervos Puebla-Hidalgo, Estado de México y Guerrero, factor de muestra que los frutos son menos rojos; en contraste, los acervos Yucatán, Oaxaca y Puebla son más rojos.

Los valores de b\* fueron superiores a los de a\*, ambos positivos. La relación a\*/b\* indica la presencia de frutos mayormente rojos, hasta rojo-anaranjados en menor proporción, los intervalos de variación de a\* y b\* fueron de 26.21 a 28.11 y de 36.30 a 39.56, respectivamente.

Dada la asociación positiva entre el matiz de color rojo del fruto y el contenido de licopeno el mayor contenido del pigmento corresponde a poblaciones de los acervos Puebla, Yucatán y Oaxaca (0.9258, 0.9304 y 0.9383 °H, respectivamente). En el caso de las poblaciones de Yucatán y Oaxaca el color del fruto podría deberse a la selección natural y artificial hacia frutos rojos con mayor intensidad de color, en tanto que los genotipos de Puebla, en su mayoría silvestres y semi cultivados de tipo cereza, la expresión de color representaría una estrategia para atraer dispersores, así como una protección para las semillas de la incidencia de luz, ya que estos frutos tienen pericarpio delgado.

Los frutos de Campeche y Guerrero tienden a ser rojo-anaranjados, mientras que los cultivares mejorados son anaranjados, y presentan valores de  $a^*/b^*$  menor que a Puebla, Yucatán y Oaxaca. La coloración naranja-amarilla se encontró en materiales de Puebla, que son en su mayoría de tipo silvestre; por lo que estos materiales tienen el menor contenido de licopeno, de las seis regiones nativas evaluadas.

Fernández-Ruíz *et al.* (2007) Señalan que el contenido de licopeno es afectado por el ambiente; en este caso, dado que todo el germoplasma estuvo sometido a las mismas condiciones ambientales y que se tuvo la precaución de aleatorizar las repeticiones, se puede asumir que las diferencias genéticas, manifestadas por las diferencias fenotípicas observadas entre regiones, determinan distintos matices de color y, en consecuencia, la capacidad para sintetizar licopeno.

El croma o índice de saturación describe lo llamativo o apagado de un color, con base en este parámetro los frutos de color llamativo y visualmente más atractivos correspondieron al grupo de mejorados, seguido de los acervos de Oaxaca, Yucatán y Puebla-Hidalgo, en contraste los colores más opacos se presentaron en Guerrero, Puebla y Campeche. Con base en el valor del parámetro de luminosidad ( $L^*$ ) los frutos de color más claros fueron los de Campeche, mejorados y Puebla, y los más oscuros fueron los de Yucatán, Puebla y Oaxaca.

Los acervos genéticos nativos que destacaron por su color, contenido de licopeno, luminosidad y croma, fueron los correspondientes a Yucatán y Oaxaca. En los atributos de color, y fuente de licopeno en las poblaciones nativas se encontró una amplia variación y distintos grados de coloración así como propiedades funcionales en las poblaciones nativas de jitomate, superiores los cultivares mejorados. Por esta razón el germoplasma nativo presenta un gran potencial para el mejoramiento del jitomate y la obtención de variedades con mejor calidad interna.

### **Diversidad morfológica dentro de acervos**

La variación morfoagronómica también se presentó dentro de cada acervo aunque esta ocurrió en menor grado que entre acervo (Cuadro 21). El tamaño de flor, la longitud del estilo y exposición del estigma y el tamaño de planta fueron las características con diferencias más evidentes; estos aspectos a su vez definieron la singularidad de cada población dentro de cada acervo.

Las poblaciones con mayor diferenciación fueron las de Yucatán, Oaxaca y del Estado de México; sin embargo, en este último grupo varietal se integraron poblaciones derivadas de

mejoradas con tres distintos tipos de fruto, característica que como se discutió con anterioridad es determinante en la definición de la variación entre poblaciones. Las poblaciones del grupo Yucatán se distinguen entre ellas por mostrar amplia variación en el grosor del pericarpio, el tamaño de las flores y la madurez del fruto; en tanto que, las poblaciones de Oaxaca mostraron amplia variación en las dimensiones de la exposición estigmática, de la misma forma que el tamaño y forma de fruto y la longitud de pétalo de la flor.

Dentro de los acervos Puebla, Puebla-Hidalgo, Guerrero y Campeche las diferencias poblacionales fueron menos notorias en las diferentes características evaluadas de planta, estructuras florales y fenología. Únicamente las poblaciones procedentes de Campeche mostraron diferencias altamente significativas en el número de entrenudos. En el diámetro de tallo (DT) el intervalo en los coeficientes de variación se mantuvieron entre 16.04 y 18.94 %, aunque no se encontraron diferencias significativas dentro de cada una de los acervos. El comportamiento de esta característica puede ser debido al grado de variación explorado y la precisión de la medición, ya que en otros estudios se han observado variaciones más amplias dentro de grupos poblacionales.

Las mayores longitudes de planta se observaron en el acervo Puebla-Hidalgo, que está integrado principalmente por tipos silvestres y cerezas, en las plantas de menor tamaño tuvieron 203 cm y las de mayor tamaño 249 cm, con un intervalo mayor a 45 cm de longitud. En el grupo de germoplasma mejorado (Estado de México) la menor longitud de planta se tuvo en el genotipo determinado LD-Y con 143 cm de altura. Las poblaciones indeterminadas dentro de este grupo presentaron longitudes de 188 cm a 211.47 cm, en un intervalo de variación de 23 cm. Estos resultados muestran que los materiales sin mejoramiento son de mayor altura y presentan



Grosor de pericarpio (mm), **LP**= Longitud de pétalo (mm), **LS**=Longitud de sépalo (mm), **Lesti**= Longitud del estilo (mm), **DMFr**= Días a la madurez de cosecha.

Las características que mostraron mayor variación fueron diámetro de tallo y número de entrenudos; ambas características están relacionadas con la eficiencia con la asimilación y aprovechamiento de nutrimentos. En plantas con diámetros de tallo delgado los elementos son acarreados con mayor velocidad, y son utilizados rápidamente. Cada acervo genético muestra un perfil característico en el que destacan algunas poblaciones particulares por sus atributos superiores, tanto vegetativos como de fruto.

### **Fenología**

En los días para alcanzar la madurez de cosecha se observó variación dentro de grupos, aunque en cinco de siete grupos las diferencias no fueron significativas (Cuadro 21). Los intervalos de variación dentro de cada acervo fueron de 10 a 24 días de diferencia entre las poblaciones más precoces y las más tardías dentro de cada grupo mostraron un intervalo de 10 a 16 días. Los resultados muestran amplia variación en el grado de precocidad de las poblaciones, características que como en el caso de los acervos de Oaxaca y Guerrero y Yucatán presentan precocidades similares con variación amplia dentro del acervo aun con el limitado número de accesiones evaluadas. Los acervos precoces como Puebla y Puebla- Hidalgo, también presentaron amplia variación aunque ésta no resultó significativa. Esta variación amplia puede ser aprovechada como fuente de germoplasma, tanto para mejorar tipos cereza, bola e inclusive tipo saladette y plantea la posibilidad de obtener germoplasma de mayor precocidad dentro de los acervos genéticos.

### **Sanidad**

El 3.03% de las poblaciones del acervo Puebla-Hidalgo tuvo respuesta a las enfermedades fungosas. En la base de los tallos, una de 60 plantas (0.02 %) presentó lesiones acuosas, que fueron adquiriendo un color blanquecino, a medida que la enfermedad progresó la planta comenzó a marchitarse y el interior de los tallos enfermos se ahuecó; por la sintomatología se identificó como agente causal al *Moho blanco del tomate (Sclerotinia sclerotiorum)*

Tizón temprano (*Alternaria solani*) solo se presentó en otra planta de la región Puebla-Hidalgo; sin embargo, el daño afectó únicamente 50 % de la planta, con manchas circulares en hojas y

ovales con círculos concéntricos más oscuros en tallos, la enfermedad puede controlarse y la planta afectada alcanzó a producir.

En el acervo Yucatán el tizón temprano alcanzó 6.66% del número total de plantas. La sintomatología consistió en pequeñas manchas de forma irregular y color marrón, que afectaron primero a las hojas viejas en forma de manchas, que crecieron en forma de anillos concéntricos en los tallos al avanzar la enfermedad hasta formar pequeños chancros. Las cinco plantas afectadas en esta población no sobrevivieron, y sólo alcanzaron 80 cm de longitud de planta sin producción de frutos. Las poblaciones de los acervos Puebla y Campeche mostraron sanidad intermedia (10-30%) para *Alternaria solani*.

El grupo mejorado fue afectado en 3.33% de la población total por *Fusarium spp* y se presentó únicamente en la población LD-Y. La sintomatología de la enfermedad fue la presencia de amarillamiento en las hojas basales, las que se secaron y marchitaron aun cuando permanecieron adheridas hasta que la enfermedad cubrió toda la planta, dispersándose desde la parte basal hasta el ápice; en el tallo se observó al sistema vascular de color marrón.

Tizón tardío y *Fusarium spp*, incidieron en el acervo de Guerrero, y afectaron a 6.1% de las plantas evaluadas, de las cuatro plantas enfermas sólo una de ellas llegó a producción a pesar de que el daño alcanzó 70 %; en los frutos se observaron lesiones pardo-oscuros ligeramente hundidas y recubiertas con numerosas esporas del hongo.

Las enfermedades detectadas afectaron diferencial y preferencialmente a los acervos y poblaciones evaluadas. Las enfermedades observadas se presentaron en muy baja proporción en las poblaciones afectadas; la respuesta diferencial puede estar relacionada con el origen y área de adaptación del germoplasma y las poblaciones nativas presentan respuestas similares a las poblaciones mejoradas.



## **Variación en componentes de rendimiento dentro de acervos**

Dentro de acervos regionales la variación en atributos relacionados con el rendimiento fue amplia. Todas las poblaciones de Yucatán presentan excelentes rendimientos, con variación dentro del acervo en peso y número de frutos; por el contrario las poblaciones de Campeche presentan como característica común el número y peso de fruto, pero difieren en su capacidad de rendimiento (Cuadro 22).

En contraste las poblaciones de Oaxaca presentan similitud en el número de frutos y rendimiento aunque difieren en el peso de fruto individual, lo que podría tener como causa las variadas formas de frutos, aunque la mayoría de cultivares tradicionales de Oaxaca tienen frutos de tipos calabaza y arriñonados.

La mayor parte de las poblaciones presentaron rendimientos, con seis racimos útiles, menores que el cv. Caimán (3,053 g/planta); sin embargo, una de las poblaciones de Oaxaca obtuvo un rendimiento 10 % menor (2,710 gramos por planta). Este resultado podría considerarse un buen indicador del potencial de rendimiento logrado por la selección natural y artificial aplicada por los agricultores, así como de la capacidad de las poblaciones para responder al mejoramiento genético. Con esta misma tendencia el germoplasma de Campeche y Yucatán presentó rendimientos desde 1,342.6 g hasta 1,976.1 g por planta y algunas poblaciones de Guerrero como Gra y Grb con producción de 1892.7 a 1499.8 g, respectivamente.

Los menores rendimientos y tamaño de fruto, correspondieron a las poblaciones de Puebla y Puebla-Hidalgo, identificadas de tipo silvestre.

**Cuadro 22.** Componentes de rendimiento dentro de seis acervos genéticos nativos de jitomate procedentes del Centro, Sur y Sureste de México y un grupo de germoplasma mejorado. Montecillo, Estado de México. 2008.

Región	Población	Componentes de Rendimiento		
		PFr	NFr	REND
Puebla-Hidalgo	PH-b	13.26	35	1181.37
	PH-a	11.52	109	680.6
	PH-c	19.67	33	653.37
	PH-e	9.35	64	599.19
	PH-d	17.45	39	403.84
	<b>PROMEDIO</b>	<b>14.25</b> **	<b>55.87</b> **	<b>703.674</b> **
	<b>CV (%)</b>	<b>12.49</b>	<b>25.58</b>	<b>17.22</b>
Yucatán	<b>DMS</b>	<b>4.78</b>	<b>38.41</b>	<b>325.78</b>
	Ye	76.79	33	1738.3
	Yc	71.16	20	1707
	Yb	46.97	22	1545.3
	Ya	44.89	24	1522.7
	Yd	69.49	49	1342.6
	<b>PROMEDIO</b>	<b>61.86</b> **	<b>29.53</b> **	<b>1571.18</b> NS
<b>CV (%)</b>	<b>9.32</b>	<b>15.14</b>	<b>34.17</b>	
Puebla	<b>DMS</b>	<b>15.51</b>	<b>12.02</b>	<b>1443</b>
	Pd	20.92	42	834.82
	Pe	19.61	42	789.86
	Pa	13.38	60	784.18
	Pb	13.02	36	479.91
	Pc	15.43	29	438.06
	<b>PROMEDIO</b>	<b>16.47</b> **	<b>41.47</b> **	<b>665.36</b> **
<b>CV (%)</b>	<b>11.76</b>	<b>15.31</b>	<b>16.05</b>	
Campeche	<b>DMS</b>	<b>5.2</b>	<b>17.07</b>	<b>287.09</b>
	Cb	46.33	43	1976.1
	Cc	49.95	38	1787.6
	Cd	43.76	35	1550.3
	Ca	43.31	35	1489.3
	Ce	43.92	33	1415.9
	<b>PROMEDIO</b>	<b>45.45</b> NS	<b>36.67</b> NS	<b>1643.84</b> **
<b>CV (%)</b>	<b>14.25</b>	<b>15.77</b>	<b>9.09</b>	
Estado de México	<b>DMS</b>	<b>17.41</b>	<b>15.55</b>	<b>401.58</b>
	K	120.88	25	3053.8
	LD-Gn	71.72	38	2630.3
	LD-Ma	66.59	33	2205.1
	LD-Mo	27.89	49	1381.5
	LD-Y	61.06	22	1303.6
	<b>PROMEDIO</b>	<b>69.63</b> **	<b>33.47</b> **	<b>2114.86</b> **
<b>CV (%)</b>	<b>5.8</b>	<b>5.82</b>	<b>8.77</b>	
Oaxaca	<b>DMS</b>	<b>10.87</b>	<b>5.24</b>	<b>498.71</b>
	Ox1	74.75	36	2710.8
	Ox2	64.6	37	2389.8
	Ox3	65.98	33	2231
	Ox4	64.52	35	2163.8
	Ox5	43.32	39	1676.5
	<b>PROMEDIO</b>	<b>62.64</b> *	<b>36.13</b> NS	<b>2234.38</b> NS
<b>CV (%)</b>	<b>13.49</b>	<b>11.07</b>	<b>16.19</b>	
Guerrero	<b>DMS</b>	<b>22.71</b>	<b>10.75</b>	<b>972.11</b>
	Gra	54.16	35	1892.7
	Grb	50.39	30	1499.8
	Grc	43.54	28	1214.3
	Grd	35.7	21	748.8
	Gre	29.24	22	634.9
	<b>PROMEDIO</b>	<b>42.61</b> **	<b>27.33</b> **	<b>1198.1</b> **
<b>CV (%)</b>	<b>12.06</b>	<b>15.44</b>	<b>15.44</b>	
	<b>DMS</b>	<b>8.86</b>	<b>497.21</b>	<b>497.21</b>

**DMS**= Diferencia mínima significativa, **CV**= Coeficiente de variación

**PFr**=Peso del fruto (g) , **NFr**= Número de frutos producidos por planta, **REND**= Rendimiento por planta (g).

La mayor uniformidad entre poblaciones dentro de acervos se presentó en el grupo mejorado, ya que los coeficientes de variación en tres componentes de rendimiento fueron bajos y los menores respecto a las poblaciones nativas (PFr 5.8%, NFr 5.82% y rendimiento 8.77%), posiblemente debido a la escasa variabilidad fenotípica y estrechas bases genéticas de las variedades mejoradas.

En las poblaciones de los acervos Puebla-Hidalgo, Yucatán, Puebla, Guerrero y el grupo mejorado hubo diferencias en el peso del fruto. En el acervo de Oaxaca los componentes de rendimiento fueron menos variables que en los otros acervos de poblaciones nativas. En el acervo Campeche el número de frutos y peso de frutos las poblaciones fueron similares, aunque presentaron diferencias significativas en rendimiento.

### **Color y contenido de licopeno**

Las poblaciones dentro de cada acervo mostraron patrones característicos y diferenciales de color, licopeno, tono, croma y luminosidad (Cuadro 23). Dentro de cada región las población presentan distintos grados de color, y una amplia gama de tonalidades y matices, Este comportamiento debido a las diferencias en las microrregiones de procedencia y presiones de selección de los genotipos en cada región de origen.

Los genotipos de Puebla-Hidalgo son similares en color; sin embargo, muestran diferencias altamente significativas en luminosidad y croma, los frutos más llamativos en este acervo se presentaron en la población PH-e, mientras que los de color más tenue en PH-c; una tendencia similar se encontró en las poblaciones de Puebla. Las poblaciones de Yucatán, no mostraron variación en color y luminosidad, pero sí en cromaticidad, en este grupo Ya, mostró el color rojo más llamativo. Las poblaciones procedentes de Campeche mostraron la misma tendencia en color, luminosidad y croma, por lo que en estos aspectos fueron similares sin diferencias notorias entre ellas.

Los grupos de germoplasma mejorado (Estado de México) y de Oaxaca mostraron mayor variación en color pero no en los otros atributos asociados con la definición éste. El acervo de Guerrero mostró la mayor variación y diferencias entre las cinco poblaciones en color, luminosidad y croma, entre estas poblaciones destaca Gre, que presenta el color menos rojo (menor  $H^{\circ}$ ) y el mayor valor parra en intensidad (croma).

**Cuadro 23.** Promedio de parámetros de color dentro de seis acervos genéticos nativos de jitomate procedentes del Centro, Sur y Sureste de México y un grupo de germoplasma mejorado. Montecillo, Estado de México. 2008.

Región	Población	a*/b*	L*	°H	Croma
Puebla- Hidalgo	PH-c	0.709	32.107	0.95433	45.9607
	PH-e	0.681	26.625	0.97367	48.6623
	PH-a	0.672	27.599	0.97933	46.993
	PH-b	0.662	27.936	0.98633	47.3347
	PH-d	0.65967	28.95	0.98867	45.0363
	<b>PROMEDIO</b>	<b>0.6767</b> NS	<b>28.64</b> **	<b>0.9764</b> NS	<b>46.49</b> **
	<b>CV (%)</b>	<b>3.48</b>	<b>4.35</b>	<b>1.63</b>	<b>2.42</b>
Yucatán	<b>DHS</b>	<b>0.0633</b>	<b>3.35</b>	<b>0.042</b>	<b>3.0448</b>
	Yb	0.785	32.331	0.906	45.627
	Yc	0.76067	33.211	0.92167	46.066
	Yd	0.744	32.1053	0.933	47.6383
	Ye	0.73267	32.8377	0.93933	47.7117
	Ya	0.713	33.53	0.95233	48.2253
	<b>PROMEDIO</b>	<b>0.747</b> NS	<b>32.8</b> NS	<b>0.9304</b> NS	<b>47.05</b> *
<b>CV (%)</b>	<b>4.45</b>	<b>2.22</b>	<b>2.29</b>	<b>2.07</b>	
Puebla	<b>DHS</b>	<b>0.0845</b>	<b>1.96</b>	<b>0.0574</b>	<b>2.6296</b>
	Pa	0.78733	30.2307	0.906	46.8283
	Pe	0.77167	30.9677	0.91433	45.8693
	Pd	0.75133	31.56	0.92733	46.2807
	Pb	0.74367	31.3477	0.93167	44.4737
	Pc	0.71633	35.0967	0.94967	44.046
	<b>PROMEDIO</b>	<b>0.7506</b> NS	<b>31.84</b> **	<b>0.9258</b> NS	<b>45.49</b> *
<b>CV (%)</b>	<b>6.32</b>	<b>3.02</b>	<b>3.24</b>	<b>2.24</b>	
Campeche	<b>DHS</b>	<b>0.1283</b>	<b>2.5851</b>	<b>0.0807</b>	<b>2.7478</b>
	Cb	0.755	29.856	0.925	44.857
	Cc	0.74433	30.498	0.93167	44.867
	Cd	0.74233	31.396	0.93267	45.331
	Ce	0.717	30.306	0.94933	44.559
	Ca	0.66433	27.495	0.98333	47.2
	<b>PROMEDIO</b>	<b>0.7246</b> NS	<b>29.91</b> NS	<b>0.9444</b> NS	<b>45.36</b> NS
<b>CV (%)</b>	<b>6.38</b>	<b>9.22</b>	<b>3.2</b>	<b>2.77</b>	
Estado de México	<b>DHS</b>	<b>0.1244</b>	<b>7.415</b>	<b>0.0815</b>	<b>3.3877</b>
	LD-Ma	0.813	29.261	0.88967	46.597
	LD-Y	0.73733	30.345	0.93667	52.23
	LD-Gn	0.706	29.91	0.95633	50.365
	K	0.63367	25.669	1.00667	45.252
	LD-Mo	0.597	25.93	1.03067	46.939
	<b>PROMEDIO</b>	<b>0.6974</b> **	<b>28.22</b> NS	<b>0.964</b> *	<b>48.27</b> **
<b>CV (%)</b>	<b>7.14</b>	<b>10.03</b>	<b>3.41</b>	<b>4.13</b>	
Oaxaca	<b>DHS</b>	<b>0.134</b>	<b>7.61</b>	<b>0.0884</b>	<b>5.358</b>
	Ox3	0.83833	30.36	0.873	48.481
	Ox5	0.77433	28.508	0.91233	48.697
	Ox1	0.713	32.353	0.952	48.131
	Ox2	0.70333	32.63	0.95767	46.086
	Ox4	0.64533	26.559	0.99667	46.635
	<b>PROMEDIO</b>	<b>0.7348</b> **	<b>30.08</b> **	<b>0.9383</b> **	<b>47.6</b> NS
<b>CV (%)</b>	<b>4.73</b>	<b>4.49</b>	<b>2.44</b>	<b>2.6</b>	
Guerrero	<b>DHS</b>	<b>0.0935</b>	<b>3.631</b>	<b>0.0617</b>	<b>3.33</b>
	Gre	0.77367	33.488	0.913	50.245
	Gra	0.75767	35.12	0.92267	45.775
	Grd	0.698	29.302	0.96133	44.513
	Grc	0.68333	28.998	0.97133	42.631
	Grb	0.606	26.045	1.02333	46.037
	<b>PROMEDIO</b>	<b>0.7037</b> **	<b>30.59</b> *	<b>0.958</b> **	<b>45.84</b> **
<b>CV (%)</b>	<b>5.55</b>	<b>9.38</b>	<b>2.52</b>	<b>3.93</b>	
<b>DHS</b>	<b>0.1051</b>	<b>7.71</b>	<b>0.0649</b>	<b>4.842</b>	

\*\*=Altamente significativo con un  $\alpha=0.01$ , \*=Significativo con un  $\alpha=0.05$ , NS= No significativo  
a\*/b\*= Relación de a\* y b\*, L\*=Luminosidad, °H= ángulo de color, CROMA=Croma.

## Diversidad morfológica entre poblaciones individuales

Todas las poblaciones evaluadas mostraron variabilidad amplia en características, morfológicas, fenológicas, fitopatológicas y de componentes de rendimiento. Esta amplitud podría tener su origen en el manejo y las presiones de selección diferenciales que dieron lugar a las poblaciones (Cuadro 24).

Los atributos agronómicos de poblaciones nativas sobresalientes (Ox1, Ox3 y Ye) son comparables a los del cv. Caimán y las poblaciones derivadas mejoradas. Un elemento que confiere mayor importancia al germoplasma nativo es la amplia variación genética y la diversidad entre poblaciones, así como modificaciones morfológicas que promueven el intercambio genético manteniendo y ampliando la variación fenotípica y genética, como en el caso de las poblaciones del acervo Oaxaca.

**Cuadro 24.** Promedio de siete variables morfológicas y una variable fenológica evaluadas de 30 poblaciones de jitomate procedentes del Centro, Sur y Sureste de México y en cinco materiales mejorados. Montecillo, Estado de México. 2008.

Población	NEPI	DT	LONG	Gper	LP	LS	Lesti	DMFr
Yc	11	1.53	193.33	6.59	16.9	14.33	10.87	149.67
Ya	11	1.62	202.69	4.52	17.41	13.84	10.11	156.67
Pa	11	1.5	236.5	4.43	15.89	12.92	10.61	141.33
PH-b	11	1.82	226.83	3.47	15.79	13.82	9.98	128.67
.								
.								
.								
LD-Gn	7	1.49	199.33	4.93	17.47	13.19	9.94	145
LD-Y	7	1.53	143.47	5.77	17.22	13.44	8.78	159.33
K	7	1.5	193.75	6	21.03	14.22	8.59	160.33
<b>PROMEDIO</b>	<b>9.56</b> **	<b>1.59</b> **	<b>205.84</b> **	<b>4.99</b> **	<b>16.63</b> **	<b>13.47</b> **	<b>10.23</b> **	<b>148.93</b> **
<b>CV (%)</b>	<b>13.06</b>	<b>6.04</b>	<b>8.84</b>	<b>25.37</b>	<b>7.45</b>	<b>11.56</b>	<b>5.89</b>	<b>6.13</b>
<b>DMS</b>	<b>4.077</b>	<b>0.3139</b>	<b>59.42</b>	<b>4.129</b>	<b>4.047</b>	<b>5.0834</b>	<b>1.96</b>	<b>29.81</b>

\*\*=Altamente significativo con un  $\alpha=0.01$ , \*=Significativo con un  $\alpha=0.05$ , NS= No significativo.

NEPI= Número de entrenudos hasta la primera inflorescencia, DT= Diámetro de tallo (cm), LONG= Longitud de la planta hasta el sexto racimo (cm), Gper= Grosor de pericarpio (mm), LP= Longitud de pétalo (mm), LS=Longitud de sépalo (mm), Lesti= Longitud del estilo (mm), DMFr= Días a la madurez de cosecha.

El número de entrenudos en la población Yc, de Yucatán fue el mayor de todas las poblaciones, en tanto que el cv. Caimán mostró la menor cantidad de entrenudos. En la exposición del estigma la población Ox4 mostró la mayor exposición del estigma, mientras que el híbrido Caimán no expone el estigma, y es completamente autógeno. Las poblaciones evaluadas mostraron amplias

diferencias morfológicas en número de entrenudos (7 a 11), longitud del estilo, longitud de pétalo y sépalo, longitud de planta y diámetro de tallo, así como en días a madurez, que fueron altamente significativa en todos los casos. Estos resultados confirman la presencia de variación fenotípica y genética amplia independientemente del origen de las poblaciones.

El calibre (grosor de pericarpio) mayor de fruto lo presentaron la población Ce de Campeche, Ox 4 de Oaxaca, y Yc y Yd de Yucatán. El mejor rendimiento, después del cv. Caimán, lo mostró la población Ox1 que además tuvo una longitud de planta corta (191.63 cm), y fue más precoz a la madurez de cosecha que el híbrido (una semana de diferencia).

### **Sanidad**

Las poblaciones con ausencia de sistemas de moho blanco fueron PH-c, PH-d y PH-e (100 %), y 17 % se presentó en PH-a y PH-b. De la población de plantas de PH-b 8% presentó daños irreparables ante *A. solani*. De las poblaciones de Yucatán 17 % mostraron tizón tardío. Las poblaciones Ya, Yc y Yd mostraron 100 % de daño en al menos dos plantas por población. Los acervos genéticos de Campeche y Puebla fueron los que mostraron la mayor sanidad, de 92 a 100%; las poblaciones Ca y Pb mostraron una respuesta intermedia al moho blanco (8.33 % de plantas infestadas)

Las líneas mejoradas LD-Mo y LD-Y fueron afectadas con daños de 90 a 100% por *Fusarium spp*, en al menos dos plantas por población. El cv. Caimán además de las líneas derivadas de Malinalco (LD-Ma) y Guanajuato (LD-Gn), no mostraron daños.

La ausencia de respuesta para moho blanco en Ox1 alcanzó 75%, y la resistencia intermedia se valoró en 25 %. Ox2 presentó susceptibilidad en 8% de la población, con daños severos e irreparables; Ox3, Ox4 y Ox5 no mostraron el hongo (de 92 a 100%). De todas las poblaciones evaluadas las del acervo de Guerrero (Grd, Grb y Grc) presentaron la mayor susceptibilidad a *Fusarium* y *A. solani*.

## Componentes de rendimiento

De las poblaciones con mayor rendimiento después del cv. Caimán tres fueron las nativas de Oaxaca con más de 2 kg de rendimiento por planta, dos poblaciones de Yucatán (Ye y Yc) (Cuadro 25).

La variación entre poblaciones individuales para los componentes de rendimiento fue amplia. De las poblaciones evaluadas destacan por sus atributos agronómicos y de producción, las poblaciones Ye de Yucatán y Ox1 de Oaxaca, que presentan un buen número de frutos con excelente peso y rendimientos por planta muy cercanos al testigo comercial (cv. Caimán). Las dos poblaciones difieren en su forma de fruto, ya que Ye tiene un fruto ovalado-circular semi-liso, y la población Ox1 tiene forma arriñonada y lobulada.

**Cuadro 25.** Componentes de rendimiento de 30 poblaciones de jitomate procedentes del Centro, Sur y Sureste de México y en cinco materiales mejorados. Montecillo, Estado de México. 2008.

Población	Componentes de Rendimiento		
	NFr	PFr	REND
<b>K</b>	25	120.88	3053.8
<b>Ox1</b>	36	74.75	2710.8
<b>LD-Gn</b>	38	71.72	2630.3
<b>Ox2</b>	37	64.6	2389.8
<b>Ox3</b>	34	65.98	2231
<b>LD-Ma</b>	33	66.59	2205.1
<b>Ox4</b>	35	64.52	2163.8
.			
.			
.			
<b>Gre</b>	22	29.24	634.9
<b>PH-e</b>	64	9.35	599.2
<b>Pb</b>	37	13.02	479.9
<b>Pc</b>	29	15.43	438.1
<b>PH-d</b>	35	13.26	403.8
<b>PROMEDIO</b>	35.33 **	50.78 **	1661.71 **
<b>CV (%)</b>	18.66	11.64	19.38
<b>DMS</b>	22.66	16.99	615.68

\*\*=Altamente significativo con un  $\alpha=0.01$ , \*=Significativo con un  $\alpha=0.05$ , NS= No significativo.

**PFr**=Peso del fruto (g), **NFr**= Número de frutos producidos por planta, **REND**= Rendimiento por planta (g).

## Color e índices de contenido de licopeno

Los mayores índices de cromaticidad ( $a^*/b^*$ ) y el menor ángulo de tono ( $H^\circ$ ) se presentaron en cuatro poblaciones nativas y una línea derivada superando al cv. Caimán, estas poblaciones también presentaron excelente luminosidad y croma (Cuadro 26). La población cultivada Ox 3 de Oaxaca, destacó sobre todas las poblaciones evaluadas por su coloración rojo intenso y luminoso junto con la línea derivada de Malinalco. Estos resultados son de utilidad para el mejor aprovechamiento de este germoplasma, ya que además son excelentes en puré y poseen un alto valor nutricional, que no se encuentra en los cultivares comerciales del mercado nacional, en él que la mayoría de frutos presentan tonalidades de anaranjada a rojo-anaranjada.

**Cuadro 26.** Promedio de parámetros de color evaluados de 30 poblaciones de jitomate procedentes del Centro, Sur y Sureste de México y en cinco materiales mejorados. Montecillo, Estado de México. 2008.

<b>Población</b>	<b>*a/b*</b>	<b>L*</b>	<b>°H</b>	<b>Croma</b>
Ox3	<b>0.8383</b>	30.36	<b>0.87</b>	48.48
LD-Ma	<b>0.813</b>	29.26	<b>0.89</b>	46.6
Pa	<b>0.7873</b>	30.23	<b>0.91</b>	46.83
Yb	<b>0.785</b>	32.33	<b>0.91</b>	45.63
Ox5	<b>0.7743</b>	28.51	<b>0.91</b>	48.7
.				
.				
.				
<b>K</b>	<b>0.6337</b>	25.67	<b>1.01</b>	45.25
Grb	0.606	26.05	1.02	46.04
LD-Mo	0.597	25.93	1.03	46.94
<b>PROMEDIO</b>	0.7197 **	30.3 **	0.9482 **	46.63 **
<b>CV (%)</b>	5.66	6.77	2.77	3.03
<b>DHS</b>	0.133	6.7	0.0859	4.6183

\*\*=Altamente significativo con un  $\alpha=0.01$ , \*=Significativo con un  $\alpha=0.05$ , NS= No significativo.

$a^*/b^*$ = Relación de  $a^*$  y  $b^*$ ,  $L^*$ =Luminosidad,  $H^\circ$ = ángulo de color, **CROMA**=Croma

Los valores alcanzados por las poblaciones nativas, tanto cultivadas como silvestres, con respecto a los parámetros  $a^*/b^*$  y  $H^\circ$ , indicaron que éstos genotipos son más ricos en licopeno y poseen un potencial grande por su atractivo tanto visual como de propiedades nutraceuticas productos de la selección; ya que además de formas, tamaños se encontró en estas poblaciones una amplia gama de coloración roja, tanto en intensidad como en luminosidad y croma. Al respecto, Brush (1995) y Bellon (1996), señalan que la selección de los caracteres de un cultivo hasta población o variedad nativa es divergente y varía de cultura hasta agrosistema y región.



Las tonalidades encontradas en materiales de Oaxaca y Yucatán corresponden al grado de selección aplicado en ambos acervos, ya que estos genotipos presentan características más cercanas a las poblaciones mejoradas, posiblemente como resultado de mayores presiones de selección de los agricultores y las preferencias regionales. La localización geográfica de éstos materiales a niveles regional y local, permite asumir que las propiedades del fruto que definen el color han sido el resultado de la influencia ambiental del agrosistema, del ambiente natural donde se originaron y del entorno cultural para el que han sido desarrollados, y en los que atributos específicos de calidad (forma, color y sabor) son reconocidos y valorados.

Las poblaciones silvestres de Puebla-Hidalgo fueron de tonalidad roja, en tanto que los de Puebla tienden a ser más naranja amarillos.

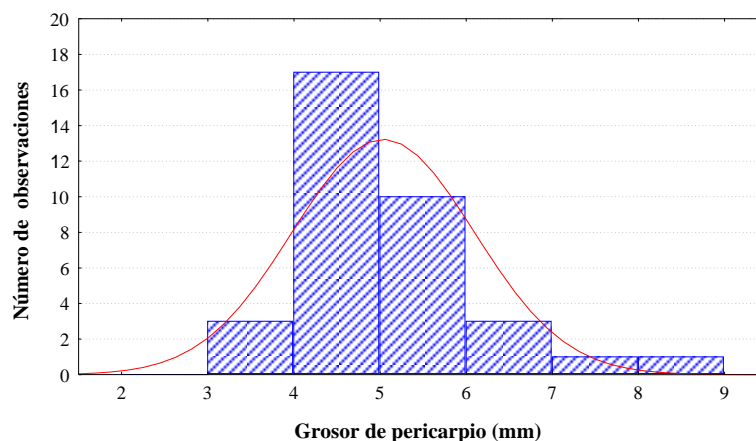
Con base en la valoración indirecta de licopeno, las poblaciones nativas resultan más ricas en licopeno que el cv. comercial; y el menor índice de licopeno lo mostró la línea derivada Montecillo (LD-Mo) tipo cereza.

## Distribución de características agronómicas relevantes

Se analizó la forma de distribución de las características grosor de pericarpio, días a la madurez de cosecha, número y peso de frutos.

Con el objeto de determinar la forma en que se distribuyen las poblaciones evaluadas con base en características específicas, se realizaron pruebas de normalidad.

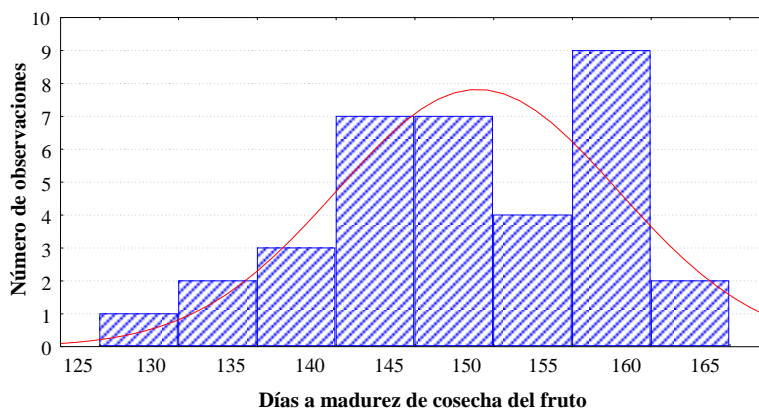
La gráfica de normalidad (K-S,  $d=0.15090$ ,  $p>0.20$ ) para grosor de pericarpio (Figura 8), muestra que la mayoría de las poblaciones (27 de 35) estuvieron dentro del intervalo de 4 a 6 mm de grosor, aunque dos de las poblaciones se ubicaron en el extremo superior de la curva en el intervalo de 7 a 9 mm, que corresponden a poblaciones de Campeche y Oaxaca, característica que las hace adecuadas para consumo en fresco y pulpa.



**Figura 8.** Distribución de la frecuencia de 30 poblaciones de jitomate del Centro, Sur y Sureste de México, cuatro líneas derivadas y un cv. comercial con base en el grosor de pericarpio del fruto. Montecillo, Estado de México. 2008.

La variación en días a la madurez comercial del fruto encontrada en las poblaciones evaluadas fue amplia y normal (K-S,  $d=0.09877$ ,  $p>0.20$ ), en un intervalo de madurez de 130 a 165 días. La mayor parte de las poblaciones (29 de 35) se encontraron en el intervalo de 145 a 165 días a la madurez; y seis de las 35 poblaciones presentaron la madurez entre los 130 y los 140 días. La amplia variación observada en el conjunto de poblaciones muestra la posibilidad de encontrar germoplasma adecuado a diferentes necesidades de precocidad. Los seis poblaciones más precoces correspondieron a los acervos Puebla- Hidalgo, Campeche y Yucatán (Figura 9). Estas poblaciones fueron 20 días más precoces que los tipos comerciales bola y saladette. Esta

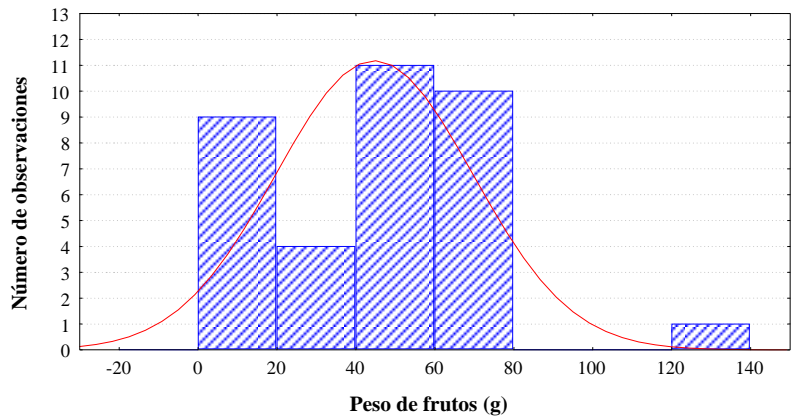
variación sería de utilidad en la obtención de poblaciones comerciales de mayor precocidad, que son útiles para un mejor aprovechamiento de las capacidades instaladas y para estaciones de crecimiento cortas.



**Figura 9.** Distribución de la frecuencia para días de madurez comercial de 30 poblaciones de jitomate del Centro, Sur y Sureste de México, cuatro líneas derivadas y un cv. comercial con base en el grosor de pericarpio del fruto. Montecillo, Estado de México. 2008.

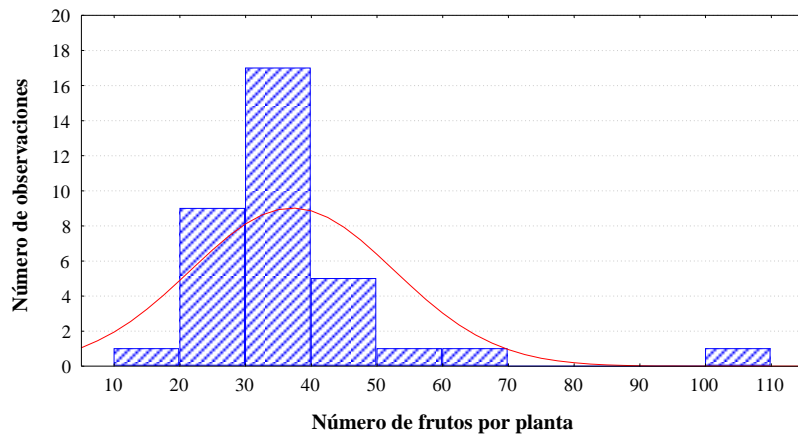
El peso promedio del fruto de las poblaciones evaluadas mostró una distribución normal (K-S,  $d=1.1478$ ,  $p>0.20$ ). En el extremo derecho de la distribución una población (variedad comercial Caimán) alcanzó valores de 120 a 140 g. De las poblaciones evaluadas 21 de 35 evaluadas presentaron pesos entre 40 y 80 g (Figura 10); estas diez poblaciones se encuentran entre 60 y 80 gramos, y cuatro corresponden al acervo Oaxaca y tres al acervo Yucatán.

Estos resultados muestran la bondad y el potencial genético latente en este germoplasma, que bajo condiciones culturales adecuadas podría ser expresado en toda su magnitud; algunas de estas poblaciones podrían ser sometidas a selección.



**Figura 10.** Distribución de la frecuencia para peso promedio de fruto (g) de 30 poblaciones de jitomate del Centro, Sur y Sureste de México, cuatro líneas derivadas y un cv. comercial con base en el grosor de pericarpio del fruto. Montecillo, Estado de México. 2008.

El número de frutos por planta no siguió una distribución normal (K-S,  $d= 0.22036$ ,  $p>0.10$ ), aunque la variación es amplia entre poblaciones. Poco menos de la mitad de las poblaciones evaluadas (48 %) presentó entre 30 y 40 frutos por planta, 25 % de las poblaciones produjo entre 20 y 30 frutos, entre este grupo de poblaciones se encontró el testigo Caimán, una línea derivada, cuatro poblaciones nativas de Guerrero, y tres de Yucatán y una de Puebla; sólo una población ubicada en el extremo positivo de la distribución (2 %) obtuvo más de 100 frutos (109) (Figura 11). Estos valores son indicativos del potencial productivo del germoplasma nativo, que bajo condiciones adecuadas de cultivo podría ser expresado.



**Figura 11.** Frecuencia por número de frutos por planta de 30 poblaciones de jitomate del Centro, Sur y Sureste de México, cuatro líneas derivadas y un cv. comercial con base en el grosor de pericarpio del fruto. Montecillo, Estado de México. 2008.

La tendencia general observada en estas poblaciones es tener mayor número y menor peso de frutos entre mas silvestre es una población, de tal manera que los materiales mejorados comercialmente muestran pocos frutos de mayor tamaño. No obstante, algunas poblaciones nativas cultivadas muestran frutos de buen tamaño con un número abundante de estos, a pesar de no haber seguido un proceso de mejoramiento formal por métodos convencionales. Aunque los fenotipos sobresalientes han sido seleccionados por muchas generaciones en forma empírica por los agricultores que las poseen. Históricamente, se menciona que las poblaciones llevadas a Europa durante la conquista poseían ya características de buen tamaño, con ésto en mente es posible asumir que este germoplasma constituye una excelente plataforma de despegue para la obtención de variedades nacionales más productivas con rendimiento equiparables a los híbridos comerciales, con un cierto grado de rusticidad y, posiblemente, más adecuadas para una agricultura menos dependiente de insumos.

## **CONCLUSIONES**

La variación en componentes de rendimiento y color, y otras características morfológicas, fenológicas y de sanidad, de poblaciones entre y dentro de acervos genéticos de jitomate nativo del Centro, Sur y Sureste de México es amplia,

Los genotipos de Yucatán se caracterizan por presentar gran cantidad de entrenudos hasta la primera inflorescencia, tallos gruesos, longitudes intermedias de planta, crecimiento indeterminado, flores grandes, estigmas expuestos, precocidad a la madurez de fruto, excelentes calibres, peso, número y rendimiento de fruto además de buena sanidad.

Las poblaciones de Puebla y Puebla-Hidalgo son genotipos silvestres que presentan longitudes de planta largas y crecimiento indeterminado, flores pequeñas, precocidad a la madurez comercial y estilos desde expuestos a nivel del estambre a ocultos dentro de la columna estaminal, amplio número de frutos pequeños, esféricos a semi-achatados y bajos rendimientos.

Los materiales de Guerrero muestran tallos gruesos, amplio número de entrenudos distribuidos en longitudes intermedias de planta, flores pequeñas a grandes, estigmas expuestos, frutos medianos a grandes con calibres variados mayormente medianos a pequeños, son más tardíos para alcanzar la madurez comercial, con respecto al cv. Comercial Caimán, sanidad media y buenos rendimientos.

Los cultivares de Campeche, son largos en longitud, y presentan menor número de entrenudos, tallos delgados, flores de tamaño mediano, estigmas al mismo nivel y ocultos dentro de la columna estaminal, son muy precoces a la madurez del fruto, con buenos calibres, número, peso, rendimiento y sanidad de muy buena a excelente.

El grupo de germoplasma mejorado mostro variación entre sus poblaciones dada la naturaleza de las poblaciones que las integraron; sin embargo, compartieron sus características morfológicas, fenológicas y fitopatológicas, como consecuencia del alto grado de mejoramiento y fijación de características. La línea derivada LD-Y fue el único material genético de crecimiento determinado y que se ubico en este grupo de germoplasma.

El acervo genético de Oaxaca, presenta excelentes rendimientos, número, peso y calibre de fruto, flores grandes con posible capacidad de entrecruzamiento al mostrar estigmas expuestos a súper expuestos, longitudes de planta cortas menor cantidad de entrenudos a la primera inflorescencia, tallos gruesos y crecimiento indeterminado.

Se encuentra entre y dentro de acervos genéticos, altos valores de tolerancia a *Sclerotinia sclerotiorum*, *Alternaria solani* y *Fusarium spp*, en las condiciones de la conducción del estudio. Grd y Gre provenientes de Guerrero, fueron severamente atacados por Tizón tardío, presentando una resistencia del 4 al 14%.

El acervo genético de Oaxaca tiene un rendimiento por planta equivalente al de las líneas derivadas, aunque es inferior a la variedad comercial Caimán. Las poblaciones nativas Ye y Ox1 presentan buen potencial agronómico y calidad sobresaliente.

Un ideotipo de variedad mexicana de jitomate puede perfilarse con base en genotipos provenientes de Oaxaca, que son excelentes materiales genéticos cultivados que incorporados a un sistema de producción tecnificado presentan un alto potencial productivo. La diversidad en características de interés agronómico y contenido de licopeno, con base en el color, es amplia dentro de acervos y entre poblaciones, se identifican genotipos con bondades agronómicas y de calidad sobresalientes.

Las variedades tradicionales ofrecen un gran potencial en atributos agronómicos y de calidad organoléptica, aunque el rendimiento de las poblaciones nativas, no rebasa al cv. Caimán, los

índices y parámetros de color son superiores tanto en las poblaciones tradicionales como silvestres, con respecto al híbrido. Los acervos genéticos más destacados en color, contenido de licopeno, luminosidad y croma son Yucatán y Oaxaca.

El genotipo Ox3, es la variedad nativas más destacada en contenido de licopeno, presenta formas tipo pimiento, buen peso, longitud intermedia de planta y excelente rendimiento (2,231 g/planta). Ye, OX1 y Ox3 son candidatos a incorporarse a sistemas tecnificados que permitan potencializar sus bondades agronómicas.

Por su adaptabilidad y diversidad genética las poblaciones nativas tienen una rica base genética en la que sería posible aplicar esquemas de selección recurrente con éxito.

## LITERATURA CITADA

- Aguado G. Del Castillo J. Galdeano J. Uribarri A. Sábada S. 2006. Variedades locales de tomate. Comportamiento en invernadero 2005-2006. Navarra Agraria. 27-34.
- Carvalho W., M. Fonseca E., H. Silva R., L. Boitex S. y L. Giordano B. 2005. Estimativa indireta de teores de licopeno em frutos de genotipos de tomateiro via análise colorimétrica. Horticultura Brasileira. 23:819-825.
- Del Ángel-Pérez, L. A. and M. A. Mendoza. 2004. Totonac homegardens and natural resources in Veracruz, Mexico. Agriculture and Human Values. 21(4):329-346.
- FAOSTAT. 2010. FAO (Food and Organization of United Nations).-Statistics Database. <http://faostat.org/site/339/default.aspx>
- Fernández-Ruiz, V., M. C. Sánchez-Mata, M. Camara, M. E. Torija, C. Chaya, L. Galiana-Balaguer, S. Roselló and F. Nuez. 2004. Internal quality characterization of fresh tomato fruits. Hortscience. 39:339-345.
- Foolad, R. M. 2007. Genome Mapping and Molecular Breeding of Tomato. Hindawi Publishing Corporation. International Journal of Plant Genomics. 52 p.
- García, A., G. I. Guzmán y J.J. Soriano. 2004. Evaluación de variedades locales de tomate para su conservación “*in situ*” en Agricultura ecológica. En Actas de IV Congreso de la Sociedad española de agricultura ecológica, Córdoba. Septiembre 2000. 19-23.
- Giovanni, E. 1999. Tomatoes, Tomato-Based Products, Lycopene and Cancer: Review of the Epidemiologic literature. Journal of the National Cancer Institute. 91:317-331.
- Miller, J. C. and S. D. Tanksley. 1990. RFLP analysis of phylogenetic relationship and genetic variation in the genus *Lycopersicon*. Theoretical and Applied Genetics. 80(4):1432-2242.

- Moreira, M. E. and N. E. Shami 2004. Lycopene as an antioxidant agent. *Nutrition Review*. 17:227-236.
- Ortega R. A., A. Carballo C., L. Hernández A., T. Corona T., M. Sandoval V. 2006. Caracterización de líneas de jitomate en hidroponía. *Agricultura Técnica en México*. 32(002):213-223.
- Roselló S., A. M. Adalid, J. Cebolla-Cornejo y F. Nuez. 2005. Cuantificación indirecta rápida del contenido en licopeno y  $\beta$ -caroteno en variedades tradicionales de tomate. *Actas Portuguesas de Horticultura*. 4:429-435.
- Sesso, M. S. Liu, J. M. Gaziano and J. E. Buring. 2003. Dietary Lycopene Tomato Based Food Products and Cardiovascular Disease in woman. *The American Society for Nutritional Sciences*. 133:2336-2341.
- Typo Druck Sares. 2010. CIE Lab-Farbsystem. en <http://www.sares.at/index.php?id=266>.



### DISCUSIÓN GENERAL

La variación actual existente se encuentra en las poblaciones nativas, en las que se ha acumulado el proceso de selección natural y artificial, y se encuentra en manos de los agricultores principalmente, en regiones en las que se tiene un profundo conocimiento de la diversidad entre y dentro de especies. Esta variación es poco conocida porque ha sido poco estudiada, situación que ha conducido a un pobre aprovechamiento general, aunque las poblaciones son altamente apreciadas local y regionalmente por sus atributos particulares de adaptación y calidad de fruto. El aprovechamiento de los recursos genéticos que las comunidades humanas realizan para satisfacer sus necesidades ha dado lugar a la domesticación y diversidad de los cultivos que son conservados *in situ*. Las experiencias acumuladas a lo largo del proceso evolutivo se encuentran en el conocimiento tradicional, que integra elementos biológicos y culturales, en forma dinámica (Altieri y Merrick, 1987).

Este estudio tuvo como objetivo principal evaluar la diversidad y variación genética y fenotípica entre poblaciones de diversos acervos genéticos regionales nativos de México. Como resultado sobresaliente se encontró una amplia variación morfológica y agronómica entre acervos genéticos y poblaciones dentro de acervos. Cada acervo se definió claramente por sus características particulares de forma, tamaño, color y número de frutos; estos atributos están relacionados con el grado de domesticación de la especie y el grado de manejo agronómico aplicado al germoplasma. También, las poblaciones y acervos genéticos tendieron a agruparse por origen geográfico.

Entre poblaciones individuales la variación en características de planta, estructuras florales y frutos varió ampliamente, y la variación dentro de acervos fue menor. Las diferencias observadas podrían resultar de la selección artificial aplicada a cada población, proceso que responde a las preferencias de uso y consumo, ya que las formas de aprovechamiento varían de una región a otra. La comercialización de este germoplasma se da normalmente a escala regional en mercados (tianguis), ya que la producción proviene de agrosistemas tradicionales, como huertos familiares de traspatio y diferentes niveles de asociación con otras especies; y también de sistemas de producción tradicionales con incorporación limitada de elementos tecnológicos.

En huertos tradicionales y sistemas de producción asociados, lomeríos, cerros, laderas y en orillas de carretera, se encuentran variantes silvestres de tipo cereza, posiblemente de la forma *cerasiforme*, que en ocasiones pueden llegar a mezclarse en los agrosistemas, incrementado la posibilidad de intercambio genético por la hibridación natural con las poblaciones nativas cultivadas, como se observa en algunos sistemas de Guerrero y Oaxaca.

Las poblaciones nativas se establecen en agroecosistemas tradicionales, con factores ambientales limitados y frecuentemente adversos, en los que la rusticidad del germoplasma es necesaria para tolerar limitaciones nutrimentales. La rusticidad permite a las poblaciones nativas establecerse en suelos heterogéneos y pobres en nutrientes y satisfacer sus necesidades de agua con el temporal sin aplicación de fertilizantes y agroquímicos, insumos de los que los híbridos comerciales son altamente dependientes. El valor de las semillas de las poblaciones nativas contrasta con el de las semillas mejoradas, que normalmente es alto y representa un elevado costo de producción, en muchas ocasiones fuera del alcance de los agricultores. En esta condición el intercambio y venta de semillas entre productores representa una importante estrategia para disponer de germoplasma adaptado a las condiciones y a las preferencias de uso regionales. El intercambio de semillas tiene también una gran importancia biológica ya que promueve el flujo genético del germoplasma, el mantenimiento de los recursos genéticos en sus hábitats (conservación *in situ*), y la ampliación del rango de adaptación de las variedades locales.

Desde el punto de vista biológico la variación es favorecida por elementos morfológicos y fisiológicos, que promueven el flujo génico y la formación de nuevas variantes por recombinación, entre poblaciones cultivadas y, posiblemente, entre cultivadas y silvestres aun en la actualidad. Se asume que la alógamia, producto de la heterostilia en *Lycopersicon*, sólo se encuentra en parientes silvestres del género, y que el acortamiento del estilo hasta quedar oculto dentro de la columna estaminal es una característica evolutiva que implica la transición de planta silvestre a cultivada (Rick, 1975). Sin embargo, el estudio de la variación en estructura floral mostró que la mayor parte de las poblaciones nativas cultivadas presentan el estigma expuesto fuera de la columna estaminal con distintos grados de excursión; en tanto que, en las poblaciones silvestres la exposición del estigma se da en baja frecuencia y escasa magnitud. Este fenómeno tiene fuertes implicaciones biológicas, genéticas y agronómicas, porque las poblaciones nativas cultivadas pueden tener mayor diversidad genética debido a los posibles eventos de cruzamiento.

Algunos investigadores han señalado que la heterostíla en el jitomate es debida a altas temperaturas y baja cantidad de luz (Aguado *et al.*, 2006); sin embargo, en este estudio la frecuencia del estigma expuesto fue alta tanto en plantas individuales como en acervos específicos por lo que en las poblaciones nativas de México la característica puede tener un mayor control genético que ambiental; principalmente, porque la proporción del carácter se asoció con acervos genéticos específicos.

Los genotipos provenientes del Estado de Puebla y de la zona de transición Puebla-Hidalgo, presentaron gran cantidad de frutos pequeños, con formas de esféricas a ovalado-achatadas, que por sus características corresponden a tipos silvestres var. *cerasiforme* con base en la descripción hecha por Nuez (1995) y Florido *et al.* (2002).

Las formas silvestres y domesticadas de *Lycopersicon* constituyen grupos con características morfológicas particulares, producto de su distribución en un amplio rango de ambientes y sistemas de producción. Es posible establecer diferencias claras en el fruto de las poblaciones, sobre todo en forma, tamaño y estructura morfológica. De esta manera, los genotipos silvestres se caracterizan por frutos lisos esféricos y semiesféricos, de tamaño pequeños y formas tipo calabaza y cereza; mientras que, en las poblaciones nativas cultivadas fue posible diferenciar hasta seis formas por las diferencias en la relación anchura/longitud del fruto. Las poblaciones de Yucatán se caracterizaron por frutos tipo bola, ovalados con costillas intermedias marcada; las poblaciones de Campeche mostraron frutos tipo calabaza y de costillas intermedias hasta fuertemente marcadas; sólo una población del acervo de Oaxaca presentó forma de fruto tipo pimiento, y el resto de sus poblaciones con formas ovaladas, ovalado-aplastadas, asimétrico-lobulados y tipo arriñonado; los materiales genéticos de Guerrero presentaron frutos tipo arriñonado y calabaza, desde ovalados a ovalado-achatados. La amplia variedad genética y morfológica encontrada en las poblaciones nativas concuerda con Florido *et al.* (2002) y Tanskley (2004). la domesticación en *Lycopersicon* además de enfocarse al incremento del rendimiento por planta y el tamaño de fruto, ha considerado también formas, colores, texturas y sabores, como consecuencia del proceso de selección y adaptación a distintos hábitats en los que el mantenimiento y el manejo de la diversidad genética han considerado las preferencias y necesidades del agricultor, como lo describe Bellon (1996), quien señala que en los agrosistemas tradicionales convergen la heterogeneidad biológica, económica y cultural de la agricultura local,

dando lugar a identidades genotípicas, grados de regionalización, adaptabilidad y amplia diversidad.

Diversos factores influyen en la generación de la diversidad genética y su mantenimiento en sistemas tradicionales, tales como el ambiente, el conocimiento tradicional, la satisfacción de necesidades características de la región, localidad y cultura, además de la intervención de las fuerzas evolutivas, que en acción conjunta conservan en constante dinámica el germoplasma nativo (Brush, 2000). En jitomate, estos elementos han hecho posible la conservación *in situ*, lo que ha permitido la generación y mantenimiento de la variabilidad genética en las poblaciones nativas a través del conocimiento y prácticas de manejo de los agrosistemas tradicionales.

La variabilidad genética y fenotípica confieren estabilidad y reducen el grado de vulnerabilidad de los agrosistemas tradicionales a condiciones ambientales adversas; por lo que la diversidad genética dentro y entre especies es vital en estos sistemas de producción (Cooper *et al.*, 2001) y ha sido un elemento fundamental para su conservación hasta los tiempos actuales. La riqueza genética y morfológica de las poblaciones nativas de jitomate, ofrece un amplio potencial para el mejoramiento genético de esta hortaliza y la posibilidad de generar variedades de jitomate acordes a la geografía y agrosistemas del país. La capacidad de adaptación de estas poblaciones, así como los elementos de rusticidad adquiridos durante la domesticación por la presión de la selección natural durante una gran cantidad de generaciones, serán en el futuro un elemento clave para enfrentar los estragos del cambio climático global. Razones más que suficiente para su conservación y rescate.

La preferencia de los jitomates para usos culinarios regionales, que privilegian frutos aromáticos, succulentos, tipo arriñonados, de buen color, grosor de pericarpio y tamaño, refleja la selección de plantas con características agromorfológicas regionales y locales, y condicionan de decisiones del productor durante el proceso de producción, manejo, cosecha y comercialización de los cultivos, y que inciden en la diversidad genética de las poblaciones cultivadas (Jarvis y Hodgking, 2000).

Las poblaciones dentro y entre acervos, mostraron atributos de sanidad y porcentajes de incidencia a hongos fitopatógenos comparables con los materiales mejorados, en las condiciones que prevalecieron en esta investigación. Las enfermedades detectadas afectaron diferencial y preferencialmente cada acervo y poblaciones evaluadas. Así *Fusarium* se presentó sólo en el

acervo de Guerrero y en una de las poblaciones mejoradas, el tizón en los acervos en Guerrero, Puebla, Puebla Hidalgo, Campeche y Yucatán, el moho blanco solo se presentó en el acervo de Oaxaca. Las enfermedades observadas se presentaron en muy baja proporción en las poblaciones afectadas; la respuesta diferencial puede estar relacionada con el origen y área de adaptación del germoplasma y las poblaciones nativas presentan respuestas similares a las poblaciones mejoradas.

La coloración del germoplasma nativo cultivado y silvestre es variada, encontrando acervos rojo-anaranjados como el de Puebla-Hidalgo, hasta rojo intensos como el acervo de Puebla, aunque con amplia variación dentro de cada acervo. Las coloraciones exhiben distintos matices y luminosidad, de esta forma las poblaciones de Oaxaca y Yucatán varían de rojo intensos opacos a frutos de color carmín-luminosos, ambos colores atractivos a la vista; estos genotipos son más similares a las poblaciones mejoradas, posiblemente por mayores presiones de selección de los agricultores y las preferencias regionales. Por la relación del color con el contenido de licopeno, se puede asumir una amplia diversidad en el contenido de este pigmento con propiedades antioxidantes en las poblaciones evaluadas.

La diversidad genética y de atributos agronómicos, además de las propiedades organolépticas que exhiben las poblaciones nativas y silvestres es amplia, cada acervo y población muestra potencial genético con múltiples posibilidades de ser incorporado al mejoramiento genético, los morfotipos encontrados, han tenido la selección del agricultor, con un enfoque particular sobre ciertos atributos, por lo que en estos materiales podrían establecerse estrategias de carácter tecnológico hasta genético. Las poblaciones nativas incorporadas en sistemas de producción de hidroponía en invernadero mostraron excelente respuesta en peso, número y forma de fruto, y en rendimiento, caracteres que reflejan el potencial genético y económico de las poblaciones nativas mexicanas. Este germoplasma puede servir de plataforma para la generación de variedades mexicanas que respondan bien en campo abierto y en condiciones de agricultura protegida, y de esta forma generar y producir semilla nacional para la producción de jitomate mexicano de calidad, con competencia nacional y reducir la interdependencia de semilla transnacional. Además, de proporcionar a los agricultores variedades más adecuadas para sus sistemas y condiciones de producción, y con valor agregado que les permita enfrentar y explorar nuevos mercados con mayor éxito.

El mejoramiento genético moderno ha logrado importantes éxitos en la generación de variedades con mayor rendimiento, tolerancia a enfermedades específicas, durabilidad y tamaño de fruto, sin embargo, en el proceso se ha reducido notablemente las características de calidad interna, como rusticidad, sabor, contenido de sólidos solubles, acidez titulable, color y contenido de antioxidantes. En contraposición, las poblaciones nativas han conservado a través de muchas generaciones estas propiedades, aunque en general sus rendimientos, durabilidad y tamaños de fruto no son de la misma magnitud que las variedades mejoradas, esta investigación ha mostrado que es posible encontrar poblaciones con características equiparables a las de las mejoradas, con el ingrediente adicional de su mayor calidad. El reto será integrar en poblaciones nuevas el valor de las poblaciones nativas en un programa nacional de mejoramiento de jitomate que tenga como plataforma genética a las poblaciones nativas mexicanas.

El reto de la conservación *in situ* y el mejoramiento genético de las poblaciones nativas de jitomate, radica en el manejo y aprovechamiento de la diversidad sin la transformación severa del agroecosistema, hábitats y germoplasma. La necesidad de conservar la diversidad genética de las poblaciones se basa en dos argumentos: la necesidad de diversidad genética para continuar la evolución, y la relación esperada entre la heterocigosidad y la adaptabilidad de la población.

## **LITERATURA CITADA**

- Aguado G., J. Del Castillo, J. Sanz de Galdeano, A. Uribarri, S. Sábada. 2006. Variedades locales de tomate. Comportamiento en invernadero 2005-2006. Navarra agraria. 27-34.
- Altieri, A. M. and L. Merrick, 1987. In situ conservation of crop genetic resources through maintenance of traditional farming systems. *Economic Botany*. 41:86-96.
- Bellon, M. R. 1996. The dynamics of crop infraspecific diversity: A conceptual framework at the farmer level 1. *Economic Botany*. 50:26-39.
- Brush, S. B. 2000. *Genes in the Field: On-Farm Conservation of Crop Diversity*. Lewis Publishers, New York, USA. 288 p.
- Cooper, H. D., C. Spillane and T. Hodgkin. 2001. Broadening the Genetic Base of Crops: an Overview. *In* Copper, H., C. Spillane and T. Hodgkin (ed). *Broadening the Genetic Base of Crop Production*. CABI Publishing. pp:1-23.

- Florido, M., M. Álvarez, M. Regla, M. Lara, D. Plana, M. Varela, T. Shagarodosky y C. Moya. 2002. Caracterización morfológica y bioquímica de 20 accesiones de tomate (*Lycopersicon* spp). *Cultivos Tropicales*. 23:61-69.
- Jarvis, D., and T. Hoidgking. 2000. Farmer decision making and genetic diversity: Liking multidisciplinary research to implement on-farm. *In*: S. B. Brush (ed). *Genes in the Field: On-Farm Conservation of Crop Diversity*. Lewis Publishers, N. Y. USA. 288 p.
- Nuez F. 1995. Desarrollo de nuevos cultivares. *In* Nuez F. (ed). *El cultivo del tomate*. Mundi-Prensa, Madrid, España. pp: 625–669.
- Rick, C. M. and J. Fobes. 1975. Allozyme variation in cultivated tomato and closely related species. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*. 102: 376-384.
- Tanksley, S. D. 2004. The Genetic, Developmental, and Molecular Bases of Fruit Size and Shape Variation in Tomato. *The Plant Cell*. 16:181-189.

## ANEXOS

**Cuadro A1.** Correlaciones entre 32 características morfológicas registradas en poblaciones nativas del Centro, Sur y Sureste de México y líneas derivadas y un cultivar comercial. Montecillo, Estado de México. 2008.

	NFr	PFr	NFrr	NF	NFlr	Pama	DMFr	AFr	LFr	LPed	Gper	Lnerv	Nloc	Lum	Matiz	Croma
<b>NFr</b>	1	-0.47 **	1 **	0.99 **	0.99 **	0.55 **	-0.57 **	-0.42 *	-0.30 NS	-0.27 NS	-0.43 **	-0.23 NS	0.03 NS	-0.24 NS	0.06 NS	-0.01 NS
<b>PFr</b>		1	-0.47 **	-0.49 **	-0.49 **	-0.16 NS	0.49 **	0.76 **	0.56 **	0.33 NS	0.69 **	0.46 NS	-0.30 NS	-0.07 NS	0.22 NS	0.42 *
<b>NFrr</b>			1	0.99 **	0.99 **	0.55 **	-0.57 **	-0.42 *	-0.30 *	-0.27 NS	-0.43 **	-0.23 NS	0.03 NS	-0.24 NS	0.06 NS	-0.01 NS
<b>NF</b>				1	1.00 **	0.43 *	-0.58 **	-0.42 *	-0.32 NS	-0.29 NS	-0.46 **	-0.24 NS	0.06 NS	-0.23 NS	0.03 NS	-0.04 NS
<b>NFlr</b>					1	0.43 *	-0.58 **	-0.43 *	-0.32 *	-0.29 NS	-0.46 **	-0.24 NS	0.06 NS	-0.23 NS	0.03 NS	-0.04 NS
<b>Pama</b>						1	-0.22 NS	-0.22 NS	-0.03 NS	-0.11 NS	-0.15 NS	-0.22 NS	-0.13 NS	-0.18 NS	0.15 NS	0.09 NS
<b>DMFr</b>							1	0.14 NS	0.15 NS	0.40 **	0.49 NS	0.00 NS	-0.26 NS	0.13 NS	0.02 NS	0.41 *
<b>AFr</b>								1	0.54 **	0.06 NS	0.34 *	0.76 **	0.17 NS	0.01 NS	-0.01 NS	0.06 NS
<b>LFr</b>									1	0.16 NS	0.39 *	0.17 NS	-0.29 NS	-0.06 NS	0.08 NS	0.13 NS
<b>LPed</b>										1	0.34 *	-0.13 NS	-0.39 *	-0.02 NS	0.19 NS	0.41 *
<b>Gper</b>											1	0.12 NS	-0.42 *	-0.02 NS	0.24 NS	0.36 NS
<b>Lnerv</b>												1	0.39 *	0.09 NS	-0.08 NS	-0.03 NS
<b>Nloc</b>													1	0.24 NS	-0.35 *	-0.47 **
<b>Lum</b>														1	-0.76 **	-0.15 NS
<b>Matiz</b>															1	0.34 *
<b>Croma</b>																1

\*\*=Altamente significativo con un  $\alpha=0.01$ , \*=Significativo con un  $\alpha=0.05$ , NS= No significativo.



Continuación...

	NEPI	DEEnt	DPInf	DT	LONG	ANH	LH	DAB	DAF	NP	NSP	LP	LS	Lesti	LEsta	REsE
<b>NEPI</b>	1	-0.58 **	0.29 NS	0.35 *	0.31 NS	0.09 NS	0.04 NS	0.15 NS	0.21 NS	0.19 NS	0.18 NS	-0.19 NS	0.19 NS	0.52 **	0.17 NS	0.52 **
<b>DEEnt</b>		1	0.25 NS	-0.24 NS	-0.06 NS	-0.02 NS	-0.02 NS	0.12 NS	0.04 NS	-0.55 **	-0.55 **	0.22 NS	-0.09 NS	-0.51 **	0.01 NS	-0.51 **
<b>DPInf</b>			1	0.01 NS	0.18 NS	0.02 NS	-0.04 NS	0.71 **	0.68 **	-0.54 **	-0.53 **	0.31 NS	0.24 NS	0.25 NS	0.31 NS	0.25 NS
<b>DT</b>				1	0.08 NS	0.40 *	0.20 NS	0.08 NS	0.06 NS	-0.05 NS	-0.06 NS	0.13 NS	0.50 **	0.50 **	0.28 NS	0.50 **
<b>LONG</b>					1	-0.25 NS	-0.17 NS	-0.22 NS	-0.34 NS	-0.02 NS	0.00 NS	-0.41 *	-0.23 NS	-0.06 NS	-0.33 NS	-0.06 NS
<b>ANH</b>						1	0.61 **	0.20 NS	0.19 NS	-0.12 NS	-0.14 NS	0.26 NS	0.53 **	0.31 NS	0.11 NS	0.31 NS
<b>LH</b>							1	0.14 NS	0.01 NS	-0.13 NS	-0.13 NS	0.01 NS	0.21 NS	0.14 NS	0.02 NS	0.14 NS
<b>DAB</b>								1	0.82 **	-0.43 *	-0.42 *	0.35 *	0.35 *	0.34 *	0.38 *	0.34 *
<b>DAF</b>									1	-0.44 **	-0.44 **	0.50 **	0.44 **	0.34 *	0.39 *	0.34 **
<b>NP</b>										1	0.99 **	-0.15 NS	-0.09 NS	0.22 NS	-0.15 NS	0.22 NS
<b>NS</b>											1	-0.15 NS	-0.12 NS	0.23 NS	-0.18 NS	0.23 NS
<b>LP</b>												1	0.51 **	0.21 NS	0.28 NS	0.21 NS
<b>LS</b>													1	0.49 **	0.52 **	0.49 **
<b>Lesti</b>														1	0.36 **	1.00 **
<b>LEsta</b>															1	0.36 **
<b>REsE</b>																1

\*\*=Altamente significativo con un  $\alpha=0.01$ , \*=Significativo con un  $\alpha=0.05$ , NS= No significativo.

**Cuadro A2.** Promedios, coeficientes de variación (CV) y diferencia mínima significativa (DMS) en características agronómicas y fenológica de 30 poblaciones de jitomate procedentes del Centro, Sur y Sureste de México, cuatro líneas derivadas y un cv. comercial.

Población	NEPI	DT	LONG	Gper	LP	LS	Lesti	DMFr
Yc	11	1.53	193.33	6.59	16.9	14.33	10.87	150
Ya	11	1.62	202.69	4.52	17.41	13.84	10.11	157
Pa	11	1.5	236.5	4.43	15.89	12.92	10.61	141
PH-b	11	1.82	226.83	3.47	15.79	13.82	9.98	129
PH-e	11	1.6	248.33	4.83	14.22	11.5	10.25	143
Gre	10	1.72	206.72	5.82	18.69	19.17	10.79	166
Yd	10	1.77	215.31	6.23	18.33	14.86	10.63	163
Grb	10	1.58	198.94	4.45	14.85	12.51	9.74	158
Gra	10	1.52	197.75	4.38	16	14.33	11.19	154
Cd	10	1.54	211.92	5.49	16.42	11.2	9.5	134
Ox5	10	1.77	196.75	4.93	18.16	14.08	12.3	155
Grd	10	1.68	181.83	4.99	18.58	17.5	10.67	154
Ox4	10	1.79	197.75	7.19	18.72	14.75	12.67	148
PH-d	10	1.69	249.42	3.93	15.64	13.72	10.11	138
Ox2	10	1.71	188.19	4.49	18.85	16.43	12.28	157
Cc	10	1.52	207.08	5.47	15.53	12.67	10.17	157
Ox1	10	1.61	191.67	4.03	18.17	16.56	10.55	152
Ye	10	1.66	194.58	3.28	19.41	16.96	10.38	149
Pb	10	1.47	233.58	3.46	16.31	12.7	9.64	148
PH-c	10	1.64	220.67	4.47	15.25	12.97	10.33	148
Yb	10	1.51	182.67	4.98	14.58	10.2	9.69	139
Pe	9	1.27	205.08	4.24	15.2	10.89	9.83	150
Grc	9	1.53	205.06	4.33	16.37	14.49	10.77	149
PH-a	9	1.52	203.25	5.14	14.81	12.39	9.64	145
LD-Mo	9	1.69	211.47	5.79	15.32	11.21	9.23	144
LD-Ma	9	1.5	188.58	5.71	16	13.81	10.08	158
Ox3	9	1.56	166.67	4.64	18.42	11.89	10.56	158
Pc	9	1.45	243.75	4.58	15.53	11.86	9.72	150
Cb	9	1.53	214.17	4.63	14.58	10.75	9.55	136
Pd	9	1.7	247.33	4.54	14.97	12.42	10.03	133
Ce	9	1.49	189.17	8.33	15.5	11.72	9.36	141
Ca	8	1.64	210.83	4.45	16	12.17	9.47	142
LD-Gn	7	1.49	199.33	4.93	17.47	13.19	9.94	145
LD-Y	7	1.53	143.47	5.77	17.22	13.44	8.78	159
K	7	1.5	193.75	6	21.03	14.22	8.59	160
<b>PROMEDIO</b>	9.56 **	1.59 **	205.84 **	4.99 **	16.63 **	13.47 **	10.23 **	148.93 **
<b>CV (%)</b>	13.06	6.04	8.84	25.37	7.45	11.56	5.89	6.13
<b>DMS</b>	4.077	0.3139	59.42	4.129	4.047	5.0834	1.96	29.81

**Cuadro A3.** Promedios, coeficientes de variación (CV) y diferencia mínima significativa (DMS) en Componentes de rendimiento de 30 poblaciones de jitomate procedentes del Centro, Sur y Sureste de México, cuatro líneas derivadas y un cv. comercial.

<b>Población</b>	<b>NFr</b>	<b>PFr</b>	<b>REND</b>
K	25.33	120.88	3053.80
Ox1	36.00	74.75	2710.80
LD-Gn	38.00	71.72	2630.30
Ox2	37.33	64.60	2389.80
Ox3	33.67	65.98	2231.00
LD-Ma	33.00	66.59	2205.10
Ox4	34.67	64.52	2163.80
Cb	42.67	46.33	1976.10
Gra	35.33	54.16	1892.70
Cc	37.67	49.95	1787.60
Ye	22.33	76.79	1738.30
Yc	24.00	71.16	1707.00
Ox5	39.00	43.32	1676.50
Cd	35.33	43.76	1550.30
Yb	32.67	46.97	1545.30
Ya	49.00	44.89	1522.70
Grb	29.67	50.39	1499.80
Ca	34.67	43.31	1489.30
Ce	33.00	43.92	1415.90
LD-Mo	49.33	27.89	1381.50
Yd	19.67	69.49	1342.60
LD-Y	21.67	61.06	1303.60
Grc	28.33	43.54	1214.30
PH-b	108.67	11.52	1181.40
Pd	41.67	20.92	834.80
Pe	41.33	19.61	789.90
Pa	59.33	13.38	784.20
Grd	21.00	35.70	748.80
PH-a	39.00	17.45	680.60
PH-c	33.00	19.67	653.40
Gre	22.33	29.24	634.90
PH-e	63.67	9.35	599.20
Pb	36.33	13.02	479.90
Pc	28.67	15.43	438.10
PH-d	35.00	13.26	403.80
<b>PROMEDIO</b>	37.21 **	44.70 **	1447.35 **
<b>CV (%)</b>	18.66	11.64	19.38
<b>DMS</b>	22.66	16.99	615.68

**Cuadro A4.** Promedios, coeficientes de variación (CV) y diferencia mínima significativa (DMS) en parámetros de color de 30 poblaciones de jitomate procedentes del Centro, Sur y Sureste de México, cuatro líneas derivadas y un cv. comercial.

<b>Población</b>	<b>*a/b*</b>	<b>Lum</b>	<b>°H</b>	<b>Croma</b>
Ox3	<b>0.8383</b>	30.36	0.87	48.48
LD-Ma	<b>0.8130</b>	29.26	0.89	46.60
Pa	<b>0.7873</b>	30.23	0.91	46.83
Yb	<b>0.7850</b>	32.33	0.91	45.63
Ox5	<b>0.7743</b>	28.51	0.91	48.70
Gre	0.7737	33.49	0.91	50.25
Pe	0.7717	30.97	0.91	45.87
Yc	0.7607	33.21	0.92	46.07
Gra	0.7577	35.12	0.92	45.78
Cb	0.7550	29.86	0.93	44.86
Pd	0.7513	31.56	0.93	46.28
Cc	0.7443	30.50	0.93	44.87
Yd	0.7440	32.11	0.93	47.64
Pb	0.7437	31.35	0.93	44.47
Cd	0.7423	31.40	0.93	45.33
LD-Y	0.7373	30.35	0.94	52.23
Ye	0.7327	32.84	0.94	47.71
Ce	0.7170	30.31	0.95	44.56
Pc	0.7163	35.10	0.95	44.05
Ox1	0.7130	32.35	0.95	48.13
Ya	0.7130	33.54	0.95	48.23
PH-c	0.7090	32.11	0.95	45.96
LD-Gn	0.7060	29.91	0.96	50.37
Ox2	0.7033	32.63	0.96	46.09
Grd	0.6980	29.30	0.96	44.51
Grc	0.6833	29.00	0.97	42.63
PH-e	0.6810	26.63	0.97	48.66
PH-a	0.6720	27.60	0.98	46.99
Ca	0.6643	27.50	0.98	47.20
PH-b	0.6620	27.94	0.99	47.34
PH-d	0.6597	28.95	0.99	45.04
Ox4	0.6453	26.56	1.00	46.64
<b>K</b>	<b>0.6337</b>	25.67	1.01	45.25
Grb	0.6060	26.05	1.02	46.04
LD-Mo	0.5970	25.93	1.03	46.94
<b>PROMEDIO</b>	0.7197	** 30.3 **	0.9482	** 46.63 **
<b>CV (%)</b>	5.66	6.77	2.77	3.03
<b>DMS</b>	0.133	6.704	0.0859	4.6183

**Cuadro A5.** Análisis de varianza de características agronómicas y de color evaluadas en 30 poblaciones nativas, cuatro líneas derivadas y un cv. comercial. Montecillo, Estado de México. 2008.

Fuente de Variación	Grado de Libertad	NEPI	DT	LONG	Gper	LP	LS	Lesti	DMFr	NFr
<b>Población</b>	34	3.38 **	0.04 **	1576.29 **	3.29 **	8.24 **	12.4 **	2.38 **	247.19 **	754.21 **
<b>Bloque</b>	5	9.26 **	2.42 **	1611.66 NS	1.97 NS	32.9 **	1.92 NS	0.66 NS	374.06 NS	4.66 NS
<b>Error</b>	68	1.56	0.009	331.46	1.6	1.53	2.42	0.36	83.409	48.23
<b>Total</b>	104									

Continuación...

Fuente de Variación	Grado de Libertad	PFr	REND	a*/b*	L*	°H	CROMA
<b>Población</b>	34	1878 **	1458812.78 **	0.009 **	19.63 **	0.003 **	11.5 **
<b>Bloque</b>	5	7.02 NS	6076.97 NS	0.000 NS	0.23 NS	0.000 NS	0.14 NS
<b>Error</b>	68	27.1	78696.68	0.001	4.21	0.000	2
<b>Total</b>	104						

\*\*=Altamente significativo con un  $\alpha=0.01$ , \*=Significativo con un  $\alpha=0.05$ , NS= No significativo.

**NEPI**= Número de entrenudos hasta la primera inflorescencia, **DT**= Diámetro de tallo (cm), **LONG**= Longitud de la planta hasta el sexto racimo (cm), **Gper**= Grosor de pericarpio (mm), **LP**= Longitud de pétalo (mm), **LS**=Longitud de sépalo (mm), **Lesti**= Longitud del estilo (mm), **DMFr**= Días a la madurez de cosecha. **PFr**=Peso del fruto (g) , **NFr**= Número de frutos producidos por planta, **REND**= Rendimiento por planta (g), **a\*/b\***= Relación de a\* y b\*, **L\***=Luminosidad, **°H**= ángulo de color, **CROMA**=Croma.

**Cuadro A6.** Análisis de varianza de características agronómicas y de color evaluadas en 30 poblaciones nativas, cuatro líneas derivas y un cv. comercial. Montecillo, Estado de México. 2008.

Fuente de Variación	Grado de Libertad	NEPI	DT	LONG	Gper	LP	LS	Lesti	DMFr	NFr
<b>Región</b>	6	10.75 **	0.07 **	5254.01 **	4.71 *	22.24 **	29.43 **	8.86 **	600.02 **	1345.42 **
<b>Población</b>	4	1.8 **	0.03 **	788.21 **	2.99 *	5.24 **	8.75 **	1 **	171.58 **	627.54 **
<b>Reg*Pob</b>	24	3.71 **	0.17 **	1578.26 **	3.22 **	9.58 **	11.82 **	2.29 **	254.24 **	712.54 **
<b>Error</b>	80	1.56	0.009	331.46	1.6	1.53	2.42	0.36 **	83.4 **	48.23 **
Total	104									

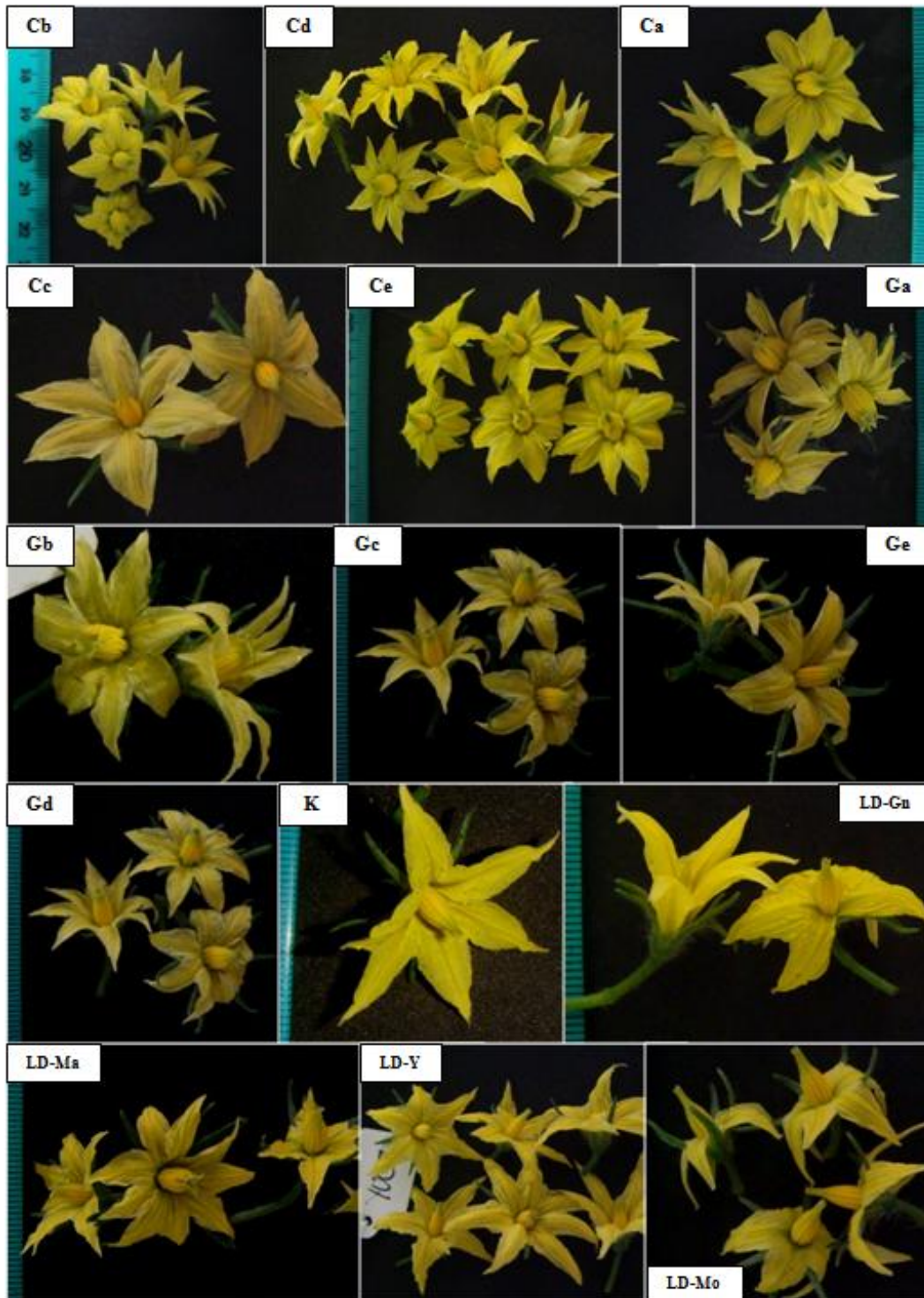
**Continuación...**

Fuente de Variación	Grado de Libertad	PFr	REND	a*/b*	L*	°H	CROMA
<b>Región</b>	6	7416.14 **	5863969.57 **	0.012 **	40 **	0.005 **	18.44 **
<b>Población</b>	4	690.83 **	514850.61 **	0.008 **	15.3 **	0.003 **	10.04 **
<b>Reg*Pob</b>	24	1773.1 **	1378105.23 **	0.008 **	18.55 **	0.003 **	10.89 **
<b>Error</b>	80	27.1 **	78696.68 **	0.001	4.21	0.006	2
Total	104						

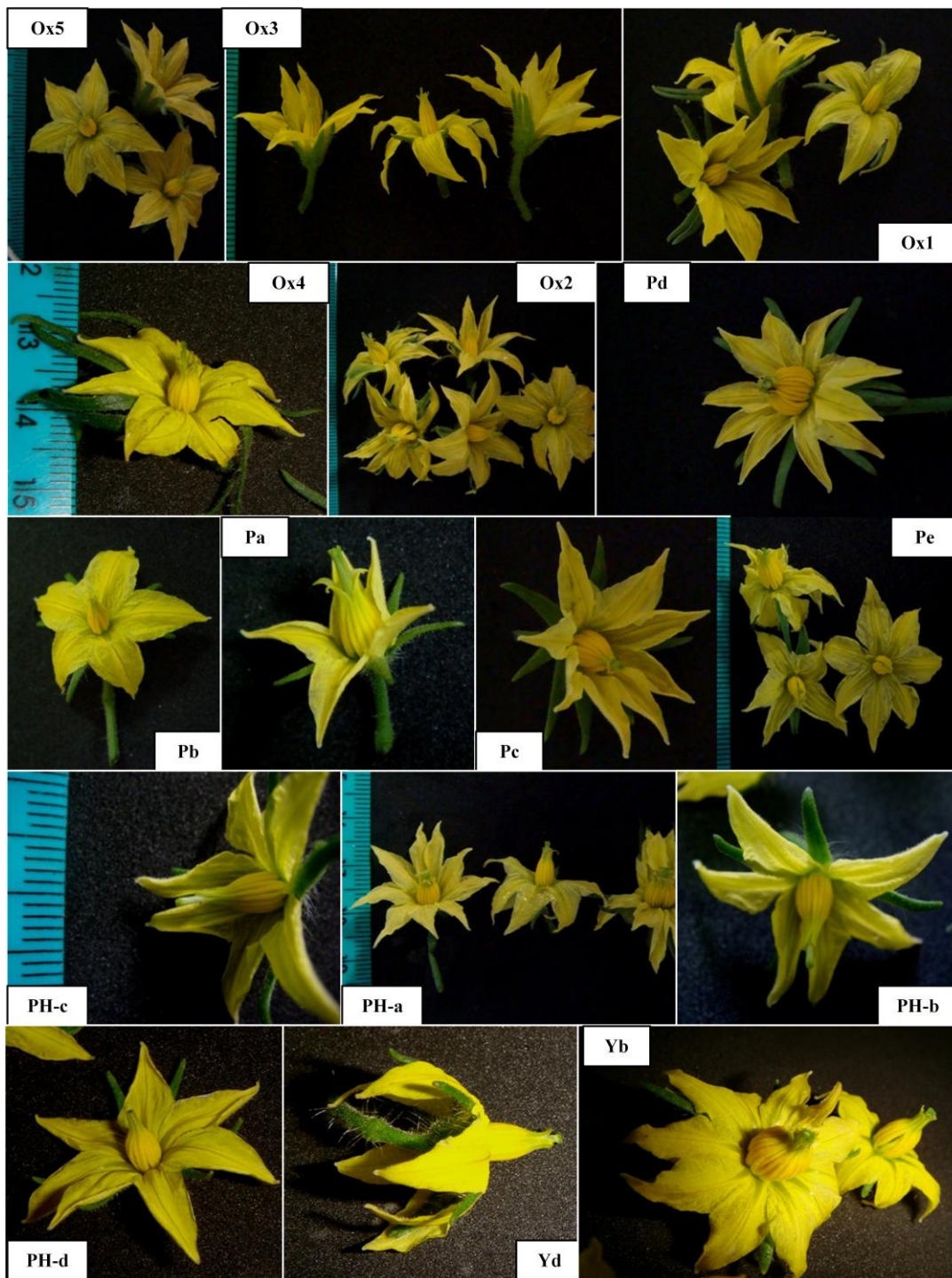
\*\*=Altamente significativo con un  $\alpha=0.01$ , \*=Significativo con un  $\alpha=0.05$ , NS= No significativo.

**NEPI**= Número de entrenudos hasta la primera inflorescencia, **DT**= Diámetro de tallo (cm), **LONG**= Longitud de la planta hasta el sexto racimo (cm), **Gper**= Grosor de pericarpio (mm), **LP**= Longitud de pétalo (mm), **LS**=Longitud de sépalo (mm), **Lesti**= Longitud del estilo (mm), **DMFr**= Días a la madurez de cosecha. **PFr**=Peso del fruto (g) , **NFr**= Número de frutos producidos por planta, **REND**= Rendimiento por planta (g),**a\*/b\***= Relación de a\* y b\*, **L\***=Luminosidad, **°H**= ángulo de color, **CROMA**=Croma.

**Figura A7.** Estructura reproductivas de 30 poblaciones nativas, cuatro líneas derivadas y un cv. comercial de jitomate. Montecillo, Estado de México. 2008.



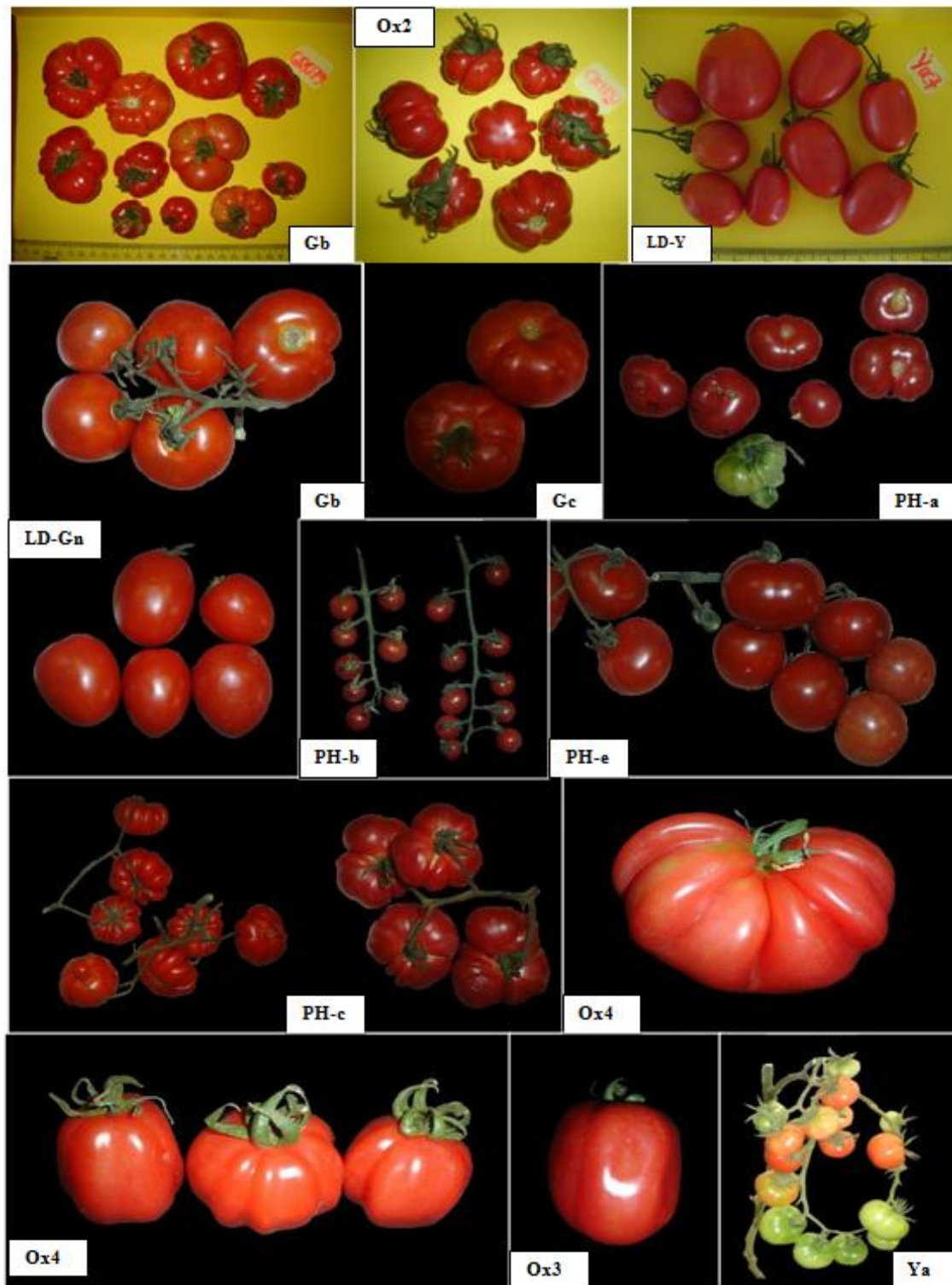
Continuación...



Poblaciones nativas de jitomate de la Sierra Norte de Puebla (**Pa, Pb, Pc, Pd, Pe**), Campeche (**Ca, Cb, Cc, Cd, Ce**), Yucatán (**Ya, Yb, Yc, Yd, Ye**), Oaxaca (**Ox1, Ox2, Ox3, Ox4, Ox5**), Guerrero (**Ga, Gb, Gc, Gd, Ge**) y de la región Puebla-Hidalgo (**PH-a, PH-b, PH-c, PH-d, PH-e**), cuatro líneas derivadas (**LD-Y, LD-Ma, LD-Gn, LD-Mo**) y la variedad comercial Caimán® (**K**).



**Figura A8.** Frutos de poblaciones nativas, líneas derivadas y un cv. comercial de jitomate. Montecillo, Estado de México. 2008.



Poblaciones nativas de jitomate de, Yucatán (Ya), Oaxaca (Ox2, Ox3, Ox4), Guerrero (Gb y Gc,) y de la región Puebla-Hidalgo (PH-a, PH-b, PH-c, PH-e), líneas derivadas (LD-Gn y LD-Y).