



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
GENÉTICA

VALORACIÓN AGRONÓMICA Y DE CALIDAD DE FRUTO EN POBLACIONES NATIVAS DE JITOMATE MEXICANO

IGNACIO DARÍO FLORES SÁNCHEZ

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO EDO. DE MÉXICO
2012

La presente tesis titulada: **Valoración agronómica y de calidad de fruto en poblaciones nativas de jitomate mexicano** realizada por el alumno: **Ignacio Dario Flores Sánchez**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

GENÉTICA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



DR. PORFIRIO RAMÍREZ VALLEJO

ASESOR



DR. CRESCENCIANO SAUCEDO VELÓZ

ASESOR



M.C. JULIO ARTURO ESTRADA GÓMEZ

ASESOR



DRA. MARIA NICOLASA RODRÍGUEZ GARCÍA

Montecillo, Texcoco, Estado de México, de 2012

RESUMEN
VALORACIÓN AGRONÓMICA Y DE CALIDAD DE FRUTO EN POBLACIONES
NATIVAS DE JITOMATE MEXICANO

Ignacio Darío Flores Sánchez, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2012

México cuenta con una amplia diversidad en recursos fitogenéticos de poblaciones nativas de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). El objetivo de la investigación fue evaluar la variabilidad morfológica en estado de plántula, características agronómicas relevantes y calidad de fruto, de 18 poblaciones nativas cultivadas en invernadero e hidroponía, provenientes de siete estados de la República y de la región Puebla-Hidalgo; como testigo se utilizó el jitomate comercial Sun-7705 (Nunhems[®], tipo saladette). Se realizó en dos ciclos, en el primero, se evaluaron características morfológicas en plántula, con base en nueve grupos de origen. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con cinco repeticiones. Los datos se analizaron mediante componentes principales, encontrándose una amplia variabilidad, siendo largo de raíz y de vástago, materia seca, diámetro de tallo y número de nudos, las características que contribuyeron a la explicación de la variación. En el segundo ciclo, se evaluaron características agronómicas relevantes y calidad de fruto. Se utilizó un diseño experimental en bloques al azar con tres repeticiones. Las plantas se regaron con solución nutritiva Steiner. Durante el desarrollo del cultivo se evaluaron cuatro características de planta, cinco de fruto y tres fenológicas. Para el análisis de calidad se cosecharon diez frutos por repetición, en etapa madura con color rojo uniforme, determinándose firmeza, sólidos solubles totales, pH, acidez titulable, color y licopeno. Para el análisis de los datos se realizó análisis de varianza y una prueba de Tukey. Se encontró que algunas poblaciones nativas mostraron un comportamiento similar e inclusive superior a Sun-7705, en la mayoría de las variables agronómicas y de calidad de fruto evaluadas.

Palabras clave: *Lycopersicon esculentum* Mill., diversidad genética, calidad de fruto, invernadero, hidroponía.

ABSTRACT

ASSESSMENT OF AGRONOMIC TRAITS AND FRUIT QUALITY IN LANDRACES OF MEXICAN TOMATO

Ignacio Darío Flores Sánchez, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2012

Mexico has a wide diversity of genetic resources in tomato landraces (*Lycopersicon esculentum* Mill.). The aim of this study was to evaluate the morphological variability at seedling stage, the agronomic relevant characteristics and fruit quality of 18 tomato landraces under greenhouse and hydroponics conditions; these landraces came from seven States of the Mexican Republic and one from the Puebla-Hidalgo region. A commercial saladette tomato hybrid was used as control (Sun-7705, Nunhems®). This investigation was carried out in two growing seasons. In the first season morphological traits were evaluated at seedling stage based on nine groups of origin. A randomized complete design was used with five replications. The data were analyzed using principal components. A wide variability was found, root length, stem length, dry matter, stem diameter and number of nodes were the characteristics with largest contribution of variation. In the second season, agronomic relevant characteristics and quality of fruit were evaluated. A randomized complete block design was used with three replications. The plants were irrigated with the Steiner nutrient solution. Plant, fruit and phenological characteristics were evaluated. Quality analysis was performed in ten fruits per replication at the stage of commercial maturity with uniform red color, evaluating firmness, total soluble solids, pH, titratable acidity, color and lycopene. Results showed that several landraces had similar and even superior performance compared to the control, Sun-7705, in most of the agronomic and fruit quality characteristics evaluated.

Key words: *Lycopersicon esculentum* Mill., genetic diversity, fruit quality, greenhouse, hydroponics.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por su apoyo otorgado para la realización de mi posgrado.

Al Colegio de Postgraduados por las facilidades otorgadas para efectuar mis estudios de posgrado.

Al Proyecto Valoración Integral de la Diversidad de Poblaciones Nativas de Jitomate Mexicano

CONTENIDO

RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
ÍNDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL	1
OBJETIVOS.....	2
HIPÓTESIS.....	2
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
LITERATURA CITADA.....	23
CAPÍTULO II. VARIACIONES MORFOLÓGICAS EN PLÁNTULAS DE ACERVOS NATIVOS DE JITOMATE MEXICANO	29
RESUMEN.....	29
INTRODUCCIÓN.....	30
MATERIALES Y MÉTODOS.....	31
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
CONCLUSIONES.....	40
LITERATURA CITADA.....	41
CAPÍTULO III. EVALUACIÓN DE CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS RELEVANTES EN POBLACIONES NATIVAS DE JITOMATE MEXICANO	43
RESUMEN.....	43
INTRODUCCIÓN.....	44
MATERIALES Y MÉTODOS.....	46
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	49
CONCLUSIONES.....	66
LITERATURA CITADA.....	67

CAPÍTULO IV. CALIDAD DE FRUTO DE POBLACIONES NATIVAS DE JITOMATE MEXICANO	70
RESUMEN	70
INTRODUCCIÓN.....	71
MATERIALES Y MÉTODOS.....	72
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	75
CONCLUSIONES.....	84
LITERATURA CITADA	85
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN GENERAL	88
LITERATURA CITADA	92
ANEXOS	¡Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
CAPÍTULO I	
Cuadro 1.1. Cambio de color durante la maduración del fruto.	16
CAPÍTULO II	
Cuadro 2.1.- Características cuantitativas evaluadas en plántulas de 18 acervos nativos de jitomate mexicano y el híbrido comercial Sun-7705.	33
Cuadro 2.2. Valores propios y proporción de la varianza explicada en el análisis de componentes principales, para características de plántulas de 18 acervos nativos de jitomate y el híbrido comercial Sun-7705.	34
Cuadro 2.3. Vectores propios de los primeros tres componentes principales para características de plántulas de 18 acervos nativos de jitomate y el híbrido comercial Sun-7705.	34
Cuadro 2.4. Correlación entre las características originales de plántulas de 18 acervos nativos de jitomate y el híbrido comercial Sun-7705,y los primeros tres componentes principales.	35
Cuadro 2.5.- Número de nudos de acervos nativos de jitomate mexicano y el híbrido comercial Sun-7705.	37
Cuadro 2.6.- Largo de hoja y ancho de hoja de acervos nativos de jitomate mexicano y el híbrido comercial Sun-7705.	38

CAPÍTULO III

Cuadro 3.1. Caracteres cuantitativos evaluados en 18 poblaciones nativas de jitomate y en el híbrido comercial Sun-7705.	47
Cuadro 3.2. Significancias estadísticas de caracteres cuantitativos evaluados en 18 poblaciones nativas de jitomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.) y en el híbrido comercial Sun-7705.	50
Cuadro 3.3. Coeficientes de correlación de 11 características evaluadas en poblaciones nativas de jitomate mexicano y en el híbrido comercial Sun-7705.	54

CAPÍTULO IV

Cuadro 4.1. Significancias estadísticas para las variables evaluadas en fruto de 18 poblaciones nativas de jitomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.) y un híbrido comercial Sun-7705.	75
---	----

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
CAPÍTULO I	
Figura 1.1. Diagrama de cromaticidad del espacio de color L*a*b*.	15
Figura 1.2. Diagrama de cromaticidad del espacio de color L*C*h*.	16
CAPÍTULO II	
Figura 2.1. Dispersión de los 18 acervos nativos de jitomate mexicano y el híbrido comercial Sun-7705, con base en los componentes principales 1: LARA = Largo de raíz, NUN = Número de nudos, LAVA = Largo de vástago; y componente 2: MSV = Materia seca de vástago, MSR = Materia seca de raíz.	36
Figura 2.2. Largo de raíz y largo de vástago de ocho grupos de acervos nativos de jitomate mexicano y el híbrido comercial Sun-7705. †Valores con diferente letra son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).	37
Figura 2.3. Materia seca de raíz y materia seca de vástago de ocho grupos de acervos nativos de jitomate mexicano y el híbrido comercial Sun-7705. †Valores con diferente letra son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).	38
Figura 2.4. Diámetro de tallo de ocho grupos de acervos nativos de jitomate mexicano y el híbrido comercial Sun-7705. †Valores con diferente letra son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).	39
CAPÍTULO III	
Figura 3.1. Altura de planta de poblaciones nativas de jitomate mexicano y un híbrido comercial Sun-7705.	51
Figura 3.2. Altura al primer racimo de poblaciones nativas de jitomate mexicano y un híbrido comercial Sun-7705.	51

Figura 3.3. Diámetro de tallo de poblaciones nativas de jitomate mexicano y un híbrido comercial Sun-7705.	52
Figura 3.4. Número de hojas de poblaciones nativas de jitomate mexicano y un híbrido comercial Sun-7705.	55
Figura 3.5. Días a floración de poblaciones nativas de jitomate mexicano y un híbrido comercial Sun-7705.	56
Figura 3.6. Días a fructificación de poblaciones nativas de jitomate mexicano y un híbrido comercial Sun-7705.	56
Figura 3.7. Días a cosecha de poblaciones nativas de jitomate mexicano y un híbrido comercial Sun-7705.	57
Figura 3.8. Tipos de frutos de poblaciones nativas de jitomate mexicano y un híbrido comercial Sun 7705.	58
Figura 3.9. Rendimiento de poblaciones nativas de jitomate mexicano tipo pimienta y saladette, y un híbrido comercial Sun-7705.	59
Figura 3.10. Peso promedio de frutos de poblaciones nativas de jitomate mexicano tipo pimienta y saladette, y un híbrido comercial Sun-7705.	60
Figura 3.11. Largo de fruto y ancho de fruto de poblaciones nativas de jitomate mexicano tipo pimienta y saladette, y un híbrido comercial Sun-7705.	60
Figura 3.12. Frutos por racimo de poblaciones nativas de jitomate mexicano tipo pimienta y saladette, y un híbrido comercial Sun-7705.	61
Figura 3.13. Rendimiento de poblaciones nativas de jitomate mexicano tipo riñón y bola.	62
Figura 3.14. Peso promedio de frutos de poblaciones nativas de jitomate mexicano tipo riñón y bola.	62
Figura 3.15. Largo de fruto y ancho de fruto de poblaciones nativas de jitomate mexicano tipo riñón y bola.	63
Figura 3.16. Frutos por racimo de poblaciones nativas de jitomate mexicano tipo riñón y bola.	63
Figura 3.17. Rendimiento de poblaciones nativas de jitomate mexicano tipo cherry.	64
Figura 3.18. Peso promedio de fruto de poblaciones nativas de jitomate mexicano tipo cherry.	64
Figura 3.19. Largo de fruto y ancho de fruto de poblaciones nativas de jitomate mexicano tipo cherry.	65
Figura 3.20. Frutos por racimo de poblaciones nativas de jitomate mexicano tipo cherry.	65

CAPÍTULO IV

Figura 4.1. Firmeza de poblaciones nativas de jitomate mexicano y un híbrido comercial Sun-7705.	76
Figura 4.2. pH de poblaciones nativas de jitomate mexicano y un híbrido comercial Sun-7705.	77
Figura 4.3. Sólidos Solubles Totales (°Brix) de poblaciones nativas de jitomate mexicano y un híbrido comercial Sun-7705.	78
Figura 4.4. Acidez titulable de poblaciones nativas de jitomate mexicano y un híbrido comercial Sun-7705.	78

Figura 4.5. Índice de madurez de poblaciones nativas de jitomate mexicano y un híbrido comercial Sun-7705.	79
Figura 4.6. Luminosidad en frutos de poblaciones nativas de jitomate mexicano y un híbrido comercial Sun-7705.	80
Figura 4.7. Croma en frutos de poblaciones nativas de jitomate mexicano y un híbrido comercial Sun-7705.	80
Figura 4.8. Ángulo Hue en frutos de poblaciones nativas de jitomate mexicano y un híbrido comercial Sun-7705.	81
Figura 4.9. Contenido de licopeno en frutos de poblaciones nativas de jitomate mexicano y un híbrido comercial Sun-7705.	82
Figura 4.10. Color del fruto de jitomate en el espacio de color L*a*b*. Poblaciones con el mayor y menor valor de °Hue y un híbrido comercial Sun-7705.	83
Figura 4.11. Poblaciones nativas y un híbrido comercial Sun-7705, con tendencia a un color anaranjado (rojo-amarillo).	83
Figura 4.12. Poblaciones nativas con tendencia a un color rojo (no se muestra imagen de Mal-49).	84

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL

El jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es la hortaliza más importante en numerosos países (Nuez, 2001), cuya área de cultivo se ha incrementado en 38% y la producción en 42% en los últimos 10 años (Labate *et al.*, 2007). La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), indica que a nivel mundial los principales países productores de jitomate son: China, Estados Unidos, Turquía e India. México por el volumen de producción (2 936 773 ton) se ubicó en el décimo lugar en 2008 (FAOSTAT, 2010; datos actualizados al 2 de septiembre del 2010). En términos de volumen y valor, el jitomate y sus derivados son el principal producto hortícola de exportación y el sostén principal de la estructura productiva y comercial de este sector, en nuestro país; además, representa una de las fuentes de empleo rural más importantes en México (Manrubbio *et al.*, 1995). El jitomate es consumido en fresco o procesado en diferentes formas (Labate *et al.*, 2007). Las tendencias modernas de comer en forma saludable han incrementado la popularidad del jitomate, por ser un mayor contribuyente de fito-nutrientes a la dieta. El fruto es particularmente rico en antioxidantes como licopeno, β - caroteno (el cual también actúa como provitamina A) y vitamina C; también, aporta otros antioxidantes como vitamina E y diversos compuestos fenólicos (Grierson y Kader, 1986; Tucker *et al.*, 2007; Labate *et al.*, 2007). No obstante la importancia del cultivo, se carece de variedades específicas para el país y en su lugar se utilizan cultivares extranjeros (Ramos *et al.*, 2006). México cuenta con una amplia diversidad en recursos fitogenéticos de poblaciones nativas de jitomate. Diversos estudios han mostrado que estas poblaciones presentan una calidad de fruto y un comportamiento agronómico similar e incluso superior a las variedades mejoradas, condición que podría representar un amplio potencial para su aprovechamiento comercial o como fuentes de genes para el mejoramiento de cultivares (Ruiz *et al.*, 2006; Juárez-López *et al.*, 2009; Ramírez, 2010). Sin embargo, en muchas regiones estos recursos enfrentan un grave riesgo de erosión genética al ser poco apreciado y es sustituido por cultivares mejorados (Ortiz, 1978; Rodríguez *et al.*, 2009). Por lo anterior, con el fin de fortalecer el conocimiento acerca del comportamiento agronómico y de las propiedades organolépticas de fruto, así como identificar poblaciones nativas sobresalientes, se llevó a cabo la presente investigación cuyo objetivo fue valorar con una perspectiva agronómica y de calidad de fruto 18 poblaciones nativas de jitomate mexicano, cultivadas en invernadero e hidroponía.

OBJETIVOS

General

Evaluar con base en características agronómicas relevantes y de calidad interna y externa del fruto, poblaciones nativas de jitomate mexicano cultivadas en condiciones protegidas e hidroponía.

Específicos

Evaluar la diversidad morfológica en etapa de plántula de 18 poblaciones nativas de jitomate mexicano.

Evaluar 18 poblaciones nativas de jitomate, cultivadas en condiciones protegidas e hidroponía, con base en características agronómicas relevantes y potencial productivo.

Evaluar la calidad interna y externa del fruto de 18 poblaciones nativas de jitomate, cultivadas en condiciones protegidas e hidroponía.

HIPÓTESIS

Poblaciones nativas de jitomate provenientes de Oaxaca, Guerrero, Campeche, Yucatán, Puebla, región Puebla-Hidalgo, Estado de México y Guanajuato presentan diferencias en potencial productivo, características agronómicas, así como, en y calidad interna y externa de fruto.

Las poblaciones nativas son superiores a las variedades comerciales en rendimiento y calidad.

REVISIÓN DE LITERATURA

Importancia económica y social del cultivo

El jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es una hortaliza importante en numerosos países, cuya popularidad aumenta constantemente. En la actualidad el cultivo es de importancia económica en todo el mundo (Nuez, 2001). A nivel mundial el área de cultivo de jitomate se ha incrementado en 38% y la producción en 42% en los últimos 10 años (Labate *et al.*, 2007).

Los principales países productores de jitomate son China, Estados Unidos, Turquía y la India; con volúmenes de producción del orden de 33 911 702, 13 718 171, 10 985 355 y 10 303 000 toneladas, respectivamente (FAOSTAT, 2010; datos actualizados al 2 de septiembre del 2010).

México ocupó el décimo lugar entre los países productores en 2008, con una producción de 2 936 773 ton, un área cosechada de 101 784 ha y un rendimiento de 28.85 ton/ha (FAOSTAT, 2010; datos actualizados al 2 de septiembre del 2010). El Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2009), identifica las siguientes ocho categorías de jitomate: saladette (1 164 807.04 ton); bola (175 714.46 ton); exportación (292 903.21 ton); cherry (55 365.64 ton); orgánico (28 167.77 ton); invernadero (276 933.13 ton); industrial (31 577.00 ton) y Río Grande (18 346.30 ton).

En términos de valor y volumen, el jitomate y sus derivados son el principal producto hortícola de exportación y el sostén principal de la estructura productiva y comercial de este sector en el país. Además representa una de las fuentes de empleo rural más importantes en México, dado el carácter intensivo en el uso de mano de obra que lo caracteriza (Manrubbio *et al.*, 1995).

En el Censo General de Población y Vivienda de 1990, se indica que la Población Económicamente Activa (PEA) en México es de 23.4 millones de personas, de las cuales 5 millones (22%) laboran en trabajos agropecuarios. Se estima que en la producción de jitomate se emplean aproximadamente 172 289 trabajadores para el cultivo de 75 mil hectáreas, lo que representa un 3.3 % de la PEA empleada en el sector agropecuario. Estas cifras son evidencia de

la gran importancia que reviste el cultivo del jitomate en la generación de empleo en el medio rural (Manrrubio *et al.*, 1995).

Adicionalmente el SIAP (2009) menciona que tanto el cultivo como la cosecha y comercialización de jitomate generan 72 mil empleos directos y aproximadamente 10.7 millones de empleos indirectos.

El jitomate es consumido como fruta fresca, en ensaladas, como ingredientes en diversas recetas, o en forma de diversos productos procesados ya sea como pastas, jitomates totalmente pelados, cortados en cubos o en varias formas de jugos y sopas (Labate *et al.*, 2007). El consumidor nacional da importancia a características del fruto como color rojo intenso, sabor, consistencia, duración y tamaño medio. (Manrrubio *et al.*, 1995).

Las tendencias modernas para comer en forma saludable, y el aumento de conciencia del consumidor han incrementado la popularidad del jitomate. El fruto es particularmente rico en antioxidantes como licopeno, β - caroteno (el cual también actúa como provitamina A) y vitamina C; y también aporta otros antioxidantes como vitamina E y diversos compuestos fenólicos. De las cualidades que posee el jitomate, el contenido de licopeno ha recibido especial atención en años recientes, debido a la capacidad de esta sustancia para ayudar a proteger el cuerpo humano contra radicales libres mutagénicos (Tucker *et al.*, 2007).

Diversidad genética de jitomate

Las especies domesticadas representan una pequeña fracción de la variabilidad disponible que se encuentra dentro de sus parientes silvestres (Fridman *et al.*, 2000). La especie ancestral del jitomate se originó en el oeste de Sudamérica, desde Chile a través de la región montañosa de los Andes, la extensión costera en Perú y hasta Ecuador en el norte (Tucker *et al.*, 2007). Otros parientes silvestres se encuentran en las Islas Galápagos (Muller, 2007).

El jitomate común (*Lycopersicon esculentum* Mill.) pertenece a la familia de las *Solanaceas* y al género *Lycopersicon*. Éste tiene una estrecha relación con el género *Solanum*, por lo que en un tiempo se consideró que el jitomate común pertenecía a este género. De hecho Linnaeus

originalmente clasificó el jitomate como *Solanum lycopersicon* pero ahora cada uno se considera que pertenecen a un género separado con base en diferencias en el tipo de hoja y dispersión del polen de las anteras (Muller, 2007).

El género *Lycopersicon* engloba ocho especies silvestres (*L. peruvianum*, *L. hirsutum*, *L. chilense*, *L. pennellii*, *L. chmielewskii*, *L. parviflorum*, *L. cheesmanii* y *L. pimpinellifolium*) y una cultivada (*L. esculentum*), todas ellas diploides ($2n=24$ cromosomas) (Nuez, 2001). Aunque, diferentes criterios aplicados en la clasificación de las especies silvestres de jitomate, han llevado a muchas discrepancias en su taxonomía (Peralta y Spooner, 2000).

Müller (1940) y Luckwill (1943), citados por Peralta y Spooner (2001), plantearon individualmente una clasificación taxonómica. El primer autor, consideró a *Lycopersicon* como un género distinto y dividido en dos subgéneros: *Eulycopersicon* C. H. Müll., con dos especies que presentan frutos glabros con colores que van desde el rojo al anaranjado, semillas planas, inflorescencias sin brácteas y hojas sin pseudoestípulas; y *Eriopersicon* C. H. Müll., con cuatro especies con frutos verdes pubescentes, semillas gruesas, inflorescencias con brácteas, y hojas usualmente con pseudoestípulas. Por el contrario Luckwill adoptó las mismas categorías supraespecíficas pero reconoció diferentes taxones intraespecíficos y cinco especies en el subgénero *Eriopersicon*.

Por otro lado Muller (2007) hace referencia a la clasificación planteada por Charles M. Rick, en el que divide las especies de jitomate en dos complejos, de acuerdo a su habilidad para cruzarse con el jitomate común *Lycopersicon esculentum*.

El primer complejo, *L. esculentum*, consiste de seis especies relativamente fáciles de cruzar con el jitomate común. La mayoría, con excepción de *L. hirsutum* f. *typicum* y *L. pennellii*, son auto-compatibles; presentan flores amarillas y los estambres están unidos para producir una antera en forma de cono, los frutos varían dependiendo de las especies.

Complejo, *Lycopersicon esculentum*:

- *L. esculentum*
 - *L. esculentum* var. *cerasiforme*
 - *L. esculentum* var. *grandifolium*
 - *L. esculentum* var. *pyriforme*
 - *L. esculentum* var. *validium*
- *L. pimpinellifolium*
- *L. cheesmanii*
 - *L. cheesmanii* f. *minor*
- *L. parviflorum*
- *L. chmielewskii*
- *L. hirsutum* f. *typicum*
 - *L. hirsutum* f. *glabratum*
- *L. pennellii*

El segundo complejo, *L. peruvianum*, consiste de dos especies muy diversas las cuales se hibridan con gran dificultad. Ambas ocupan ambientes únicos. Estas dos especies representan una gran cantidad de características las cuales son potencialmente valiosas para las formas cultivadas. Sus frutos son verdes y en su mayoría son auto-incompatibles. Estas especies han sido limitadas en su utilidad para las formas cultivadas debido a varias barreras que presentan en la transferencia sexual (mejoramiento convencional).

Complejo, *Lycopersicon peruvianum*:

- *Lycopersicon chilense* Dun.
- *Lycopersicon peruvianum* (L.) Mill.

Las especies silvestres se pueden encontrar en una variedad de hábitats, desde las costas áridas del Pacífico hasta las tierras altas y húmedas en los Andes, en donde se encuentran aisladas y adaptadas a condiciones particulares microclimáticas y de suelo; condiciones que han

contribuido a la diversidad del jitomate silvestre (Peralta y Spooner, 2000; Peralta *et al.*, 2006). Todas tienen intervalos bien definidos de distribución, con excepción de *L. esculentum* var. *cerasiforme*, que es la única especie encontrada fuera del área de distribución del género (Esquinas, 1981).

L. esculentum, nativo de Ecuador y Perú, es una especie generalizada en América que se encuentra en un amplio rango de hábitats. *L. cheesmanii* es endémica de las Islas Galápagos, en zonas salinas cercanas al mar. *L. pimpinellifolium* es nativa del Sur de Ecuador y Perú, en zonas costeras usualmente por debajo de los 1000 m, en el extremo occidental de los valles fluviales del lado del Pacífico. *L. chmielewskii*, se encuentra desde los 1500 a los 3000 m.s.n.m. sobre el Pacífico y en la zona Centro-Sur de Perú, en hábitats húmedos. *L. chilense*, se encuentra desde el nivel del mar hasta los 3000 m, en regiones que van desde el Sur de Perú hasta el Norte de Chile, es simpátrica con *L. peruvianum* y crece en los lechos secos de los ríos. *L. peruvianum*, se encuentra en un amplio rango de ambientes, del Norte de Perú al Norte de Chile, desde el nivel del mar hasta los 3000 m. *L. pennellii* se encuentra desde la zona Centro-Norte en el Centro-Sur de Perú, en hábitats calientes y secos, crece desde los 500 hasta los 1500 m.s.n.m., en ambiente de fuerte rocío (Peralta y Spooner, 2000). *L. parviflorum* es una especie nativa de las regiones de Perú, le favorecen las áreas próximas a los arroyos. *L. hirsutum* es nativa de Perú y de la zona Sur de Ecuador, a menudo se encuentra en los valles de los ríos a altas elevaciones, entre 1800 y 3 300 m.s.n.m. (Muller, 2007).

El centro de domesticación de *Lycopersicon* es muy probable que haya sucedido en México, debido a que aún no hay evidencias de su cultivo en épocas precolombinas en el Sur de América (Jenkins, 1948); además no se han encontrado representaciones del jitomate o de partes de la planta en restos arqueológicos en la zona de los Andes (Esquinas, 1981). Una comparación de las variantes enzimáticas heredables revelan una similitud mucho mayor entre las antiguas variedades domésticas europeas, las variedades domésticas primitivas y los jitomates silvestres de México y América Central, que entre las variedades domésticas europeas y las plantas primitivas de la región andina (Rick, 1978).

En muchos cultivos el proceso de domesticación trae consigo una reducción en la diversidad genética (Labate *et al.*, 2007). La domesticación del jitomate experimentó un severo cuello de botella cuando el cultivo fue traído desde los Andes a la América central, y desde ahí hasta Europa. Este proceso inicial de domesticación fue, en parte, alcanzado por la selección de genotipos preferidos en el germoplasma existente (Bai y Lindhout, 2007), diferenciando a las especies domesticadas de sus ancestros silvestres por sus características morfológicas y fisiológicas (Frary y Doganlar, 2003).

Rasgos tales como hábitos de desarrollo compactos, reducción o pérdida de la capacidad de dispersión de la semilla, pérdida de la inhibición de la germinación y gigantismo, pudieron haber sido seleccionados (Tanksley y McCouch, 1997; Frary y Doganlar, 2003).

Rick (1978), menciona que en el proceso de domesticación la deriva genética y la selección fueron acompañadas por una secuencia de modificaciones en la estructura floral. Como sus antecesoras silvestres, las variedades latinoamericanas tenían, generalmente, estigmas sobresalientes que facilitaban la polinización cruzada. La selección para mejorar el cuajado del fruto condicionó probablemente un acortamiento del estilo, tras la introducción de los jitomates en Europa.

De igual manera, Tadmor *et al.* (2002) hacen referencia a una de las posibles explicaciones del cambio en el olor del fruto del jitomate en el proceso de domesticación, al reducir la capacidad para producir altos niveles de fenil-acetaldehído, compuesto que en niveles superiores a 0.005 ppm genera un olor desagradable. Esta característica la relacionaron con un segmento del brazo corto del cromosoma ocho.

Además, durante el proceso de domesticación la selección es usualmente hecha con base en una sola planta y un número reducido de plantas, lo que lleva a que en una especie predominantemente endógama, la variación genética tienda a disminuir inclusive sin selección; estas características han traído como consecuencia que la diversidad genética actual en el jitomate cultivado sea muy estrecha (Bai y Lindhout, 2007).

No obstante, la diversidad en el jitomate tiene una gran importancia, ya que como mencionan Tucker *et al.* (2007) la comunidad del jitomate tiene un excelente paquete de recursos genéticos, contando con una extensa variación que todavía está presente y se encuentra en forma aprovechable en las especies silvestres.

Además de las reservas de germoplasma mejorado, una fuente importante de recursos genéticos se encuentra en las poblaciones nativas. Estas poblaciones han sido sometidas a un largo proceso de modificación genética por la interacción directa con factores bióticos (plagas, enfermedades y malezas), abióticos (salinidad, sequía y otros) y humanos (cultivo, manejo y uso). Esta condición les ha permitido jugar un papel importante en la producción agrícola, particularmente en ambientes marginales donde los cultivares mejorados pierden sus ventajas competitivas (Camacho *et al.*, 2006).

La diversidad encontrada en las poblaciones nativas probablemente se deba a la naturaleza del proceso de selección por parte de los agricultores tradicionales, principalmente mediante selección masal que está enfocada a la búsqueda de adaptación a ambientes locales, físicos, sociales y culturales (Cleveland *et al.*, 1994).

En México *L. esculentum*, incluyendo a la variedad *cerasiforme*, es la única especie encontrada, en la que existe una amplia diversidad de formas silvestres y cultivadas, en las que cada tipo conocido de cultivo puede ser encontrado. Las formas silvestre y cultivada de esta especie son encontradas a través del país en lugares donde la temperatura y el suministro de agua son favorables para su desarrollo. Además, se encuentran muchas formas transicionales entre dicha especie y la variedad *cerasiforme*, así como también dentro de los mismos tipos cultivados. Muchas de estas formas transicionales no han sido encontradas en ninguna otra región. Asimismo, esta riqueza de diversidad genética se extiende también a las formas mutantes; por ejemplo, genes mutantes únicos encontrados en el área de Veracruz son los siguientes: pulpa amarilla, pulpa naranja, piel incolora, forma piriforme del fruto y fruto aplanado. Los primeros dos son relativamente raros, pero los últimos tres son extremadamente comunes (Jenkins, 1948).

Aprovechamiento de la diversidad genética del jitomate

Polese (2007) menciona que el jitomate es el resultado de una larga selección que empezó probablemente de forma empírica con los aztecas, que cultivaban ya esta hortaliza antes de la llegada de los conquistadores. Este mismo autor señala que, hasta principios del siglo XX, las variedades cultivadas se reducían a las importadas de su área natural de distribución, o de mutaciones o hibridaciones naturales; siendo hasta la década de 1920 que en Estados Unidos empezó un verdadero programa de mejora genética del jitomate; y en Europa, hasta la década de 1950.

La finalidad de los programas de mejoramiento públicos y privados de jitomate, varían ampliamente dependiendo del lugar, necesidades y recursos. En general, los objetivos del mejoramiento en jitomate han ido a través de las siguientes cuatro fases: 1. Mejoramiento para la producción en la década de 1970; 2. Para vida de anaquel en los 80's; 3. Para sabor en los 90's; y 4. Para calidad nutricional recientemente (Bai y Lindhout, 2007).

Muchas de estas mejoras se han realizado con la utilización de parientes silvestres del jitomate. Así por ejemplo, algunas de las resistencias a enfermedades, que ahora forman parte de la mayoría de los cultivares comerciales disponibles fueron derivadas de especies relacionadas con *Lycopersicon*. Sin embargo, otras especies pueden proveer otros beneficios potenciales tales como tolerancia al frío o al calor y tolerancia a la salinidad, entre otros aspectos benéficos. Algunas de estas especies se cruzan fácilmente con *L. esculentum*, pero unas pocas tienen barreras de compatibilidad, lo que hace que la transferencia de genes vía sexual sea más difícil (Muller, 2007).

En una comparación de cuatro ecotipos de la especie *Lycopersicon cheesmanii* ssp. Minor (Hook.) C.H. Mull., de las Islas Galápagos con *L. esculentum* Mill. cv. VF 36, en relación a la tolerancia a la salinidad, se encontró que todos los ecotipos fueron mucho más tolerantes al agua marina, mientras que el cultivar VF 36 no sobrevivió a concentraciones superiores del 50% de agua de mar (Rush y Epstein, 1976).

En una evaluación, tanto con cultivares como con parientes silvestres de jitomate para resistencia a *Phytophthora capsici*, Quesada y Hausbeck (2010) encontraron diferencias entre genotipos en el índice de daño provocado por *P. capsici*, sobresaliendo uno de los parientes silvestres (*Solanum habrochaites* accesión LA407), que resultó resistente a todas las cepas aisladas de *P. capsici*; por el contrario, los genotipos Ha7998, Fla7600, Jolly Elf, y Talladega fueron moderadamente resistentes a todas las cepas.

Mitidieri *et al.* (2005) evaluaron dos cultivares y el portainjerto Heman, híbrido interespecífico de *L. hirsutum* y *L. esculentum*, resistente a nematodos y patógenos del suelo en cultivo de jitomate bajo cubierta; encontrando que los cultivares injertados mostraron porcentajes significativamente menores tanto de plantas muertas a los 30 días después del trasplante como de plantas con síntomas de ataque de nematodos, así como mayor rendimiento total y menores descartes por fruto pequeño.

Van der Ploeg *et al.* (2007) evaluaron el efecto de la baja temperatura en el cultivar “Moneymaker” y en los parientes silvestres *L. hirsutum* y *L. pennellii*. El cultivar Moneymaker presentó una reducción más severa en su tasa de crecimiento relativa cuando la temperatura estuvo por debajo de los 20°C, mientras que la tasa de crecimiento relativa de *L. hirsutum* y *L. pennellii* se redujo a temperaturas por debajo de los 16°C; concluyendo que éstas especies silvestres presentan posibilidades para el mejoramiento de la tolerancia a bajas temperaturas.

Adicionalmente, en los últimos años también se tiene como objetivo la mejora del sabor de los frutos, cualidad que durante mucho tiempo ha sido dejada de lado en aras de los imperativos económicos existentes (Polese, 2007).

En este sentido, para identificar materiales útiles para incrementar la calidad interna del fruto de jitomate, Juárez-López *et al.* (2009) evaluaron siete genotipos nativos (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*), denominados JCPRV-05, JCPVR-09, JCPRV-10, JCPRV-43, JCPRV-70, JCPRV-71 y JCPRV-76. Los resultados mostraron que con excepción de la firmeza, los días para alcanzar 7% de pérdida de peso y el pH de frutos, la mayoría de los genotipos nativos superaron

al híbrido comercial (H-790) en los siguientes parámetros de calidad: sólidos solubles totales, acidez titulable, contenidos de licopeno y β -caroteno, y ácido ascórbico.

Ruiz *et al.* (2006) en cultivares tradicionales españoles e híbridos comerciales F1 de jitomate evaluaron el contenido de ácidos orgánicos y azúcares, sodio, potasio y fósforo; así como los niveles de respiración y de producción de etileno y firmeza del fruto. En donde obtuvieron diferencias entre los cultivares y los híbridos en el índice de respiración, producción de etileno, contenidos de fósforo y potasio en el fruto, y diferencias importantes entre los cultivares viejos y modernos en los perfiles de ácidos orgánicos.

Ignatova *et al.* (2008) evaluaron las sustancias bioactivas (caroteno, selenio, vitamina C, licopeno, etc.) en híbridos F1 de jitomate, observando correlaciones inversas entre el peso del fruto con el contenido de vitamina C, selenio, materia seca y acidez; dado que, a menor peso de fruto correspondieron mayores contenidos de vitamina C, selenio, acidez y materia seca.

Características determinantes de la calidad de fruto

La calidad involucra la combinación de atributos o características que tienen significancia en determinar el grado de aceptabilidad del producto para el usuario, y que determina su valor o importancia (Gould, 1974). Cuando el jitomate se destina a la agroindustria, los principales parámetros de calidad son peso seco, sólidos solubles, acidez titulable (equivalente de ácido cítrico), pH, viscosidad (flujo bostwick) y color (Casierra-Posada y Aguilar-Avenidaño, 2008). Por otro lado, desde el punto de vista del consumidor directo la calidad del fruto es evaluada con base a los siguientes tres factores; apariencia física (color, tamaño, forma, defectos e indicios de descomposición), firmeza y sabor (Jones, 1999; Bai y Lindhout, 2007). Por lo que un jitomate de calidad es aquel que se encuentra sano, limpio, entero, sin sabor ni olores extraños, que no es harinoso ni hueco, y que resiste bien el transporte y la manipulación (Rodríguez *et al.*, 1984).

La calidad del jitomate es una característica compleja debido al número de componentes que involucra como son el tamaño, forma, color, firmeza y sabor del fruto, y porque depende tanto de factores genéticos como de las condiciones ambientales y de cultivo y del manejo postcosecha (Labate *et al.*, 2007).

Sabor

El sabor del jitomate está determinado principalmente por los niveles de azúcares y ácidos, de manera que al aumentar los niveles de éstos aumenta también el sabor (Jones y Scott, 1983; Nuez, 2001). Los azúcares glucosa y fructuosa constituyen 65% de los sólidos solubles, mientras que el 35% restante está constituido principalmente por los ácidos cítrico y málico; además de minerales, lípidos y un conjunto de compuestos en bajas concentraciones (Nuez, 2001). El sabor de los frutos de jitomate producidos comercialmente es considerado generalmente pobre. La menor calidad puede ser atribuida a la naturaleza genética de los cultivares y al manejo del cultivo. Hasta el momento, los mejoradores han enfocado sus esfuerzos a características relacionadas con la producción y el manejo, mientras que el sabor del fruto no ha sido una característica con alta prioridad. Sin embargo, existen oportunidades para obtener productos de óptima calidad y hay un particular interés en el uso de marcadores genéticos vinculados a esta y, en particular, al sabor (Tieman *et al.*, 2006).

Color

Entre las características asociadas con la calidad, el color es una de las más importantes (Gould, 1974; Nuez, 2001); ya que el consumidor nota primero el color, y a partir de su observación se generan a menudo ideas preconcebidas acerca de otros factores, tales como el sabor o aroma. El color rojo del fruto del jitomate se debe a cambios en la pigmentación causados por una masiva acumulación de licopeno dentro de los plastidios y por la desaparición de la clorofila, de tal forma que la concentración de licopeno está correlacionada con el grado de maduración del fruto (Went *et al.*, 1942; Young *et al.*, 1993; Fraser *et al.*, 1994; Martínez, 2003;). La biosíntesis de los pigmentos está bajo control genético, y la concentración de licopeno se incrementa significativamente por la actividad de los genes *hp* y *og* (Baláz, 1985, citado por Brandt *et al.*, 2006).

El fruto de jitomate generalmente se consume en su máxima calidad organoléptica, es decir cuando el fruto alcanza por completo el color rojo, pero antes de un ablandamiento excesivo. Por lo tanto, el color es la característica externa más importante en la determinación del punto de maduración y de la vida postcosecha, y es al mismo tiempo un factor determinante en la decisión de compra (Casierra-Posada y Aguilar-Avendaño, 2008).

El color es percibido por el estímulo que ejercen, sobre la retina del ojo humano, las diferentes longitudes de onda que se encuentran dentro de la región visible de la luz. De acuerdo a las diferentes longitudes de onda, los colores están ordenados desde el color violeta (longitud de onda más corta) hasta el rojo (longitud de onda más larga), pasando por el anaranjado, amarillo, verde, azul e índigo. La luz reflejada de un objeto, reconocida como color, es una mezcla de luz de las diferentes longitudes de onda dentro de la región visible (Konica Minolta, 2007).

El ojo humano presenta la dificultad en diferenciar algunos colores de otros, incluso si estos son diferentes. Debido a esto se han hecho intentos para desarrollar métodos que permitan expresar cuantitativamente el color y clasificarlo de una manera fácil y precisa. La Comisión Internacional de Luz y Color (CIE, por sus siglas en francés) desarrolló dos métodos ampliamente conocidos y que se utilizan actualmente por los instrumentos de medición del color. El primero corresponde al espacio de color Yxy (desarrollado en 1931), basado en los valores triestímulos XYZ definido por la CIE; el segundo corresponde al espacio de color $L^*a^*b^*$ (desarrollado en 1976) para proporcionar diferencias de color más uniformes en relación a las diferencias visuales (Konica Minolta, 2007).

El espacio de color $L^*a^*b^*$ fue definido para reducir uno de los mayores problemas presentados en el espacio de color Yxy ; es decir, que iguales distancias sobre el diagrama de cromaticidad x,y no corresponde a iguales diferencias de color percibidas. El espacio de color L^* define la luminosidad del color, mientras que a^* y b^* , se relacionan con el diagrama de cromaticidad. En la Figura 1.1 se muestra el diagrama de cromaticidad a^*,b^* ; en el cual se indican las direcciones de color: $+a^*$ dirección hacia el rojo, $-a^*$ al verde, $+b^*$ al amarillo y $-b^*$ al azul. La parte central indica acromaticidad, y conforme los valores de a^* y b^* incrementan hacia un punto alejado del centro, la saturación o croma se incrementa. Finalmente la luminosidad ubicada en forma perpendicular en el diagrama de cromaticidad, determina la brillantez u opacidad en una escala de 0-100; en donde 0 es totalmente negro y 100, totalmente blanco (Gould, 1974; Konica Minolta, 2007).

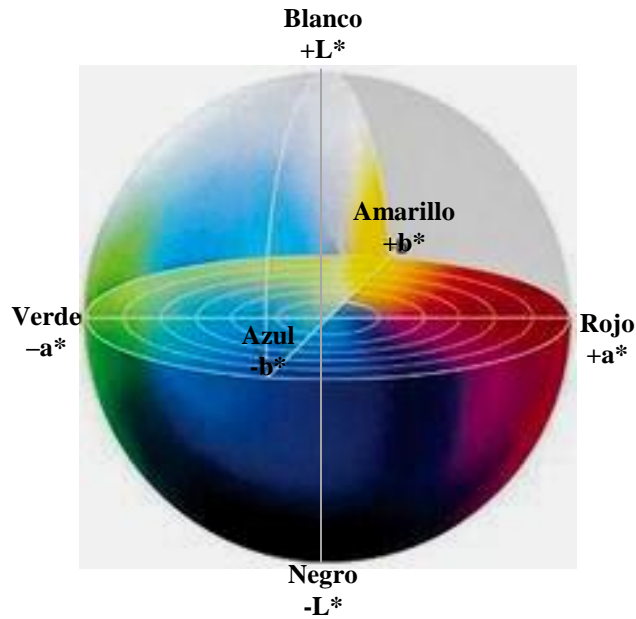


Figura 1.1. Diagrama de cromaticidad del espacio de color $L^*a^*b^*$.

Existe otro espacio de color denominado CIE $L^*C^*h^*$ (Figura 1.2), el cual utiliza el mismo diagrama del espacio de color $L^*a^*b^*$, pero en lugar de utilizar coordenadas rectangulares utiliza coordenadas cilíndricas. L^* indica luminosidad y es el mismo valor que en el espacio de color $L^*a^*b^*$; C^* indica croma y h^* el ángulo $^\circ$ hue. El valor de croma C^* es 0 en el punto central e incrementa de acuerdo a la distancia desde el centro. El ángulo $^\circ$ hue es definido como punto de partida en el eje $+a^*$ y está expresado en grados, en esta escala 0° corresponde al rojo ($+a^*$), 90° al amarillo ($+b^*$), 180° al verde ($-a^*$), y 270° al azul ($-b^*$). Los valores de croma y $^\circ$ hue son calculados mediante las fórmulas: $Croma = \sqrt{a^2 + b^2}$ y $^\circ hue = \tan^{-1}(b/a)$ (Konica Minolta, 2007). De esta manera el color puede ser medido en un espacio tridimensional expresado con base en sus atributos de $^\circ$ hue (color rojo, anaranjado, amarillo, verde, azul, índigo o violeta), Luminosidad (colores brillantes y oscuros) y Croma (Saturación del color).

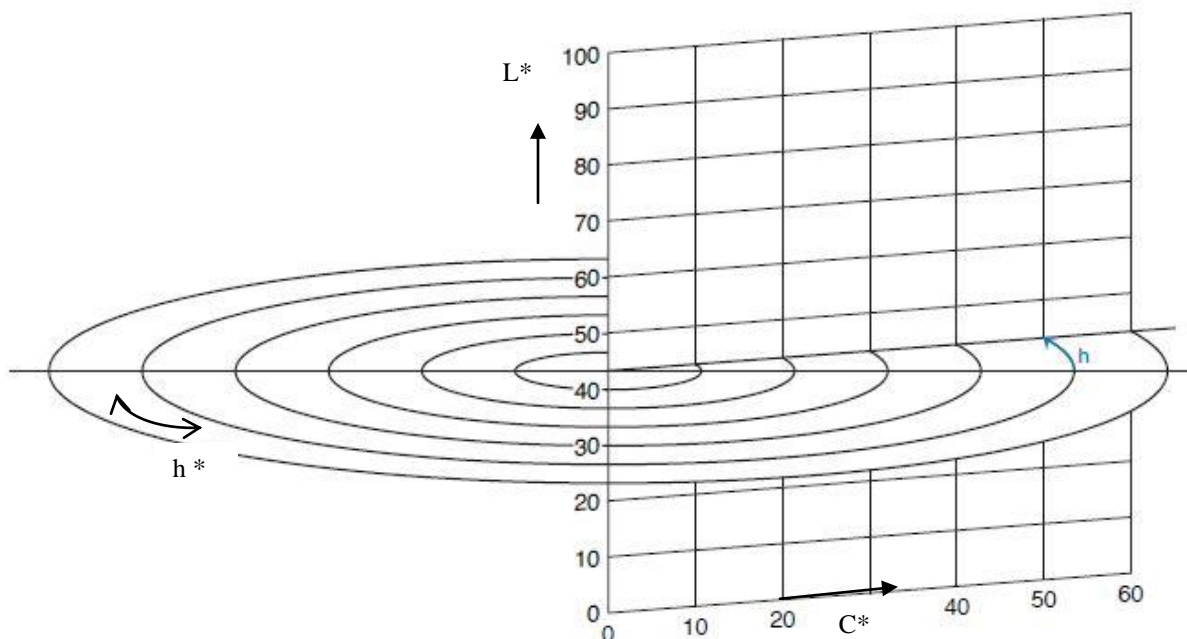


Figura 1.2. Diagrama de cromaticidad del espacio de color L*C*h*.

El color del jitomate va cambiando durante las diferentes etapas de desarrollo del fruto, hasta alcanzar el color rojo típico (Cuadro 1.1).

Cuadro 1.1. Cambio de color durante la maduración del fruto.

Estado de madurez	Escala de color				
	L*	a*	b*	°Hue	Croma
Verde maduro	52.45	-11.26	21.45	117.7	24.23
Estrella	54.91	-7.83	25.29	107.2	26.47
Rayado	55.81	-3.33	22.05	98.6	22.29
Rosa	52.55	8.60	29.21	73.6	30.44
Rojo claro	50.62	13.19	28.78	60.4	31.65
Rojo	40.74	23.90	27.29	45.8	36.27

Fuente: Siller y Báez (2009)

Tamaño y forma

El tamaño de fruto varía entre cultivares (Grierson y Kader, 1986). De tal forma que para una misma variedad, el calibre del fruto depende de la temperatura, del riego, de la fertilización, de los ataques parasitarios y de los accidentes fisiológicos (Rodríguez *et al.*, 1984). Los cultivares de jitomate difieren ampliamente en la forma de fruto y ésta puede ser esférica, ovalada, alargada

o en forma de pera. Los defectos en la forma están relacionados con una deficiente polinización y el desarrollo irregular de algunos lóculos (Grierson y Kader, 1986).

Firmeza

La firmeza es otro de los factores importantes del grado de madurez, calidad y aceptación de los diversos productos obtenidos del fruto de jitomate (Toovey, 1982). Depende de la estructura de la pared celular y de la unión entre células. El ablandamiento del jitomate se debe a las pectinasas, estas enzimas rompen las pectinas y hemicelulosas debilitando la pared del fruto (Galiana-Balaguer *et al.*, 2004). Este carácter está estrechamente relacionado con la resistencia al transporte y se considera un componente de calidad, tanto para jitomate de industria como para consumo en fresco. Es un carácter poligénico, con un fuerte componente aditivo (Nuez, 2001). Además, la consistencia y capacidad de transporte dependen de la estructura interna del fruto, esto es del número de paredes locales, del espesor y rigidez de la envoltura externa y de la repleción y turgidez de los lóculos (Toovey, 1982).

Desde el punto de vista del consumidor, la consistencia implica cohesión, suavidad o el grado de gelificarse (capacidad para formar una sustancia viscosa o gel) y firmeza. Por lo tanto, el consumidor probablemente evalúa consistencia seguida sólo del color (Gould, 1974).

Vida de anaquel

Otro factor que es especialmente importante para los frutos de jitomate destinados al mercado en fresco es la vida de anaquel. Durante la maduración, ocurren diversos procesos que afectan negativamente el almacenamiento del fruto (Bai y Lindhout, 2007). El ablandamiento es el principal factor que determina la vida de anaquel del fruto del jitomate y puede deberse a una combinación de factores, pero el más importante probablemente se deba a la degradación de la pared celular que acompaña a la maduración (Tucker *et al.*, 2007). La variación del genotipo en la firmeza del fruto en la cosecha y el patrón de suavidad, es un factor importante que determina la capacidad de transporte y la vida de anaquel post-cosecha del jitomate (Grierson y Kader, 1986).

Contenido de licopeno

El jitomate es una fruta ampliamente consumida y, como tal, es un mayor contribuyente de nutrientes vegetales a la dieta. El fruto es particularmente rico en antioxidantes como licopeno, β - caroteno (el cual también actúa como provitamina A) y vitamina C; también, aporta otros antioxidantes tales como vitamina E y compuestos fenólicos (Grierson y Kader, 1986; Tucker *et al.*, 2007; Labate *et al.*, 2007).

De las cualidades que posee el jitomate, el contenido de licopeno ha recibido mucha atención en años recientes, debido a su habilidad para ayudar a proteger el cuerpo humano contra radicales libres mutagénicos (Tucker *et al.*, 2007). Estudios realizados por científicos de diversas disciplinas dentro de las que se encuentran la agricultura, nutrición, medicina clínica, epidemiología, biología molecular y celular, han proporcionado información que sugiere que los productos del jitomate y el licopeno, podrían estar involucrados en la prevención del cáncer, en la reducción de riesgos de padecer enfermedades cardiovasculares, así como limitando la morbilidad o mortalidad de otras enfermedades crónicas (Miller *et al.*, 2002).

Horticultura protegida

La horticultura protegida se define como el sistema de producción que permite modificar el ambiente natural en el que se desarrollan los cultivos hortícolas, con el propósito de alcanzar un crecimiento óptimo y, con ello un alto rendimiento. Existen diferentes tipos de infraestructura en el que se desarrolla este sistema de producción, que va desde casas sombra hasta invernaderos con baja y alta tecnología (Castellanos y Borbón, 2009).

Una de las tecnologías que se utiliza en la agricultura protegida bajo invernadero, es la hidroponía. Éste método se utiliza para cultivar plantas en solución nutritiva (agua y fertilizantes), con o sin el uso de un medio artificial (arena, grava, vermiculita, tezontle, etc.) para proveer soporte mecánico a la planta. La solución nutritiva consiste en agua con oxígeno y los nutrimentos esenciales en forma iónica, con los cuales las plantas satisfacen sus necesidades nutrimentales (Lara, 1999).

Ambiente y producción

La producción de jitomate se ve afectada por diferentes factores ambientales entre los que destacan la radiación, temperatura y humedad relativa.

Radiación

La energía solar radiante es el factor ambiental que ejerce mayor influencia sobre el crecimiento de las plantas. De ella depende la mayoría de los procesos biológicos, incluyendo la fotosíntesis (Bastida, 2006). La energía solar radiante influye sobre diferentes atributos de calidad del fruto. Tanto la intensidad como la duración y la calidad de la luz afectan fuertemente el contenido de algunos compuestos de importancia humana, como el ácido ascórbico, los carotenoides y los fenoles (Rosales, 2008). En particular la síntesis de licopeno, se inhibe cuando el fruto verde es expuesto a 650 W m^{-2} por un tiempo de 1.5 a 4 h (Brandt *et al.*, 2006).

Temperatura

El efecto de la temperatura sobre las plantas varía con las especies, las variedades, el estado de desarrollo, las condiciones climáticas y el estado fitosanitario (Bastida, 2006). La temperatura en la planta afecta la fotosíntesis y la respiración, las actividades enzimáticas, la división y crecimiento de las células, la capacidad de absorción de las raíces y la disponibilidad de nutrientes (Gil, 2003). La temperatura óptima para el crecimiento del jitomate es de $22 \pm 7^\circ\text{C}$ (Bastida, 2006); mientras que, para el desarrollo del fruto, el intervalo óptimo de temperatura es de 18 a 22°C (Leopold y Scott, 1952). Las altas y bajas temperaturas presentan un efecto negativo sobre la síntesis de carotenoides en el fruto, para la formación de licopeno el intervalo óptimo se encuentra entre 10 y 30°C (Vogele, 1937; Went *et al.*, 1942; Rosales, 2008); si la temperatura se encuentra fuera de este intervalo, el contenido de licopeno disminuye significativamente (Brandt *et al.*, 2006).

Humedad ambiental

La humedad relativa dentro de un invernadero afecta varios procesos, como el amortiguamiento de los cambios de temperatura, el aumento o disminución de la transpiración, el crecimiento de los tejidos, la viabilidad del polen para obtener mayor porcentaje de fecundación del ovario de las flores y en el desarrollo de enfermedades y plagas. Cuanto más húmedo esté el ambiente,

menos posibilidades existen de aumentar la evaporación y la transpiración de las plantas, a no ser que aumente la temperatura del ambiente. A mayor temperatura dentro del invernadero menor humedad relativa, ocasionando un mayor consumo de agua de la planta (Bastida, 2006). Gil (2003) menciona que la disminución de la humedad relativa a menos del 40% provoca deficiencia de calcio, ya que este elemento se absorbe mejor cuando existe transpiración normal que cuando disminuye.

Panorama actual de la diversidad de jitomate mexicano

La República Mexicana es una de las regiones del mundo con mayor riqueza de comunidades vegetales y florística. México posee alrededor del 10% de la flora del mundo y cuenta con prácticamente todos los tipos de vegetación importantes. De la riqueza vegetal y florística con la que cuenta México, los recursos fitogenéticos de México son de especial interés por las siguientes causas (Ortega *et al.*, 2000):

- La enorme diversidad florística y el alto grado de endemismo que se registra en México.
- En la parte sur del país se conservan y desarrollan en la actualidad valiosos recursos fitogenéticos, gracias a la considerable persistencia de la agricultura tradicional.
- Sobrevivencia de parientes silvestres y arvenses de algunos cultivos de enorme importancia a nivel mundial.
- En el país se registran aceleradas transformaciones socioeconómicas que han traído consigo considerable erosión genética de los recursos fito-genéticos y pérdida de conocimientos asociados a ellos.

Este es el caso del jitomate en México. Jenkins (1948) señala que *L. esculentum*, incluyendo su variedad *cerasiforme*, son las únicas encontradas a través del país. En particular, el área de Veracruz-Puebla es un centro de diversidad varietal de jitomates cultivados, de formas silvestres y cultivadas y de formas transicionales entre los tipos silvestre *cerasiforme* y el cultivado.

Estudios recientes realizados en el país acerca de la exploración y caracterización de poblaciones de jitomate silvestre (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*) muestran la amplia distribución y capacidad de adaptación a diferentes condiciones ambientales de estas poblaciones.

En la zona centro - occidente de México, dicha especie se puede encontrar desde los 7 a los 2000 m.s.n.m., en zonas cuya precipitación va de los 495 a los 1591 mm anuales, con temperaturas que oscilan entre los 11.7°C y 35.2°C, y varios niveles de fertilidad de suelos; lo que indica una amplia diversidad de ecotipos de esta especie (Álvarez-Hernández *et al.*, 2009; Rodríguez *et al.*, 2009).

Asimismo el país cuenta con cultivares nativos. Variedades que usan los agricultores tradicionales que no han sido sometidas a un mejoramiento sistemático y científicamente controlado y cuya semilla es producida por el mismo agricultor (Sevilla, 2006), y cuyo aprovechamiento se lleva a cabo a nivel local y regional. En estas se encuentra la mayor parte de la diversidad genética de las especies cultivadas (Camacho *et al.*, 2006). Estudios realizados sobre estos cultivares muestran un comportamiento agronómico y en características de calidad de fruto similar e inclusive en algunos casos, superior a cultivares mejorados.

En una evaluación sobre características internas de fruto en poblaciones nativas, Méndez *et al.* (2011) encontraron diferencias significativas entre accesiones para acidez titulable, pH, licopeno en base húmeda y seca, en las coordenadas cromáticas CIE L*, a* y b*, y en el índice de madurez; lo que muestra que en el jitomate nativo, se encuentra una variabilidad importante en composición del fruto que podría ser usada en programas de mejoramiento, para incrementar la calidad del fruto.

El cultivo de poblaciones nativas en invernadero e hidroponía fue estudiada por Urrieta *et al.* (2008) quienes evaluaron el efecto de dos concentraciones de solución Steiner (50 y 100 %) en la calidad postcosecha, encontrando diferencias estadísticas en diámetro ecuatorial, pH, acidez titulable y contenido de licopeno; en donde las poblaciones nativas superaron a las variedades comerciales.

Flores *et al.*, (2011) estudió el efecto de diferentes niveles de conductividad eléctrica de la solución nutritiva sobre el crecimiento y rendimiento de diez genotipos obtenidos de una población nativa, y encontraron que nueve de los diez genotipos fueron estadísticamente iguales en rendimiento a Sun-7705 (tipo saladette) y sólo uno fue similar a Caiman (tipo bola).

No obstante la importancia tanto del jitomate silvestre como de las poblaciones nativas que se encuentran en México, los estudios de las características de importancia agronómica y las propiedades culinarias y nutraceuticas son escasos, por lo que el potencial agronómico, comercial y genético que encierra este germoplasma se desconoce, aunque a nivel local y regional se conoce su importancia y valor (Ramírez, 2010). Esto también ha llevado a que dichos recursos afronten un grave riesgo de erosión. En particular el jitomate silvestre es poco apreciado y se elimina mediante herbicidas u otras prácticas agrícolas por ser consideradas malezas dentro de los cultivos (maíz, maguey y hortalizas); se queman cuando están en los bordes de carreteras; se recolectan los frutos en las poblaciones silvestres; y no se fomenta su conservación, uso y aprovechamiento (Rodríguez *et al.*, 2009). Situación similar presentan los cultivares nativos, a medida que estos en muchas regiones son substituidos por cultivares mejorados (Ortiz, 1978; Camacho *et al.*, 2006).

Dado que estos recursos naturales representan reservas de diversidad y adaptabilidad genética, con lo que es posible amortiguar los cambios ambientales y económicos, la pérdida de este material representa una seria amenaza a la seguridad alimentaria de nuestro pueblo en el futuro (Ramírez *et al.*, 2000).

Por lo anterior y debido a la escasa información sobre el potencial agronómico de las poblaciones nativas, el objetivo de esta investigación fue realizar una valoración agronómica y de calidad interna y externa de fruto, de 18 poblaciones nativas sobresalientes de jitomate mexicano cultivadas en invernadero e hidroponía. Este germoplasma podría ser materia prima o fuente de mejoramiento para el desarrollo de otros cultivares; o bien representar *per-se* una alternativa de producción, lo que al mismo tiempo incentivaría el uso y aprovechamiento de los recursos genéticos en jitomate con los que cuenta México.

LITERATURA CITADA

- Álvarez-Hernández, J. C., H. Cortez-Madrigal, e I. García-Ruiz. 2009. Exploración y caracterización de poblaciones silvestres de jitomate (*Solanaceae*) en tres regiones de Michoacán, México. POLIBOTÁNICA. 28: 139-159.
- 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* 100: 1085–1094, available online at www.aob.oxfordjournals.org.
- Bastida T., A. 2006. Manejo y operación de invernaderos agrícolas. Universidad Autónoma Chapingo, México. pp. 238.
- Brandt, S., Z. Pék, É. Barna, A. Lugasi, and L. Helyes. 2006. Lycopene content and color of ripening tomatoes as affected by environmental conditions. *Society of Chemical Industry. Journal of the Science of Food and Agriculture* 86: 568–572.
- Camacho V., T. C., N. Maxted, M. Sholten, and B. Ford-Lloyd. 2006. Defining and identifying crop landraces. *Plant Genetic Resources*. 3:373-384.
- Casierra-Posada, F., y O. E. Aguilar-Avenidaño. 2008. Calidad en frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cosechados en diferentes estados de madurez. *Agronomía Colombiana* 26(2): 300-307.
- Castellanos J., Z., y C. Borbón M. 2009. Panorama de la horticultura protegida en México. In: *Manual de producción de tomate en invernadero*. Castellanos J., Z. (ed). México 2009. Intagri (Ed). pp: 1-18.
- Cleveland, D. A., D. Soleri, and S. E. Smith. 1994. Do folk crop varieties have a role in sustainable agriculture?. *BioScience*. 44 (11):740-751.
- Esquinas A., J. T. 1981. Genetic resources of tomatoes and wild relatives. *International Board of Plant Genetic Resources*. Rome, 80-103: 1-65.
- FAOSTAT. 2010. Dirección de Estadística. Disponible en: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>
- Flores G., D., M. Sandoval V., P. Sánchez G., P. Ramírez V., and M. N. Rodríguez G. 2011. Yield of native genotypes of tomato as affected by electrical conductivity of the nutrient solution. In: *II International Symposium on Soilless Culture and Hydroponics*. International Society for Horticultural Science. Acta Horticulturae (eds). Puebla, México. pp. 29.

- Frary, A., and S. Doganlar. 2003. Comparative genetics of crop plant domestication and evolution. *Turkish Journal of Agricultural Forestry* 27: 59-69.
- Fraser, P. D., M. R. Truesdale, C. R. Bird, W. Schuch and P. M. Bramley. 1994. Carotenoid biosynthesis during tomato fruit development. *Plant Physiology*. 105: 405-413.
- Fridman, E., T. Pleban and D. Zamir. 2000. A recombination hotspot delimits a wild-species quantitative trait locus for tomato sugar content to 484 bp within an invertase gene. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)*, 97 (9): 4718-4723.
- Galiana-Balaguer, L., S. Roselló and F. Nuez. 2004. Flavour improvement in tomato. *Recent Research Developments in Crop Science*, 1: 147–163.
- Gil V., I. 2003. Producción de jitomate en hidroponía bajo invernadero: manual de manejo. Serie de Publicaciones AGRIBOT. Chapingo, México. pp.: 90.
- Gould, A. W. 1974. *Tomato Production, Processing and Quality Evaluation*. The Avi Publishing Company, INC, Westport. Connecticut, USA. pp. 445.
- Grierson, D., and A. Kader A. 1986. Fruit ripening and quality. In: *The Tomato Crop: a scientific basis for improvement*. Atherton, J.G, and J. Rudich. (eds). London. Chapman and Hall Ltd (Ed). pp 241 – 280.
- Ignatova, S. I., N. F. Zagidullina, and N. A. Golubkina. 2008. Biological value of greenhouse tomatoes grown in Moscow suburbs. *Proc. XVth EUCARPIA Tomato*. M. Cirulli *et al.* (eds.). International Society for Horticultural Science. *Acta Horticulturae*. 789: 235-238.
- Jenkins, J. A. 1948. The origin of the cultivated tomato. *Economic Botany*. 2 (4): 379-392. Published by: Springer on behalf of New York Botanical Garden Press Stable URL: <http://www.jstor.org/stable/4251913>. Accessed: 02/05/2009 16:47.
- Jones, J. B. 1999. *Tomato plant culture: in the field, greenhouse, and home garden*. CRC Press. pp.: 199.
- Jones, R. A., and S. J. Scott. 1983. Improvement of tomato flavor by genetically increasing sugar and acid contents. *Euphytica* 32: 845-855.
- Juárez-López, P., R. Castro-Brindis, T. Colinas-León, P. Ramírez-Vallejo, M. Sandoval-Villa, D. W. Reed, L. Cisneros-Zevallos, y S. King. 2009. Evaluación de calidad en frutos de siete genotipos nativos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*). *Revista Chapingo. Serie horticultura*. 15(2): 5-9. Universidad Autónoma Chapingo, México.

- Konica Minolta. 2007. Precise color communication. Konica Minolta Sensing, Inc. Japan. pp: 59.
- Labate, J. A., S. Grandillo, T. Fulton, S. Muños, 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. Mueller, J. P. Prince, N. E. Blanchard, D. B. Storey, M. R. Stevens, M. D. Robbins, J-F 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. V. Eck, and M. Causse. 2007. Tomato. In: Genome mapping and molecular breeding in plants. C. Kole (ed.). Vegetables. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 5:1-125.
- Lara H., A. 1999. Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía. TERRA. 17(3): 221-229.
- Leopold, A. C., and F. I. Scott. 1952. Physiological factors in tomato fruit-set. American Journal of Botany. 39(5): 310-317. Published by: Botanical Society of America. URL: <http://www.jstor.org/stable/2438259>. Accessed: 24/11/2010 18:45.
- Manrribio M., R., J. R. Altamirano C., J. de D. Trujillo F., G. López C., y J. Carmona M. 1995. Desarrollo de ventajas competitivas en la agricultura: el caso del tomate rojo. Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM). Universidad Autónoma Chapingo. México. pp: 4, 15-19.
- Martínez B., E. 2003. Análisis de la acumulación de azúcares en pericarpios de dos genotipos silvestres de jitomate (*Lycopersicon esculentum*). Agrociencia. 37(004): 363-370.
- Méndez I., I., A. M. Vera G., J. L. Chávez S., and J. C. Carrillo R. 2011. Quality of fruits in mexican tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) landraces. VITAE, Revista de la Facultad de Química Farmacéutica. 18(1): 26-32.
- Miller, E. C., C. W. Hadley, S. J. Schwartz, J. W. Erdman, T. W.-M Boileau, and S. K. Clinton. 2002. Lycopene, tomato products, and prostate cancer prevention. Have we established causality?. Pure and Applied Chemistry. 74(8): 1435-1441.
- Mitidieri, M. S., M. V. Brambilla, M. Piris, E. Piris, y L. Maldonado. 2005. El uso de portainjertos resistentes en cultivo de tomate bajo cubierta: resultados sobre la sanidad y el rendimiento del cultivo. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Centro Regional Buenos Aires Norte. Buenos Aires, Argentina. pp: 8.

- Muller, K. 2007. The tomato and its relatives. (online). Consultado el 11 de noviembre del 2010. Disponible en: <http://www.kdcomm.net/~tomato/Tomato/tax.html>.
- Nuez F. 2001. Desarrollo de nuevos cultivares. In: El cultivo del tomate. F. Nuez (Coord.). Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. pp:625-669.
- Ortega P., R., M. A. Martínez A., y J. de J. Sánchez G. 2000. Recursos Fitogenéticos Autóctonos. In: Recursos Fitogenéticos de México para la Alimentación y la Agricultura, Informe Nacional. Ramírez V., P., R. Ortega P., A. López H., F. Castillo G., M. Livera M., F. Rincón S., y F. Zavala G. (eds). 2000. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas y Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. Chapingo, México. pp: 31-57.
- Ortiz C., J. 1978. Enfoques para la Utilización de los Recursos Genéticos. In: Cervantes T., S. (ed). 1978. Análisis de los Recursos Genéticos Disponibles a México. Sociedad Mexicana de Fitogenética, A. C. México. pp: 487.
- Peralta, I. E., and D. M. Spooner. 2000. Classification of wild tomatoes: a review. *Kurtziana* 28 (1): 45-54.
- Peralta, I. E., and D. M. Spooner. 2001. Granule-Bound starch synthase (GBSSI) gene phylogeny of wild tomatoes (*Solanum* L. section *Lycopersicon* [Mill.] Wettst. Subsection *Lycopersicon*). *American Journal of Botany* 88(10): 1888-1902.
- Peralta, I. E., S. Knapp, and D. M. Spooner. 2006. Nomenclature for wild and cultivated tomatoes. In: Report of the Tomato Genetics Cooperative. University of Florida. USA. 56: 6-12.
- Polese, J-M. 2007. Cultivo de Tomates. Ediciones Omega. España. pp: 12-18.
- Quesada, O. L. M., and M. K. Hausbeck. 2010. Resistance in tomato and wild relatives to crown and root rot caused by *Phytophthora capsici*. *Phytopathology*. 100:6, 619-627.
- Ramírez V., P. 2010. Conservación y Aprovechamiento de la diversidad de Poblaciones nativas de Jitomate. In: Benavides M., A., V. Robledo T., H. Ramírez, y A. Sandoval R. (comp.). 2010. Memoria del VI Simposio Nacional de Horticultura. Saltillo, Coahuila, México. pp: 116-126.
- Ramírez V., P., L. Barrios C., E. Jiménez J., y F. Zavala G. 2000. Entorno de los recursos fitogenéticos de México. In: Recursos Fitogenéticos de México para la Alimentación y la Agricultura, Informe Nacional. Ramírez V., P., R. Ortega P., A. López H., F. Castillo G., M. Livera M., F. Rincón S., y F. Zavala G. (eds). 2000. Servicio Nacional de Inspección y

Certificación de Semillas y Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. Chapingo, México. pp: 7-25.

- Rick, C. M. 1978. El tomate. In: Scientific American. Edición en español. Barcelona, España. 25. pp:44-57.
- Rodríguez G., E., D. Vargas C., J. de J. Sánchez G., R. Lépiz I., A. Rodríguez C., J. A. Ruiz C., P. Puente O., y R. Miranda M. 2009. Etnobotánica de *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* en el Occidente de México. *Naturaleza y Desarrollo*. 7(2): 46-59.
- Rodríguez R., R., J. M. Tabares R., y J. A. Medina S. J. 1984. Cultivo moderno del tomate. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. pp: 255.
- Rosales V., M. A. 2008. Producción y calidad nutricional en frutos de tomate cherry cultivados en dos invernaderos mediterráneos experimentales: respuestas metabólicas y fisiológicas. Tesis doctoral. Universidad de Granada, Facultad de Ciencias, Departamento de Fisiología Vegetal. pp.: 212.
- Rush, D. W., and E. Epstein. 1976. Genotypic responses to salinity: differences between salt-sensitive and salt-tolerant genotypes of the tomato. *Plant Physiology*. 57: 162-166.
- Ruiz J., J., M. Valero, S. García M., M. Serrano, and R. Moral. 2006. Effect of recent genetic improvement on some analytical parameters of tomato fruit quality. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 37: 2647–2658.
- Sevilla P., R. 2006. Conceptos básicos para la caracterización: Definiciones conceptuales básicas. In: Manual para caracterización in situ de cultivos nativos, conceptos y procedimientos. Estrada J., R., T. Medina H., y A. Roldán C. (eds.). INIEA. Lima, Perú. pp: 17-25.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2009. Produce México 39.5 toneladas de jitomate por cada hectárea. Última actualización el Viernes, 25 de Junio de 2010 10:43. Consultado en internet:
http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=309:produce-mexico-54-toneladas-de-tomate-por-cada-hectarea&catid=6:boletines&Itemid=335.
- Siller C., J. H., y M. A. Báez S. 2009. Recolección, empaque y manejo poscosecha. In: Manual de producción de tomate en invernadero. Castellanos J., Z. (ed). México 2009. Intagri (Ed). pp: 409-425.

- Tadmor, Y., E. Fridman, A. Gur, O. Larkov, E. Lastochkin, U. Ravid, D. Zamir, and E. Lewinsohn. 2002. Identification of malodorous, a wild species allele affecting tomato aroma that was selected against during domestication. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50(7): 2005-2009.
- Tanksley, S. D, and S. R. McCouch. 1997. Seed banks and molecular maps: unlocking genetic potential from the wild. *Science*. American Association for the Advancement of Science. 277:1063-1066.
- Tieman, D. M., M. Zeigler, E. A. Schmelz, M. G. Taylor, P. Bliss, M. Kirst, and H. J. Klee. 2006. Identification of loci affecting flavour volatile emissions in tomato fruits. *Journal of Experimental Botany*. 57(4):887–896.
- Toovey, F. W. 1982. *Producción Comercial de Tomates*. Editorial ACRIBIA. Zaragoza, España. pp: 184.
- Tucker, G., P. Walley, and G. Seymour. 2007. Tomato. In: *Biotechnology in Agriculture and Forestry. Transgenic Crops IV*. Pua, E.C., and M.R. Davey (eds.). Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 59:163-180.
- Urrieta V., J. A., M. N. Rodríguez M., P. Ramírez V., J. A. Santizo R., y L. del M. Ruíz P. 2008. Calidad del fruto de tomate de costilla en postcosecha. In: *Memoria del XXII Congreso Nacional y II internacional de Fitogenética*. Sociedad Mexicana de Fitogenética. Chapingo, Estado de México, México. pp: 228.
- Van der Ploeg, A., E. Heuvelink, and J. Henk V. 2007. Wild relatives as a source for sub-optimal temperature tolerance in tomato. *International Society for Horticultural Science. Acta Horticulturae*. 761:127-134.
- Vogele, A. C. 1937. Effect of environmental factors upon the color of tomato and the watermelon. *Plant Physiology* 12: 929-955.
- Went, F. W., A. L. LeRosen, and L. Zechmeister. 1942. Effect of external factors on tomato pigments as studied by chromatographic methods. *Plant Physiology* 17(1): 91-100.
- Young, T. E., J. A. Juvik, and J. G. Sullivan. 1993. Accumulation of the components of total solids in ripening fruits of tomato. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 118(2):286-292.

CAPÍTULO II. VARIACIONES MORFOLÓGICAS EN PLÁNTULAS DE ACERVOS NATIVOS DE JITOMATE MEXICANO

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar características morfológicas en plántulas de 18 poblaciones nativas de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) provenientes de los estados de Oaxaca (Oax-160, Oax-165 y Oax-173-5-1), Guerrero (Gro-78 y Gro-79), Campeche (Cam-3 y Cam-5), Yucatán (Yuc-7, Yuc-24 y Yuc-65), Puebla (Teh-205 y Teh-219), región Puebla-Hidalgo (S-P-18, P-H-106 y P-C-277-A), Estado de México (Mont-12 y Mal-49) y Guanajuato (Gto-11) cultivadas en invernadero. Como testigo se utilizó el híbrido comercial Sun-7705 (Nunhems[®], tipo saladette). Se integraron ocho grupos, con base en el origen, Estado o región donde fueron obtenidas las poblaciones nativas, además de un grupo que correspondió al testigo. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con cinco repeticiones, con una unidad experimental de una plántula seleccionada al azar de un conjunto de 25 plántulas. Se evaluó largo de raíz (LARA), materia seca de raíz (MSR), largo de vástago (LAVA), materia seca de vástago (MSV), largo de hoja (LAHO), ancho de hoja (ANHO), diámetro de tallo (DIAT) y número de nudos (NUN). Los resultados mostraron que las variables con mayor contribución a la variación observada fueron: LARA, NUN, MSV, MSR, DIAT y LAVA. El testigo fue superado por los orígenes Campeche en LARA, LAVA y NUN; por Estado de México en MSR, MSV y DIAT, y por Guanajuato en LAHO y ANHO.

Palabras clave: *Lycopersicon esculentum* Mill., variabilidad genética, poblaciones nativas, características morfológicas.

INTRODUCCIÓN

La especie ancestral del jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) se originó en la zona comprendida de Chile hasta Ecuador en el norte, a través de la región montañosa de los Andes y la extensión costera en Perú, de donde migró a México (Tucker *et al.*, 2007); país que se asume centro de domesticación, debido entre otros elementos, a la falta de evidencias de su cultivo en América del Sur en épocas precolombinas (Jenkins, 1948).

En México se encuentra una amplia variabilidad de cultivares de jitomate de la especie *L. esculentum* Mill., así como, de la variedad *cerasiforme*, que incluyen formas de fruto dorado, y que se encuentran, distribuidas en diferentes condiciones ambientales (Costa *et al.*, 1983). En la actualidad, las poblaciones nativas de jitomate en el país, conservadas y utilizadas por los agricultores tradicionales a lo largo del país, constituyen una fuente importante de genes para el desarrollo de nuevas variedades mejoradas, ya que diversos estudios con estas poblaciones muestran un comportamiento agronómico similar e inclusive superior a los cultivares mejorados. (Juárez-López *et al.*, 2009; Flores *et al.*, 2011).

La información relacionada con las características morfológicas de las poblaciones nativas en diferentes etapas de crecimiento, es escasa en México; en particular, la morfología de la plántula ha sido poco estudiada, a pesar, de su posible relación con adaptaciones específicas a sus sitios de origen y de su importancia tanto agronómica como económica.

La calidad de la plántula de jitomate es de gran importancia agronómica y económica en el cultivo de jitomate, ya que de esta característica depende el establecimiento, y posterior crecimiento y desarrollo del cultivo y el rendimiento final del cultivo. Además de la inversión inicial que representa el costo alto de la semilla de las variedades comerciales de jitomate. Entre las características morfológicas determinantes de la calidad de la plántula se encuentran el diámetro de tallo, el número de hojas, el área foliar y el contenido de materia seca (Liptay *et al.*, 1981; Enríquez *et al.*, 2000).

No obstante, en los últimos años el interés en los recursos genéticos nacionales de jitomate cultivado ha promovido su estudio dirigido al cultivo y aprovechamiento de las poblaciones

nativas. Como los estudios realizados por Méndez *et al.* (2011) en características internas de fruto y por Urrieta *et al.* (2008) en el cultivo de poblaciones nativas en invernadero e hidroponía, obteniendo resultados sobresalientes.

Entre las iniciativas dirigidas a la ampliación del conocimiento de la diversidad del jitomate mexicano, se encuentra el proyecto Valoración Integral de la Diversidad de Poblaciones Nativas de Jitomate Mexicano, apoyado por el CONACYT, que se desarrolla en el Postgrado de Recursos Genéticos y Productividad-Genética, en el Campus Montecillo del Colegio de Postgraduados, y cuyas contribuciones abarcan la colección, evaluación y selección de poblaciones nativas de jitomate mexicano de diferentes regiones del país, así como la obtención de poblaciones élite.

Con el objetivo de ampliar el conocimiento de la morfología en estado de plántula en poblaciones nativas mexicanas, se desarrolló esta investigación para evaluar las características de la plántula en 18 poblaciones nativas de jitomate provenientes de los estados de Oaxaca, Guerrero, Campeche, Yucatán, Puebla, región Puebla-Hidalgo, Estado de México y Guanajuato.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en un invernadero del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México; localizado a 19°27'36.47" de latitud norte y 98°54'12.73" longitud oeste, y una altitud de 2250 metros sobre el nivel del mar.

Material genético

Se evaluaron 18 poblaciones integradas en ocho grupos, de acuerdo al Estado o región de México donde fueron colectadas, en la forma siguiente: Oaxaca (Oax-160, Oax-165 y Oax-173-5-1), Guerrero (Gro-78 y Gro-79), Campeche (Cam-3 y Cam-5), Yucatán (Yuc-7, Yuc-24 y Yuc-65), Puebla (Teh-205 y Teh-219), región Puebla-Hidalgo (S-P-18, P-H-106 y P-C-277-A), Estado de México (Mont-12 y Mal-49) y Guanajuato (Gto-11). De estos grupos, Yuc-7 y Gto-11 son poblaciones derivadas de variedades comerciales, obtenidas de agricultores, y los restantes están integrados por poblaciones nativas. El híbrido comercial Sun-7705 (Nunhems[®], tipo saladette) se utilizó como testigo, y se identificó como el noveno grupo.

Germinación de plántulas

Se utilizaron 25 semillas de cada población y del híbrido comercial Sun-7705, las cuales se pregerminaron sumergiéndolas en una solución de KNO_3 al 2%, durante tres días. Posteriormente se sembraron en charolas con 200 cavidades, utilizando como sustrato tierra de hoja tamizada. Durante tres días las charolas se colocaron en una cámara de ambiente controlado en completa obscuridad, a una temperatura de $\pm 25^\circ\text{C}$ y una humedad de $\pm 80\%$. Después de este periodo se retiraron y ubicaron en el invernadero para su cuidado y mantenimiento, aplicando dos riegos diarios con agua. A los 40 días después de la siembra, de las 25 plántulas establecidas, se tomaron cinco al azar para su caracterización.

Diseño experimental

Los 19 tratamientos, se sembraron de acuerdo un diseño experimental completamente al azar con cinco repeticiones, en el que cada unidad experimental correspondió a una plántula seleccionada al azar.

Características evaluadas

Las características evaluadas, unidades de medición y acrónimo correspondiente se presentan en el Cuadro 2.1. El largo de raíz y de vástago se determinó con una regla; en la raíz la medición se realizó desde la base del tallo hasta la punta de la raíz, mientras que en el vástago se midió desde la base del tallo hasta el ápice. El largo y ancho de hoja, y el diámetro de tallo se determinaron con un vernier digital. El diámetro de tallo se midió a la altura de las hojas cotiledonales. La materia seca de vástago y de raíz se obtuvo colocando cada muestra en bolsas de papel en una estufa a 70°C hasta obtener peso constante. A los tres días, el peso de la materia seca se midió con una balanza granataria.

Cuadro 2.1. Características cuantitativas evaluadas en plántulas de 18 acervos nativos de jitomate mexicano y el híbrido comercial Sun-7705.

Características	Unidad	Acrónimo
Largo de raíz	Centímetros (cm)	LARA
Largo de vástago	Centímetros (cm)	LAVA
Materia seca de vástago	Gramos (g)	MSV
Materia seca de raíz	Gramos (g)	MSR
Largo de hoja	Milímetros (mm)	LAHO
Ancho de hoja	Milímetros (mm)	ANHO
Diámetro de tallo	Milímetros (mm)	DIAT
Número de nudos	Numérico	NUN

Análisis estadístico

Para el análisis de los datos se utilizó el paquete estadístico SAS (Versión 9.0) (SAS Institute, 2002) realizando los análisis de varianza individuales correspondientes, con base en un modelo Completamente al azar, las diferencias entre tratamientos se evaluaron con base en la prueba de Tukey (DHS) ($P \leq 0.05$). Además se aplicó un análisis de componentes principales, cuyos dos primeros componentes se graficaron para visualizar la distribución espacial de los grupos poblacionales; así como, gráficas con los promedios de las características más relevantes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados son descritos en función de los tres primeros componentes principales que contribuyeron con 91.15% de la varianza total explicada. La selección de los componentes se hizo considerando como aceptables aquellos cuyos valores propios explicaron 70% o más de la varianza total (Cuadro 2.2).

Cuadro 2.2. Valores propios y proporción de la varianza explicada en el análisis de componentes principales, para características de plántulas de 18 acervos nativos de jitomate y el híbrido comercial Sun-7705.

Componentes principales	Valores propios	Proporción de la varianza total explicada	
		Absoluta (%)	Acumulada (%)
CP1	2,9685	0,3711	0,3711
CP2	2,4322	0,3040	0,6751
CP3	1,8910	0,2364	0,9115
CP4	0,4741	0,0593	0,9708
CP5	0,1599	0,0200	0,9908
CP6	0,0581	0,0073	0,9981
CP7	0,0161	0,0020	1,0001
CP8	0,0000	0,0000	1,0001
	8,000	1,0001	

El primer componente principal (CP1) contribuyó con 37.11% de la varianza total explicada (Cuadro 2.2), mientras que la distribución de los coeficientes del primer vector propio (Cuadro 2.3) y de correlación (Cuadro 2.4) indican que LARA ($r= 0.93$) y NUN ($r= 0.91$) fueron las variables que más contribuyeron en forma positiva a dicho componente, en segundo lugar lo hizo LAVA ($r= 0.71$). En este componente se pueden identificar las poblaciones que presentaron un mayor desarrollo de raíz, mayor número de nudos, además de una longitud de vástago mayor.

Cuadro 2.3. Vectores propios de los primeros tres componentes principales para características de plántulas de 18 acervos nativos de jitomate y el híbrido comercial Sun-7705.

Características	CP1	CP2	CP3
Largo de raíz	0.5424	-0.1289	0.0187
Largo de vástago	0.4100	-0.2832	0.3727
Diámetro de tallo	0.1811	0.2603	0.5173
Número de nudos	0.5265	0.1623	0.1308
Largo de hoja	-0.2480	-0.4009	0.4655
Ancho de hoja	-0.3208	-0.3367	0.4411
Materia seca de raíz	-0.2461	0.5154	0.2038
Materia seca de vástago	-0.0524	0.5190	0.3511

Cuadro 2.4. Correlación entre las características originales de plántulas de 18 acervos nativos de jitomate y el híbrido comercial Sun-7705, y los primeros tres componentes principales.

Características	CP1	CP2	CP3
Largo de raíz	0.9344	-0.2011	0.0258
Largo de vástago	0.7063	-0.4417	0.5125
Diámetro de tallo	0.3121	0.4060	0.7113
Número de nudos	0.9071	0.2530	0.1799
Largo de hoja	-0.4273	-0.6252	0.6401
Ancho de hoja	-0.5527	-0.5251	0.6066
Materia seca de raíz	-0.4240	0.8037	0.2803
Materia seca de vástago	-0.0902	0.8094	0.4827
Σx^2=valor propio	2.9684	2.4320	1.8909

El segundo componente principal (CP2) contribuyó con el 30.40% de la varianza total (Cuadro 2.2), en el que las variables con mayor contribución positiva fueron MSV ($r= 0.81$) y MSR ($r= 0.80$) (Cuadro 2.3 y 2.4). En este componente se pueden identificar las poblaciones con mayor acumulación de materia seca en dichos órganos vegetativos.

El tercer componente (CP3) contribuyó con el 23.64% de la varianza total (Cuadro 2.2). DIAT ($r= 0.71$) y LAHO ($r= 0.64$) contribuyeron más en forma positiva. Este componente señala a las poblaciones que presentaron valores altos en diámetro de tallo y largo de hoja (Cuadro 2.3 y 2.4).

La variabilidad observada entre los diferentes orígenes estuvo determinada principalmente por las características largo de raíz (LARA), número de nudos (NUN), materia seca de vástago (MSV), materia seca de raíz (MSR), diámetro de tallo (DIAT) y largo de vástago (LAVA).

En la Figura 2.1 se observa de manera gráfica la distribución de los acervos nativos Campeche (Cam), Guerrero (Gro), Estado de México (EdM), Oaxaca (Oax), Puebla (Teh), región Puebla-Hidalgo (SPH), Yucatán (Yuc), Guanajuato (Gto) y testigo (Sun-7705), sobre el plano determinado por los dos primeros componentes principales.

Se observa la distribución de los acervos en los cuatro cuadrantes, en los que se definen seis agrupamientos. El CP1 separa claramente al grupo I (GPI) del grupo VI (GPVI), quedando los grupos II (GP-II), grupo III (GP-III), grupo IV (GP-IV) y grupo V (GP-V), colocados en una posición intermedia.

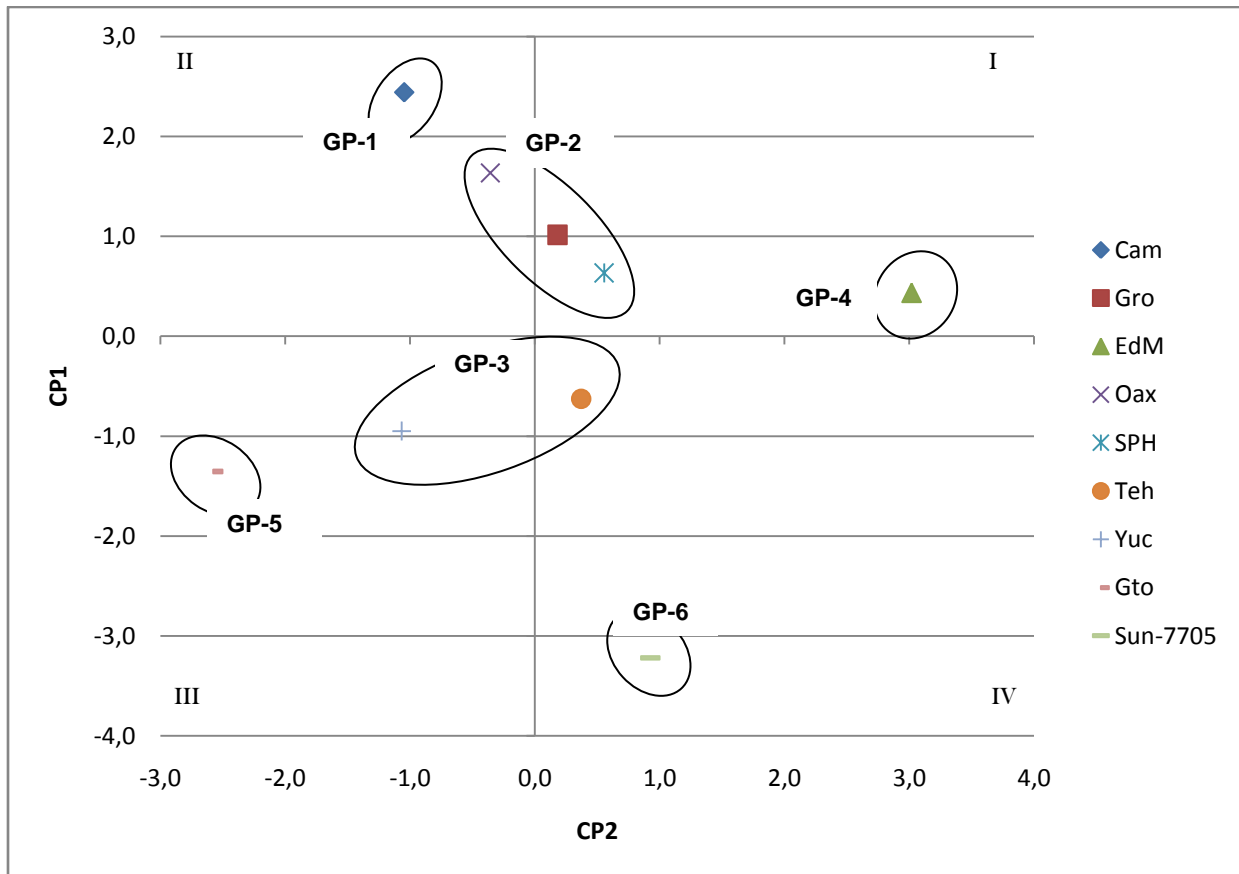


Figura 2.1. Dispersión de los 18 acervos nativos de jitomate mexicano y el híbrido comercial Sun-7705, con base en los componentes principales 1: **LARA** = Largo de raíz, **NUN** = Número de nudos, **LAVA** = Largo de vástago; y componente 2: **MSV** = Materia seca de vástago, **MSR** = Materia seca de raíz.

Cam (GPI) presentó los valores más altos en LARA, LAVA (Anexo 1, Figura 2.2) y NUN (Cuadro 2.5); superando al híbrido comercial Sun-7705 (GPVI) en 33.55, 40.87 y 44.62%, respectivamente, esta respuesta sería indicativa de mayor precocidad en la población nativa, así como posiblemente una mayor velocidad de germinación y establecimiento. En LAHO (92.10 mm) y ANHO (61.12 mm), el acervo Gto (GPV) superó al híbrido en 18.81 y 17.08%,

correspondientemente; por el contrario, los valores más bajos en estas variables los obtuvo GPII, conformado por Oax, Gro y SPH (Cuadro 2.6), estos resultados indican que estos grupos poblaciones comparten las características de área foliar, la que tiende a ser pequeña en relación al híbrido.

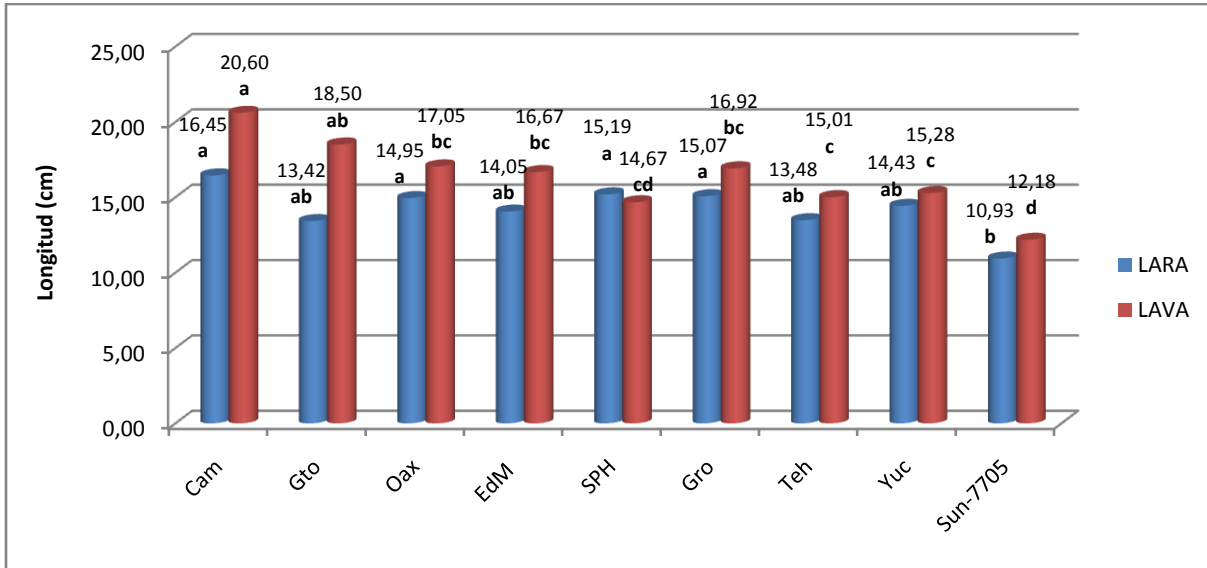


Figura 2.2. Largo de raíz y largo de vástago de ocho grupos de acervos nativos de jitomate mexicano y el híbrido comercial Sun-7705. †Valores con diferente letra son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

Cuadro 2.5. Número de nudos de acervos nativos de jitomate mexicano y el híbrido comercial Sun-7705.

Acervo nativo	Número de nudos	
	Media	
Campeche	6.100	a [†]
Guanajuato	3.800	de
Oaxaca	4.733	bc
Estado de México	5.400	ab
Región Puebla-Hidalgo (SPH)	5.266	b
Guerrero	5.200	b
Puebla (Teh)	4.400	cd
Yucatán	4.000	de
Sun-7705 (testigo)	3.378	e
DHS	1.355	

[†]Valores con diferente letra son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$)

Cuadro 2.6. Largo de hoja y ancho de hoja de acervos nativos de jitomate mexicano y el híbrido comercial Sun-7705.

Origen	Largo de hoja (mm)		Ancho de hoja (mm)	
	Media		Media	
Campeche	77.790	b [†]	49.720	bc
Guanajuato	92.100	a	61.120	a
Oaxaca	63.680	c	41.613	c
Estado de México	70.980	bc	48.510	bc
Región Puebla-Hidalgo (SPH)	68.213	bc	47.513	bc
Guerrero	68.890	bc	47.560	bc
Puebla (Teh)	73.560	bc	50.730	abc
Yucatán	77.660	b	53.407	ab
Sun-7705 (testigo)	74.771	b	50.680	abc
DHS	21.846		23.437	

[†]Valores con diferente letra son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$)

En MSR y MSV, el grupo EdM (GPIV), que son poblaciones de tipo cherry, presentó los valores mayores (Anexo 2, Figura 2.3); en tanto que el híbrido comercial Sun-7705 (GPVI) fue inferior a GPIV en 14.63 y 29.06%, respectivamente. Además en DIAT, EdM superó al híbrido comercial Sun-7705 en 21.10% (Anexo 3, Figura 2.4).

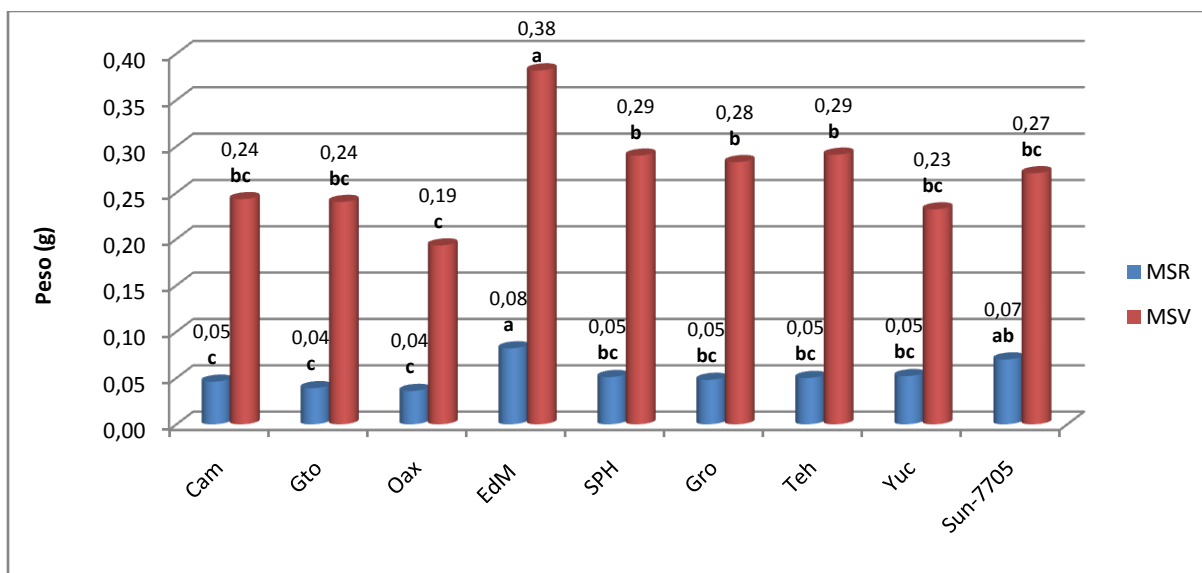


Figura 2.3. Materia seca de raíz y materia seca de vástago de ocho grupos de acervos nativos de jitomate mexicano y el híbrido comercial Sun-7705. [†]Valores con diferente letra son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

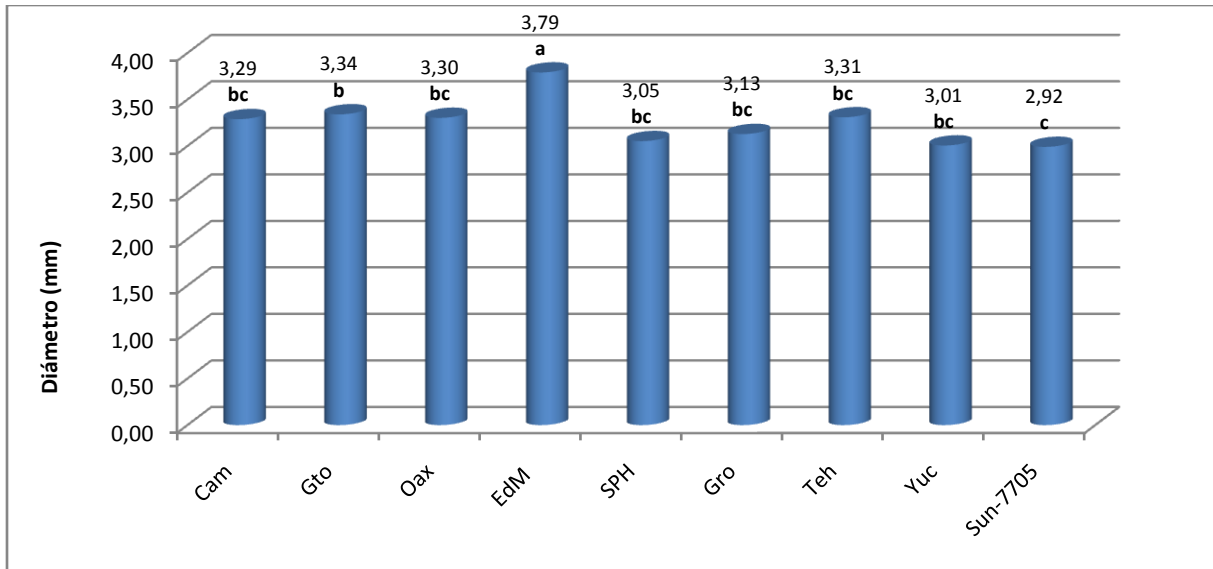


Figura 2.4. Diámetro de tallo de ocho grupos de acervos nativos de jitomate mexicano y el híbrido comercial Sun-7705. †Valores con diferente letra son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

Los resultados muestran un amplio intervalo de variación entre los diferentes orígenes, conformados por las poblaciones nativas evaluadas, de manera similar a Salgado *et al.* (2008), y concuerdan con los de Carrillo y Chávez (2010), quienes en una caracterización agromorfológica de 49 muestras de jitomate silvestre y semi-domesticado de Oaxaca, México, encontraron diversidad amplia entre poblaciones, tanto en fenología como en morfología de planta adulta.

Nuestros resultados muestran que la variación entre poblaciones nativas es de tal naturaleza que se manifiesta aun en estados tan tempranos como el de plántula; que algunos grupos comparten la magnitud de algunas características morfológicas; y que algunas poblaciones nativas presentan mejor calidad de plántula, manifestada en forma de mayor acumulación de materia seca, número de nudos y longitud de plántula, lo que representa una ventaja competitiva en relación a la variedad mejorada. Características que están disponibles en las poblaciones nativas para su incorporación a los programas de mejoramiento.

La diversidad observada, puede ser explicada por las diferencias en las condiciones del medio en que las poblaciones nativas han evolucionado y desarrollado su potencial genético y fenotípico. La influencia de los factores medioambientales determinan los patrones adaptativos y de distribución de las especies y, por lo tanto, de los rasgos morfológicos que presentan (Nakazato *et al.*, 2008). Además, esta diversidad morfológica podría estar determinada por la constante selección que los agricultores hacen con base en características deseables como tolerancia a la salinidad, resistencia o tolerancia al ataque de insectos o enfermedades (Perales y Aguirre, 2008).

Estas características presentan a su vez una gran importancia para su posible uso como fuente de mejoramiento del jitomate en la producción de plántulas de calidad. Markovic *et al.* (1997) mencionan que el obtener plántulas de calidad, además del mejor desarrollo del cultivo, determina significativamente el rendimiento y el tamaño del fruto. Los indicadores básicos de calidad son: altura de la plántula al momento del trasplante (20 a 30 cm); número y tamaño de hojas (6 a 7 hojas); contenido de materia seca, importante para un buen enraizamiento y evitar el estrés al momento del trasplante (9.0 a 11.3%). Por otro lado Liptay *et al.* (1981) hacen referencia del grosor del tallo como característica de calidad, ya que a mayor diámetro, el rendimiento en las cosechas tempranas en el cultivo del jitomate son mayores en comparación con plántulas con menor diámetros de tallo; ya que las reservas adicionales adquiridas por plantas más robustas, les permite un cuajado de fruto con mayor rapidez.

CONCLUSIONES

Los acervos de poblaciones nativas de jitomate evaluadas mostraron un comportamiento similar e incluso superior al testigo en las características de plántula evaluadas. Los resultados muestran una amplia variabilidad genética en las poblaciones nativas, que se cultivan en sistemas de producción tradicionales y que representan una fuente importante de recursos genéticos para el mejoramiento de esta especie. Las características distintivas de plántula permitirán hacer una selección temprana, favorable para maximizar el uso de los recursos, ya sea en su utilización con fines comerciales o para mejoramiento genético. Las diferencias que se observan entre los orígenes de las poblaciones, pueden ser explicadas por las condiciones ambientales que prevalecen en cada zona en las que han sido desarrolladas, y por la constante presión de

selección que se lleva a cabo por parte de los productores tradicionales, fenómeno que determina las características morfológicas y que caracterizan a cada población.

LITERATURA CITADA

- Carrillo R., J. C., y J. L. Chávez S. 2010. Caracterización Agromorfológica de muestras de Tomate de Oaxaca. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 33 (4):1 – 6.
- Costa J., G. Palomares, J. Cuartero, y F. Nuez. 1983. Recursos fitogenéticos de tomate en México. In: XV Jornadas de estudio de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario. 1983. Los recursos fitogenéticos y las nuevas variedades vegetales: su impacto en el sector agrario. ITEA. 2: 38-50.
- Enríquez del V., J. R., G. Carrillo C., P. Sánchez G., M. N. Rodríguez M., y M. C. Mendoza C. 2000. Fertilización para la óptima adaptación y vigor de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) obtenidos *in vitro*. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 23:59-68.
- Flores G., D., M. Sandoval V., P. Sánchez G., P. Ramírez V. and M. N. Rodríguez G. 2011. Yield of native genotypes of tomato as affected by electrical conductivity of the nutrient solution. In: II International Symposium on Soilless Culture and Hydroponics. International Society for Horticultural Science. *Acta Horticulturae* (eds). Puebla, México. pp. 29.
- Jenkins, J., A. 1948. The origin of the cultivated tomato. *Economic Botany*. 2 (4): 379-392. Published by: Springer on behalf of New York Botanical Garden Press Stable URL: <http://www.jstor.org/stable/4251913>. Accessed: 02/05/2009 16:47.
- Juárez-López, P., R. Castro-Brindis, T. Colinas-León, P. Ramírez-Vallejo, M. Sandoval-Villa, D. W. Reed, L. Cisneros-Zevallos, y S. King. 2009. Evaluación de calidad en frutos de siete genotipos nativos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*). *Revista Chapingo. Serie horticultura*. 15(2): 5-9. Universidad Autónoma Chapingo, México.
- Liptay, A., C. A. Jaworski, and S. C. Phatak. 1981. Effect of tomato transplant stem diameter and ethephon treatment on tomato yield, fruit size and number. *Canadian Journal of Plant Science*. 61: 413-415.
- Markovic, V., M. Djurovka, and Z. Ilin. 1997. The effect of seedling quality on tomato yield, plant and fruit characteristics. International Society for Horticultural Science. *Acta Horticulturae*. 462:163-170. http://www.actahort.org/books/462/462_21.htm

- Méndez I., I., A. M. Vera G., J. L. Chávez S., and J. C. Carrillo R. 2011. Quality of fruits in mexican tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) landraces. VITAE, Revista de la Facultad de Química Farmacéutica. 18(1): 26-32.
- Nakazato, T., M. Bogonovich, and L. C. Moyle. 2008. Environmental factors predict adaptive phenotypic differentiation within and between two wild Andean tomatoes. Evolution 62(4): 774–792. Online publication date: 1-Apr-2008.
- Perales R., H. R., y J. R. Aguirre R. 2008. Biodiversidad humanizada. In: Capital natural de México. Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio, México. 1:565-603.
- SAS, Statistic Analysis System. 2002. SAS/STAT. Ver. 9. SAS Inst. Inc. Cary NC, USA.
- Salgado M., L., P. Ramírez V., J. Canul K., y M. N. Rodríguez G. 2008. Diversidad genética de plántulas en poblaciones nativas de jitomate. In: Memoria del XXII Congreso Nacional y II internacional de Fitogenética. Sociedad Mexicana de Fitogenética. Chapingo, Estado de México, México. pp:272.
- Tucker, G., P. Walley, and G. Seymour. 2007. Tomato. In: Biotechnology in Agriculture and Forestry. Transgenic Crops IV. Pua, E.C., and M.R. Davey (eds.). Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 59:163-180.
- Urrieta V., J. A., M. N. Rodríguez M., P. Ramírez V., J. A. Santizo R., y L. del M. Ruíz P. 2008. Calidad del fruto de tomate de costilla en postcosecha. In: Memoria del XXII Congreso Nacional y II internacional de Fitogenética. Sociedad Mexicana de Fitogenética. Chapingo, Estado de México, México. pp: 228.

CAPÍTULO III. EVALUACIÓN DE CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS RELEVANTES EN POBLACIONES NATIVAS DE JITOMATE MEXICANO

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar en invernadero e hidroponía, características agronómicas relevantes en 18 poblaciones nativas de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) provenientes de los estados de Oaxaca (Oax-160, Oax-165 y Oax-173-5-1), Guerrero (Gro-78 y Gro-79), Campeche (Cam-3 y Cam-5), Yucatán (Yuc-7, Yuc-24 y Yuc-65), Puebla (Teh-205 y Teh-219), región Puebla-Hidalgo (S-P-18, P-H-106 y P-C-277-A), Estado de México (Mont-12, Mal-49) y Guanajuato (Gto-11). Como testigo se utilizó el jitomate comercial Sun-7705 (Nunhems[®], tipo saladette). Se utilizó un diseño experimental en bloques al azar con tres repeticiones, siendo una unidad experimental el conjunto de cinco macetas. Cada maceta consistió de una planta de jitomate establecida en una bolsa de polietileno negro con 15 L de tezontle rojo como sustrato (diámetro ≤ 12 mm). Las plantas se regaron con solución nutritiva Steiner complementada con micronutrientes. Se evaluaron 12 caracteres: altura de planta (AP), altura al primer racimo (APR), diámetro de tallo (DT), número de hojas (NH), largo de fruto (LAF), ancho de fruto (ANF), frutos por racimo (FRR), peso promedio de frutos (PPF), rendimiento (REND), días a floración (DFL), días a fructificación (DFR) y días a cosecha (DC). Se encontró que los genotipos Yuc-24 y Yuc-65 presentaron la mayor AP, mientras que Mont-12 el mayor número de FRR. Cam-3 y Cam-5 sobresalieron de las demás poblaciones al presentar resultados similares al testigo en REND, FRR, LAF, ANF, APR y DFR; además mostraron una mayor precocidad en DFL y DC después de la siembra (dds), y menor altura de planta.

Palabras clave: *Lycopersicon esculentum*, nativo, recursos, invernadero, hidroponía.

INTRODUCCIÓN

México es uno de los centros de origen de la agricultura y de muchas especies vegetales fundamentales para la vida humana (Perales y Aguirre, 2008). Dentro de estas especies se encuentra el jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cuyo centro de domesticación es muy probable haya ocurrido en nuestro país (Jenkins, 1948). Esta especie representa un gran potencial económico debido al valor de su producción, a la mano de obra que ocupa y porque es el principal producto hortícola de exportación (Muñoz *et al.*, 1995; Ramos *et al.*, 2006). México se ubicó en el décimo lugar dentro de los principales países productores de jitomate, con un volumen de producción cercano a las tres millones de toneladas, en un área cosechada de casi 102 mil ha y un rendimiento de 28.85 t/ha, en el 2008 (FAOSTAT, 2010; datos actualizados al 2 de septiembre del 2010). Sin embargo, la producción de esta hortaliza se lleva a cabo utilizando cultivares mejorados de importación, con alto precio de la semilla, lo que hace necesario desarrollar variedades nacionales para explotación (Ramos *et al.*, 2006).

Los recursos genéticos conservados *ex situ* y/o *in situ*, permiten disponer del material genético para desarrollar nuevas variedades o mejorar las existentes. A nivel mundial, conservadas *ex situ*, se encuentran más de 75 mil accesiones de germoplasma de *Lycopersicon*, resguardadas en más de 120 países en diferentes instituciones nacionales. En Estados Unidos se encuentra la mayor colección de germoplasma de jitomate en la Unidad de Recursos Genéticos Vegetales, del Departamento de Agricultura (USDA) y en el Centro de Recursos Genéticos del Tomate (TGRC) (Robertson y Labate, 2007; Muller, 2007). *In situ*, se encuentran poblaciones nativas, tanto silvestres como cultivadas, que han sido conservadas y desarrolladas por agricultores tradicionales, que no han sido sometidas a un mejoramiento sistemático y científicamente controlado, cuya semilla es producida por el mismo agricultor (Sevilla, 2006), y que se mantienen en constante evolución, sujetas a las presiones de selección naturales e inducidas, cuyo aprovechamiento se lleva a cabo a nivel local y regional.

El aprovechamiento de estos recursos ha hecho posible las mejoras que han llevado a los cultivares modernos de jitomate, sobre todo en aspectos como resistencia a plagas y enfermedades, rendimiento y calidad de fruto (Bai y Lindhout, 2007).

En México se pueden encontrar una amplia variedad de cultivares de jitomate (*Lycopersicon esculentum*) y de la variedad cerasiforme, incluyendo formas de fruto dorado; desde el sureste en la península de Yucatán, hasta el norte en los estados de Sinaloa y Nayarit; distribuidas en diferentes condiciones ambientales, que van desde zonas ligeramente superiores al nivel del mar (9 m) hasta las cercanas a los 3000 m.s.n.m., bajo condiciones de temporal y con variaciones en la precipitación (Costa *et al.*, 1983).

Estudios realizados con estas poblaciones han mostrado una amplia variabilidad en características de interés agronómico, de tal manera que en algunos casos llegan éstas superan a los cultivares mejorados, sobre todo en calidad. Este potencial agronómico puede ser útil para la obtención de variedades mejoradas con mejor calidad, adaptadas a las condiciones de la agricultura nacional, y como fuente de genes en programas de mejoramiento. (Ramírez, 2010). No obstante la importancia de dichos cultivares, en muchas regiones las poblaciones nativas se encuentran en peligro de extinción en la medida que son sustituidos por cultivares mejorados (Ortiz, 1978; Camacho *et al.*, 2006). Dado que estos recursos nativos representan reservas de diversidad y adaptabilidad genética, con las que será posible amortiguar los cambios ambientales y económicos, la pérdida de este germoplasma representa una seria amenaza a la seguridad alimentaria de los pueblos en el futuro (Ramírez *et al.*, 2000).

Con el fin de generar alternativas para el aprovechamiento integral del germoplasma nativo, se desarrolla en el Postgrado de Recursos Genéticos y Productividad-Genética, del Colegio de Postgraduados el proyecto denominado Valoración Integral de la Diversidad de Poblaciones Nativas de Jitomate Mexicano, apoyado por el CONACYT, México. Como parte de este proyecto se han colectado, evaluado y seleccionado diversas poblaciones de jitomate nativo mexicano, y se han desarrollado poblaciones elite y selecciones individuales; de las que es necesario, conocer con mayor precisión sus características agronómicas particulares para determinar su mejor forma de utilización y su valor genético, para su incorporación en programas de mejoramiento.

El objetivo de esta investigación fue evaluar poblaciones nativas de jitomate mexicano, cultivadas en invernadero e hidroponía, con base en características de interés agronómico e

identificar genotipos sobresalientes agrónomicamente, bajo la hipótesis, de que algunas poblaciones nativas se adaptan eficientemente al cultivo y manejo en invernadero e hidroponía.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en un invernadero del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México; localizado a 19°27'36.47" de latitud norte y 98°54'12.73" longitud oeste, y una altitud de 2250 metros sobre el nivel del mar.

Material genético

Se evaluaron 18 poblaciones nativas de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) provenientes de los estados de Oaxaca (Oax-160, Oax-165 y Oax-173-5-1), Guerrero (Gro-78 y Gro-79), Campeche (Camp-3 y Camp-5), Yucatán (Yuc-7, Yuc-24 y Yuc-65), Puebla (Teh-205 y Teh-219), región Puebla-Hidalgo (S-P-18, P-H-106 y Pue-cherry-277-A), Estado de México (Mont-12, Malin-49) y Guanajuato (Gto-11). Las poblaciones Yuc-7 y Gto-11, corresponden a poblaciones derivadas de selección de variedades comerciales, obtenidas de agricultores. Como testigo se utilizó el híbrido comercial Sun-7705 (Nunhems[®], tipo saladette).

Manejo del experimento

La siembra se realizó el once de abril del 2010. Se utilizaron 25 semillas de cada población, que se pre-germinaron sumergiéndolas en una solución de KNO₃ al 2%, durante tres días. Posteriormente se sembraron en charolas de germinación con 200 cavidades, utilizando peat-moss como sustrato. Las plántulas así obtenidas, se mantuvieron en el invernadero cuyo cuidado consistió en aplicarles dos riegos diarios con agua. A los 36 días se realizó el trasplante (18 de mayo) en bolsas de polietileno negro 40x40 (capacidad de 15 litros) calibre 700, utilizando tezontle rojo tipo sello como sustrato (diámetro \leq 12 mm). Durante el desarrollo del cultivo la nutrición de las plantas se realizó con solución nutritiva Steiner complementada con micronutrientes y dosificada de la siguiente manera: al 25% (0.5 dS m⁻¹) durante la primera semana posterior al trasplante, luego al 50% (1.0 dS m⁻¹) hasta la séptima semana después del trasplante, a partir de este momento se aplicó al 100% (2.0 dS m⁻¹); el volumen de riego aplicado diariamente fue de 0.3 a 2.5 litros por planta, dependiendo de la etapa de crecimiento. El pH de la solución se mantuvo en el intervalo de 5.5 a 6.5. El pH y la conductividad eléctrica (CE) se

monitoreó con el equipo Combo Waterproof HI-98129 (Hanna Instruments). El cultivo se llevó hasta el sexto racimo, momento en el cual se despuntó la planta arriba de la tercera hoja posterior a dicho racimo. Durante el desarrollo del cultivo se efectuaron raleos dejando seis frutos por racimo en todas las repeticiones. Se presentó mosquita blanca, utilizando para su control el producto homeopático *Bemisia tabaci* (0.05 mL L⁻¹); para el control de Botrytis, Tizón tardío y mancha bacteriana, se utilizaron de manera alternada: Mancozeb (2 g L⁻¹), Cupravit (2 g L⁻¹), Ridomil gold (1.5 mL L⁻¹) y Serenade (3 g L⁻¹).

Diseño experimental

Se utilizó un diseño en bloques al azar con tres repeticiones, correspondiendo una unidad experimental al conjunto de cinco macetas, con una planta de jitomate cada maceta, obteniendo un total de 285 plantas y 57 unidades experimentales. La densidad de siembra fue de 5 plantas por m².

Características evaluadas

Las características evaluadas, correspondientes a morfología de la planta y fruto, y fenológicas del cultivo se presentan en el Cuadro 3.1.

Cuadro 3.1. Caracteres cuantitativos evaluados en 18 poblaciones nativas de jitomate y en el híbrido comercial Sun-7705.

	Caracteres	Unidad	Acrónimo
Planta	Altura de planta	cm	AP
	Altura al primer racimo	cm	APR
	Diámetro de tallo	cm	DT
	Número de hojas	Numérico	NH
Fruto	Frutos por racimo	Numérico	FRR
	Largo de fruto	mm	LAF
	Ancho de fruto	mm	ANF
	Peso promedio de frutos	g	PPF
	Rendimiento	Kg	REND
Fenología	Días a floración	Numérico	DFL
	Días a fructificación	Numérico	DFR
	Días a cosecha	Numérico	DC

Altura de planta y al primer racimo

Se determinaron con un flexómetro, una vez efectuado el despunte de la planta. La altura de planta se obtuvo midiendo la longitud desde la ubicación de las hojas cotiledonares hasta la tercera hoja posterior al sexto racimo. La altura al primer racimo se midió desde las hojas cotiledonares hasta el nudo del primer racimo.

Diámetro de tallo

Se midió con un vernier graduado en la base del tallo, en el nudo cotiledonar, en la etapa de maduración del sexto racimo.

Número de hojas

Se obtuvo el total de hojas por planta desde la base hasta la altura de despunte.

Largo y ancho de fruto

Se determinó con un vernier graduado en diez frutos por unidad experimental y repetición, en etapa de madurez comercial.

Frutos por racimo

Se contabilizó a medida que estos llegaron a la madurez comercial.

Peso promedio de frutos

Se determinó con base en el número total de frutos cosechados en los seis racimos.

Rendimiento por planta

Se obtuvo con base en el peso total de los frutos cosechados en los seis racimos.

Días a floración y a fructificación

Ambas etapas se determinaron en el primer racimo. La primera etapa se consideró desde la fecha de siembra al inicio de la apertura de la flor; mientras que la segunda, comprendió los días transcurridos desde la siembra al inicio de la formación del fruto.

Días a cosecha

Se consideró como los días transcurridos de la siembra a la cosecha del primer fruto en madurez comercial.

Análisis estadístico

Los datos se analizaron con el paquete estadístico SAS (Versión 9.0) (SAS Institute, 2002) realizando el análisis de varianza con base en un modelo de bloques completamente al azar, y una prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el desarrollo del cultivo tres poblaciones nativas presentaron algunas plantas con hábito de crecimiento determinado. Gro-79 y Gto-11 mostraron dicho hábito de crecimiento en 6.70 y 46.70%, respectivamente; mientras que en Yuc-7 todas las plantas mostraron este tipo de hábito. En relación con la última población, Vásquez *et al.* (2010) observaron un comportamiento similar en la evaluación morfo-agronómica de 16 genotipos de jitomate nativo realizada en Oaxaca, México.

Los análisis de varianza muestran diferencias entre las poblaciones evaluadas ($P \leq 0.05$). Los coeficientes de variación, estuvieron en un intervalo de 3.37 a 38.08%; los valores más altos correspondieron a las características REND, FRR y PPF, en el orden de 38.08%, 21.46% y 20.11%, respectivamente (Cuadro 3.2). Las diferencias observadas pueden ser explicadas por la amplitud de la variación fenotípica presente en las poblaciones, ya que provienen de diferentes orígenes genéticos y presentan hábitos de crecimiento contrastantes.

Cuadro 3.2. Significancias estadísticas de caracteres cuantitativos evaluados en 18 poblaciones nativas de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y en el híbrido comercial Sun-7705.

	Altura de planta	Altura al primer racimo	Diámetro de tallo	Número de hojas	Días a floración	Días a fructificación
Población	<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**
Media	192.26	32.38	14.42	25.52	59.41	69.11
CV (%)	6.29	10.21	6.69	4.02	3.92	3.37
DHS	37.349	10.215	2.981	3.172	7.195	7.199

	Días a cosecha	Frutos por racimo	Largo de fruto	Ancho de fruto	Peso promedio de fruto	Rendimiento
Población	<0.0001**	0.0002**	<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**
Media	131.04	3.63	52.98	48.63	48.32	1019.30
CV (%)	4.85	21.46	8.41	7.47	20.11	38.08
DHS	19.653	2.407	13.765	11.216	30.028	1199.400

^{y*},^{**}: significativo a $P \leq 0.05$ y 0.01 , respectivamente. CV: coeficiente de variación. DHS: diferencia honestamente significativa.

Características de planta

La altura de planta (AP) es una característica importante en el aprovechamiento de variedades de crecimiento indeterminado, ya que a mayor altura se aumenta la frecuencia en la manipulación del cultivo, para el tutoreo y bajado de la planta, con el consiguiente riesgo de dañar los tallos y el incremento en la mano de obra (Pilatti y Bouzo, 2000).

Las poblaciones Yuc-24 y Yuc-65, presentaron la mayor AP, superando al híbrido Sun-7705 en 27.77 y 26.03%, respectivamente. De las 18 poblaciones, ocho tuvieron una altura menor que el híbrido, siendo seis de éstas de origen Cam-3 y 5, P-H-106, P-C-277-A, Gro-79 y Mont-12; y dos correspondientes a generaciones avanzadas de variedades mejoradas (Yuc-7 y Gto-11) (Anexo 4, Figura 3.1). En altura al primer racimo (APR) Teh-205 superó al híbrido en 40.81%; cuatro de las 18 poblaciones evaluadas, presentaron valores estadísticamente similares al híbrido (Cam-3, P-H-106, Gro-78 y Mont-12); mientras que, Cam-5 y Yuc-7 mostraron alturas menores que el testigo (Anexo 4, Figura 3.2).

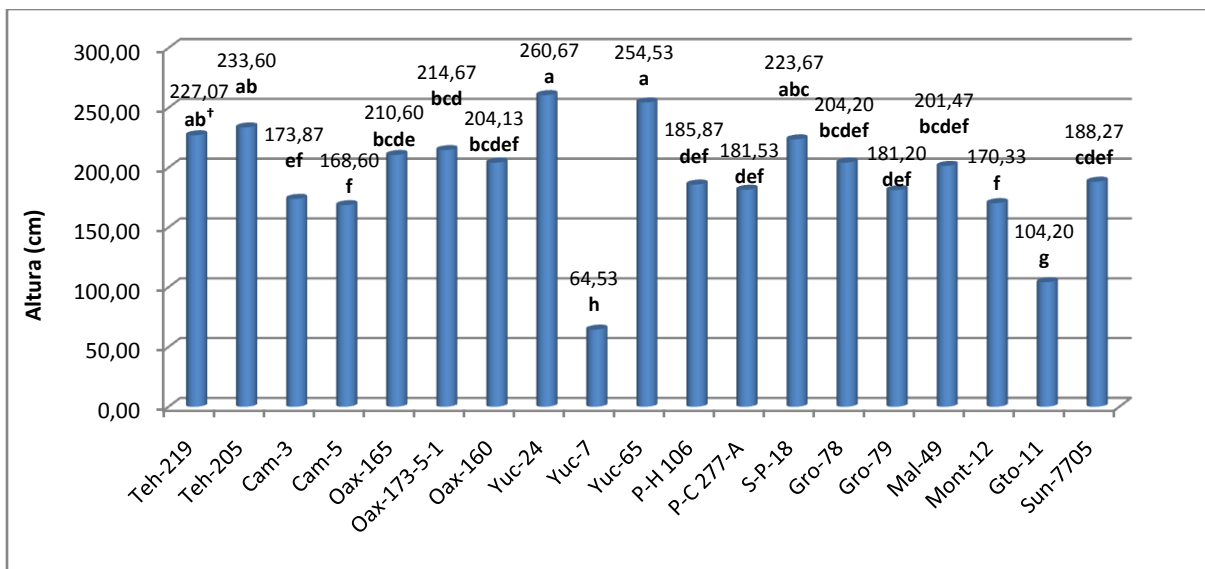


Figura 3.1. Altura de planta de poblaciones nativas de jitomate mexicano y un híbrido comercial Sun-7705. †Valores con diferente letra son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

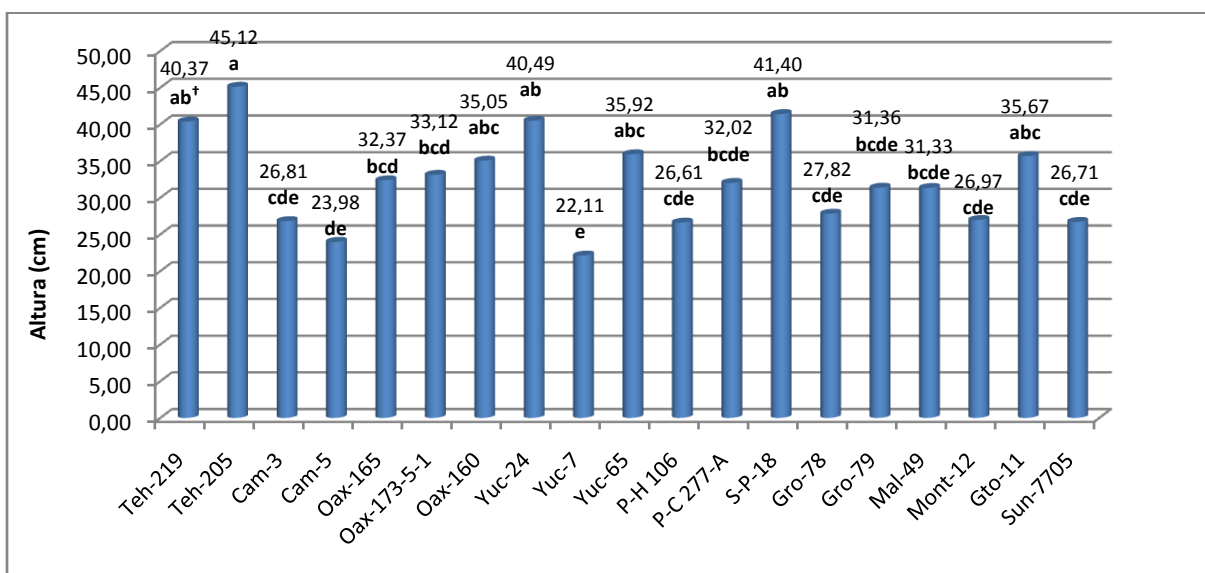


Figura 3.2. Altura al primer racimo de poblaciones nativas de jitomate mexicano y un híbrido comercial Sun-7705. †Valores con diferente letra son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

Las poblaciones nativas con AP similar o inferior al de las variedades comerciales, presentan ventaja competitiva para su aprovechamiento bajo condiciones de invernadero e hidroponía. Por lo tanto las poblaciones nativas Cam-3 y 5, P-H-106, P-C-277-A, Gro-79 y Mont-12, pueden ser

sobresalientes con base en esta característica, para su aprovechamiento con fines comerciales o como fuente de genes para el mejoramiento de otros cultivares.

En diámetro de tallo (DT), de las poblaciones evaluadas, 9 de ellas mostraron un DT mayor al híbrido comercial, como las poblaciones nativas Oax-173-5-1, Teh-219, Oax-160, Oax-165, Gro-79, Teh-205, P-C 277-A, Gro-78 y Yuc-65. De éstas, Oax-173-5-1, obtuvo el DT mayor, superando a Sun-7705 en 21.42%; en contraste, Yuc-7 tuvo el valor más bajo, resultando 12.51% inferior al híbrido comercial (Anexo 5, Figura 3.3). Estos resultados fueron inferiores a lo esperado en un tallo típico, que se encuentra en el intervalo de 20 a 40 mm (Chamarro, 1995). Aunque, en términos generales, las poblaciones nativas mostraron diámetros de tallo mayores.

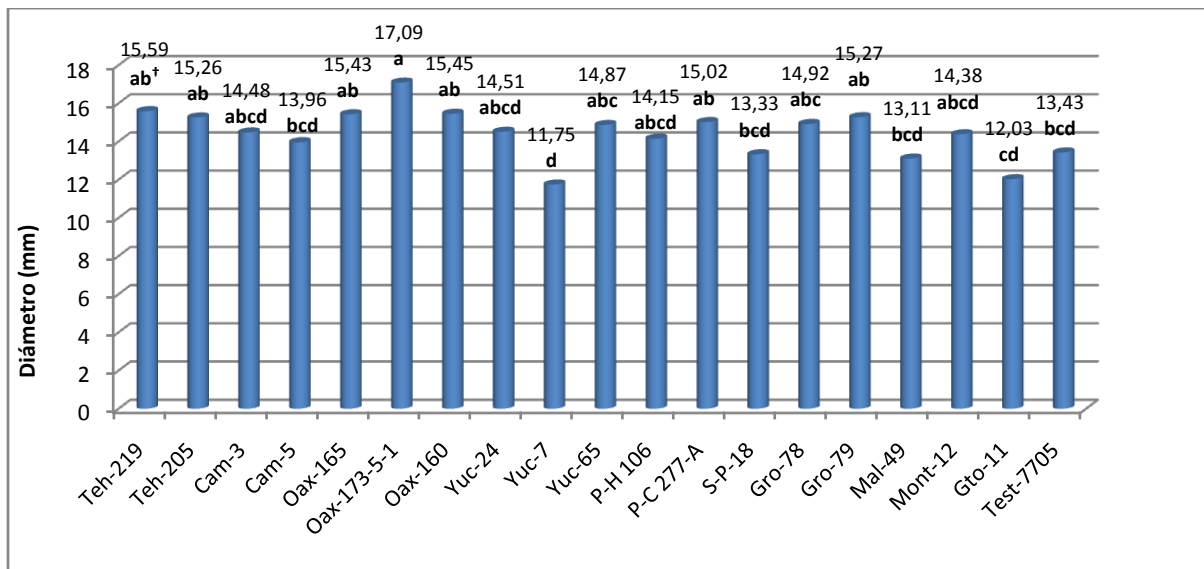


Figura 3.3. Diámetro de tallo de poblaciones nativas de jitomate mexicano y un híbrido comercial Sun-7705. †Valores con diferente letra son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

Lo anterior, pudo ser debido a las altas temperaturas que presentes durante el desarrollo del cultivo, cercanas a los 40°C, que dieron lugar a tallos más delgados con una mayor proporción de tejido parenquimático y de agua (Muñoz, 2009); al incrementarse la velocidad de elongación del tallo (Calvert, 1964, citado por Muñoz, 2009).

La respuesta observada, en los materiales genéticos evaluados, pudo ser acrecentada por los distintos orígenes de adaptación, que determinan su probable tolerancia a las altas temperaturas; como en el caso de la población nativa Oax-173-5-1, que superó al testigo, al presentar un diámetro de tallo de 17.09 mm; valor cercano a lo que se espera en un tallo típico (20 mm).

Esta condición es de importancia agronómica, ya que a mayor diámetro en la parte baja contribuye al anclaje de la planta, y en las partes media y alta fortalece el sostén de ramas y racimos (Vallejo *et al.*, 1994). Estos aspectos son importantes para el desarrollo y crecimiento de la planta y el manejo del cultivo, sobre todo en plantas de hábito indeterminado.

El diámetro de tallo mostró una relación positiva con el número de hojas ($r=0.52$) y días a fructificación ($r=0.41$), y en segundo orden con largo de fruto ($r=0.36$) y ancho de fruto ($r=0.28$), por lo que ésta característica morfológica está más relacionada con la fenología y desarrollo de la población (Cuadro 3.3).

Esta situación pudo deberse a las condiciones de poca luminosidad en el cultivo, al contar con espacio limitado para su desarrollo, situación que favorece en el jitomate el desarrollo vegetativo sobre el desarrollo generativo (Heuvelink, 1995); derivando además, en un número de días mayor a la fructificación. Por otra parte, la relación positiva con el largo y ancho de fruto, pudo generarse por la acumulación de materia seca en el fruto, situación que depende de la producción de asimilados, determinada entre otros factores, por el área fotosintética (Muñoz, 2009).

Cuadro 3.3. Coeficientes de correlación de 11 características evaluadas en poblaciones nativas de jitomate mexicano y en el híbrido comercial Sun-7705.

	AP	APR	DT	NH	DC	DFL	DFR	LAF	ANF	FRR	PPF
APR	0.58*	1.00									
DT	0.49*	0.17	1.00								
NH	0.92*	0.50*	0.52*	1.00							
DC	0.35*	0.30*	0.18	0.21	1.00						
DFL	0.56*	0.57*	0.26	0.44*	0.78*	1.00					
DFR	0.69*	0.53*	0.41*	0.57*	0.77*	0.89*	1.00				
LAF	0.33*	0.14	0.36*	0.37*	0.15	0.17	0.25	1.00			
ANF	0.28*	0.15	0.28*	0.30*	0.14	0.18	0.21	0.98*	1.00		
FRR	-0.07	-0.22	0.18	-0.15	-0.16	-0.06	-0.10	-0.20	-0.20	1.00	
PPF	-0.02	0.09	-0.00	-0.03	-0.08	-0.05	-0.10	0.71*	0.80*	-0.16	1.00
REND	-0.07	-0.06	0.10	-0.15	-0.10	-0.03	-0.08	0.52*	0.61*	0.43*	0.79*

*: Significativo a $p \leq 0.05$. AP: altura de planta; APR: altura al primer racimo; DT: diámetro de tallo; NH: número de hojas; DC: días a cosecha; DFL: días a floración; DFR: días a fructificación; LAF: largo de fruto; ANF: ancho de fruto; FRR: frutos por racimo; PPF: peso promedio de frutos; REND: rendimiento.

El mayor número de hojas (NH) lo obtuvieron Yuc-65 y Yuc-24, que superando a Sun-7705 en 40.38 y 38.76%, respectivamente (Anexo 5, Figura 3.4). Yuc-7 y Gto-11 presentaron los valores más bajos, ya que el NH en ambas poblaciones, estuvo determinado por el hábito de crecimiento determinado que presentaron, en 100% de las plantas evaluadas en la primera población y en 46.70% en la segunda.

El NH correlacionó positiva y altamente significativa con la altura de planta ($r=0.92$), debido a que el número de hojas se incrementa aumentar la altura de la planta, comportamiento relacionado con el hábito de crecimiento (Cuadro 3.3). El número de hojas determina el área foliar total, lo que es importante porque un área mayor significa más actividad fotosintética y, por lo tanto, una mayor producción de esqueletos carbonatados, los cuales son utilizados por la planta o almacenados en el tallo (Preciado *et al.*, 2002).

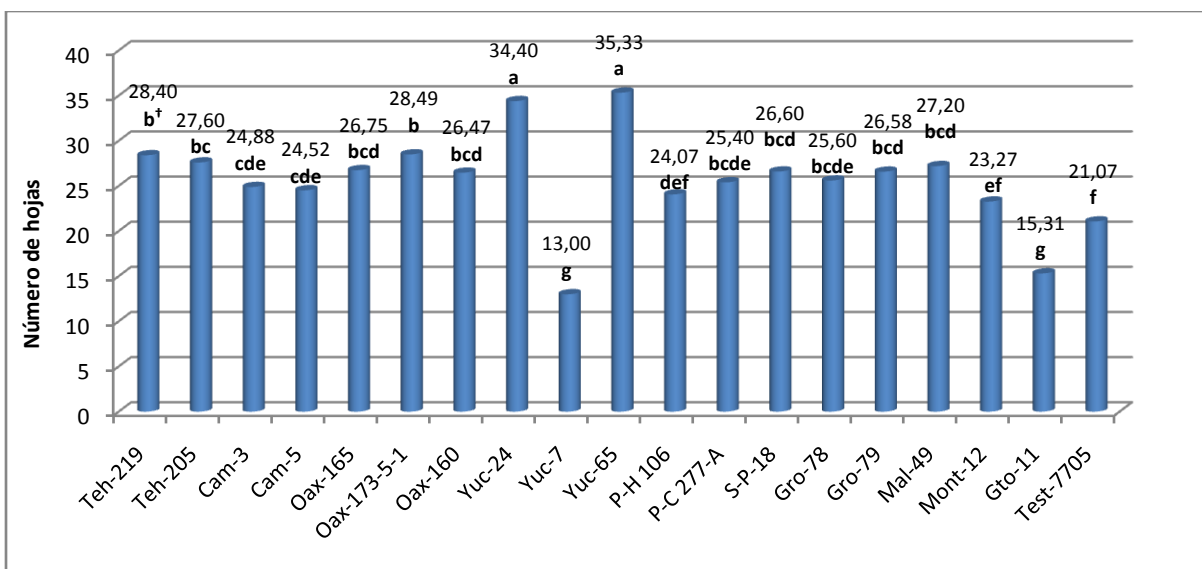


Figura 3.4. Número de hojas de poblaciones nativas de jitomate mexicano y un híbrido comercial Sun-7705. [†]Valores con diferente letra son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

Características fenológicas

Las características fenológicas, son importantes agronómicamente porque variedades precoces, con menor número de días al inicio de la floración y una fructificación más temprana, permiten cosechar con mayor prontitud, permitiendo un uso más eficiente de la infraestructura instalada (invernadero) y por consiguiente, recuperar más rápidamente la inversión (Márquez *et al.*, 2006).

La población nativa, Teh-205, mostró el mayor número de días a floración (DFL) (Anexo 6, Figura 3.5) y fructificación (DFR) (Anexo 6, Figura 3.6), superando a Sun-7705 en 16.25 y 16.11%, en la primera y segunda característica. Mal-49 presentó el mayor número de días a la cosecha (DC) (Anexo 6, Figura 3.7), superando al híbrido en 15.09%. Por el contrario Cam-5 fue más precoz en número de DFL y DC, respecto al híbrido Sun-7705 en 8.09 y 4.15%, respectivamente. En contraste, Yuc-7, de hábito determinado fue el más precoz en DFR, con 4.05% menos días que el híbrido.

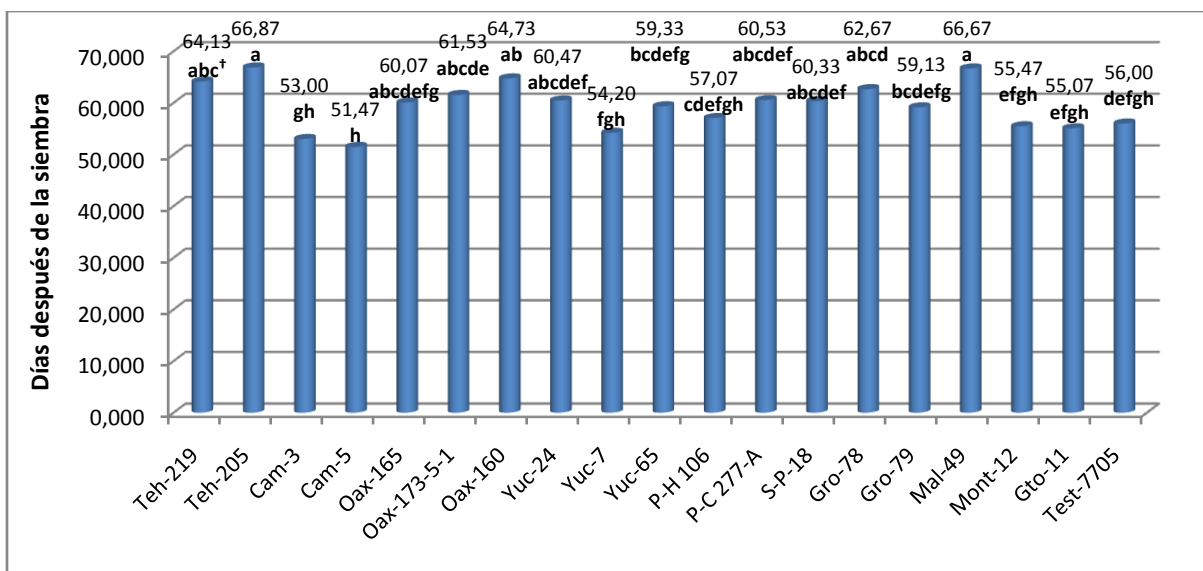


Figura 3.5. Días a floración de poblaciones nativas de jitomate mexicano y un híbrido comercial Sun-7705. †Valores con diferente letra son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

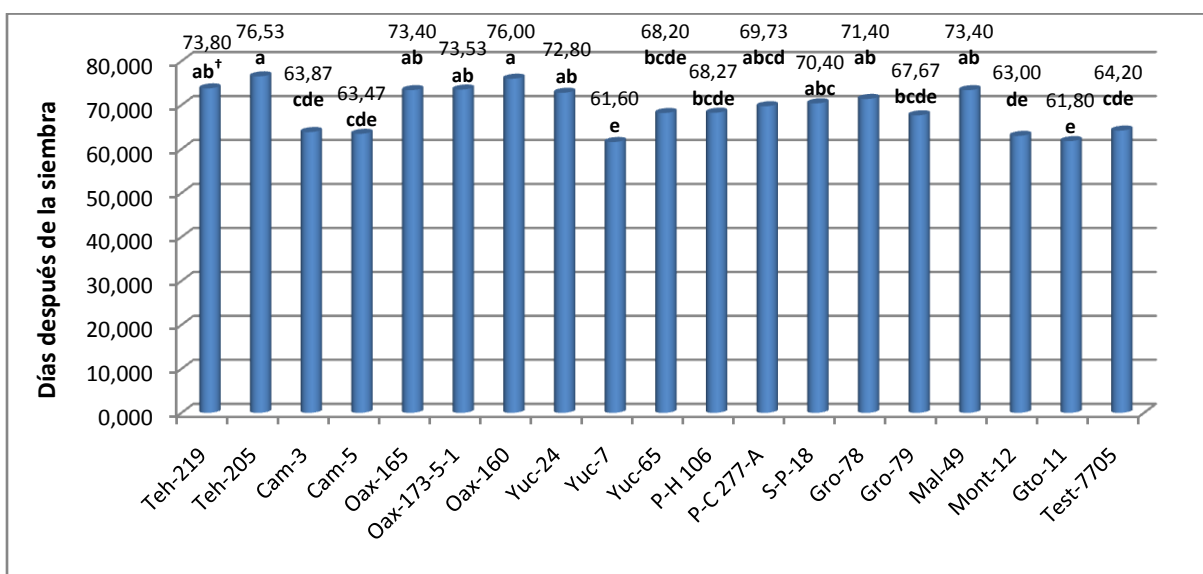


Figura 3.6. Días a fructificación de poblaciones nativas de jitomate mexicano y un híbrido comercial Sun-7705. †Valores con diferente letra son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

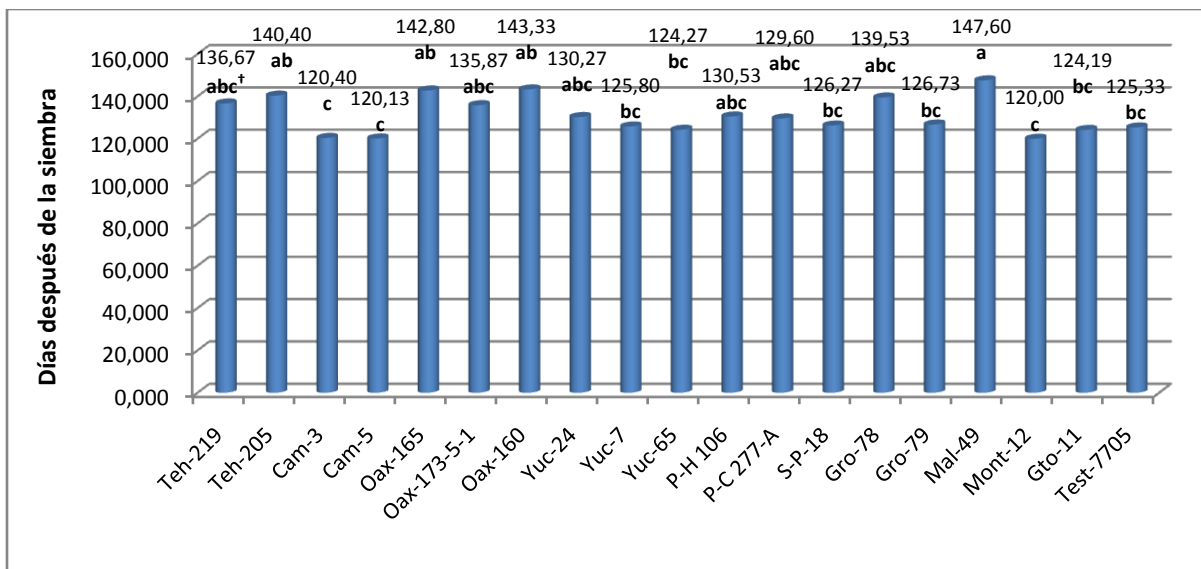


Figura 3.7. Días a cosecha de poblaciones nativas de jitomate mexicano y un híbrido comercial Sun-7705. †Valores con diferente letra son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

Los días a floración tuvieron una correlación positiva con días a fructificación ($r=0.89$) y días a cosecha ($r=0.78$); en consecuencia, el mayor número de días al inicio de la floración, retrasa el inicio de la fructificación, la maduración de los frutos y el inicio de la cosecha (Cuadro 3.3).

Características de fruto

El rendimiento (REND), frutos por racimo (FRR) y peso promedio de frutos (PPF) tuvieron la mayor variación y, por lo tanto, los coeficientes de variación (CV) más altos con 38.08, 21.46 y 20.11%, respectivamente (Cuadro 3.2). Los CV de REND y PPF se explican por la variabilidad en tipos, formas y tamaños de fruto de las poblaciones evaluadas; que incluyen desde tipos saladette hasta frutos tipo cereza (cherry) (Figura 3.8). Para el caso de FRR, la variabilidad observada pudo ser debida a factores genéticos asociados con los tipos y orígenes del germoplasma, que determinan el número potencial de frutos; así como, a la tolerancia del polen a las altas temperaturas. En este estudio se presentaron temperaturas diurnas cercanas a los 40°C, durante la floración y desarrollo de frutos, que ocasionaron tanto la caída de flor como el aborto de fruto. La temperatura óptima diurna para que se lleve a cabo la fertilización se encuentra entre 15.5 y 32.0°C; por lo que, periodos prolongados en temperaturas mayores o menores a dicho intervalo, ocasionan la caída de flor sin dejar frutos cuajados (Muñoz, 2009).



Tipo cereza (cherry)



Tipo bola



Tipo pimiento



Tipo arriñonado



Tipo saladette comercial

Figura 3.8. Tipos de frutos de poblaciones nativas de jitomate mexicano y un híbrido comercial Sun 7705.

Fruto tipo pimiento y saladette

En este grupo como en el total de las poblaciones evaluadas, Teh-205 presentó los valores más altos en peso promedio de frutos (PPF) y rendimiento (REND); aunque en ambas características fue inferior a Sun-7705 en 8.09 y 17.35%, respectivamente. Yuc-7 mostró el menor REND, 53.08% inferior a Sun-7705; mientras que, el PPF de Teh-219 fue inferior al testigo en 29.79% (Anexo 7, Figura 3.9 y 3.10). En longitud de fruto (LAF) y ancho de fruto (ANF), Teh-205 fue superior al testigo Sun-7705 en 18.65 y 16.61%, respectivamente; sin embargo, el número de frutos por racimo (FRR) fue menor al testigo (10.80%), condición que afectó su rendimiento. En lo que respecta a Yuc-7, la población mostró los valores más bajos en estas tres características (Anexo 7 y 8; Figura 3.11 y 3.12).

Los resultados obtenidos en poblaciones nativas, muestran que algunas de ellas presentan ventajas agronómicas comparativas, como es el caso de Teh-205 (PPF=72.81 g; REND=1816.50 g), cuando se comparan con otros estudios en híbridos de tipo saladette indeterminados, como el de Martínez *et al.* (2005) quienes, en Pxs5712 encontraron un peso promedio de fruto de 55.90 g y en Italfor un rendimiento por planta de 1791.00 g. Estos resultados tienen importancia si se considera que las condiciones de cultivo estuvieron limitadas por espacio y temperaturas, que afectaron la expresión del potencial de rendimiento.

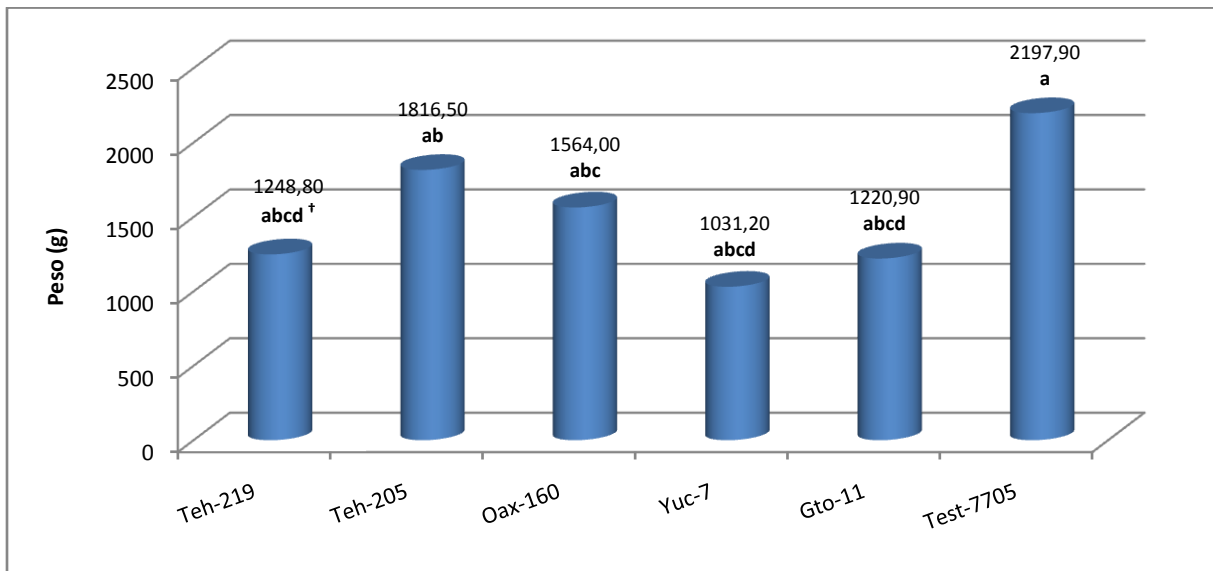


Figura 3.9. Rendimiento de poblaciones nativas de jitomate mexicano tipo pimiento y saladette, y un híbrido comercial Sun-7705. [†]Valores con diferente letra son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

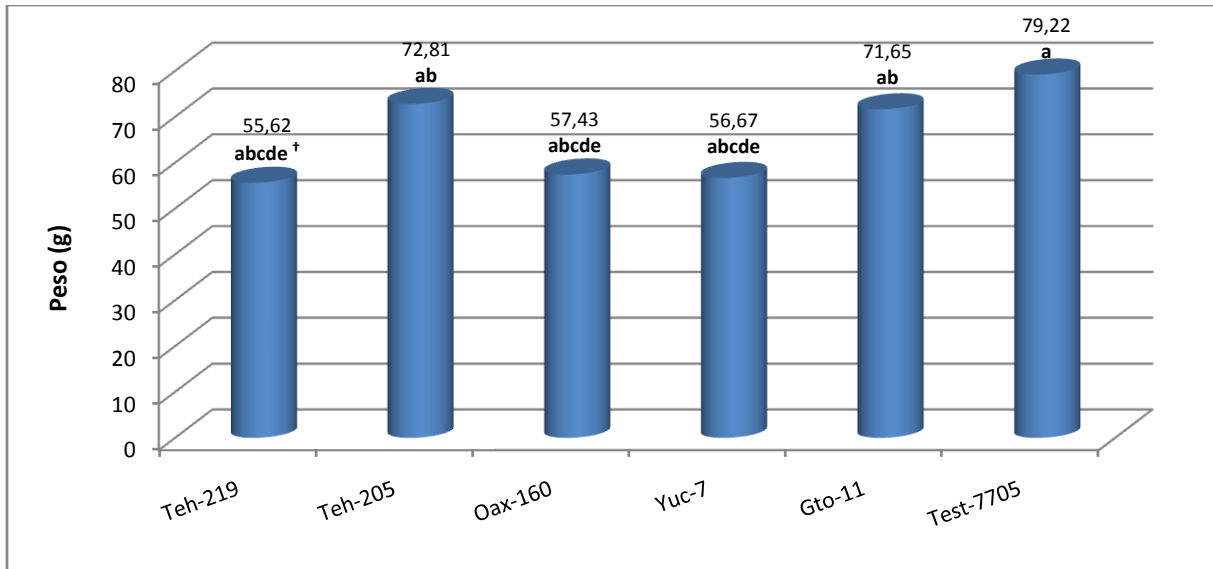


Figura 3.10. Peso promedio de frutos de poblaciones nativas de jitomate mexicano tipo pimiento y saladette, y un híbrido comercial Sun-7705. †Valores con diferente letra son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

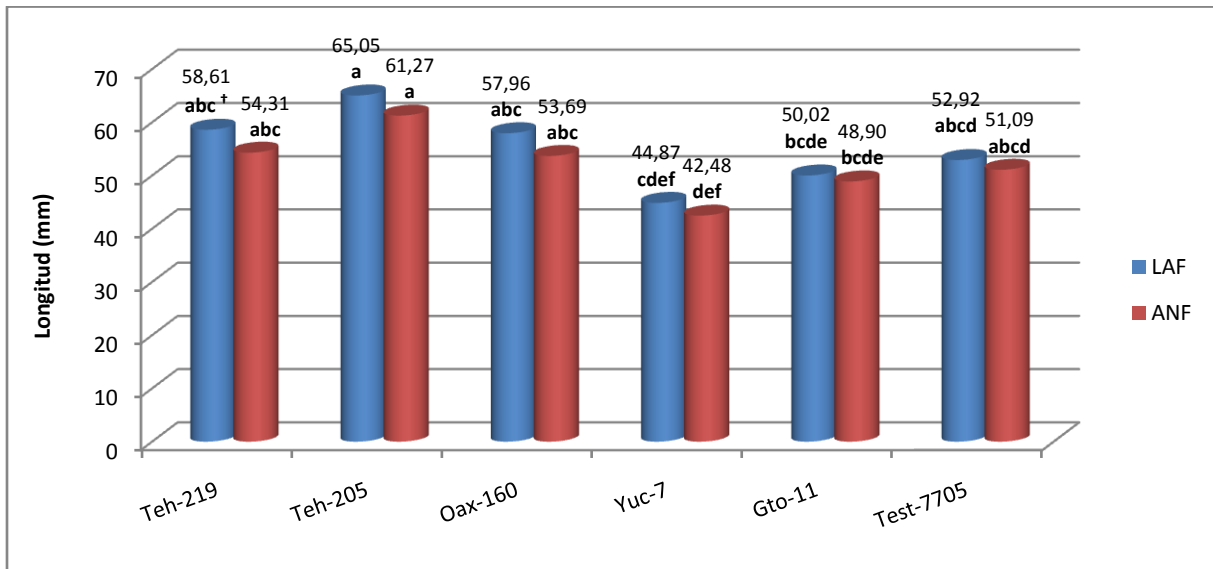


Figura 3.11. Largo de fruto y ancho de fruto de poblaciones nativas de jitomate mexicano tipo pimiento y saladette, y un híbrido comercial Sun-7705. †Valores con diferente letra son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

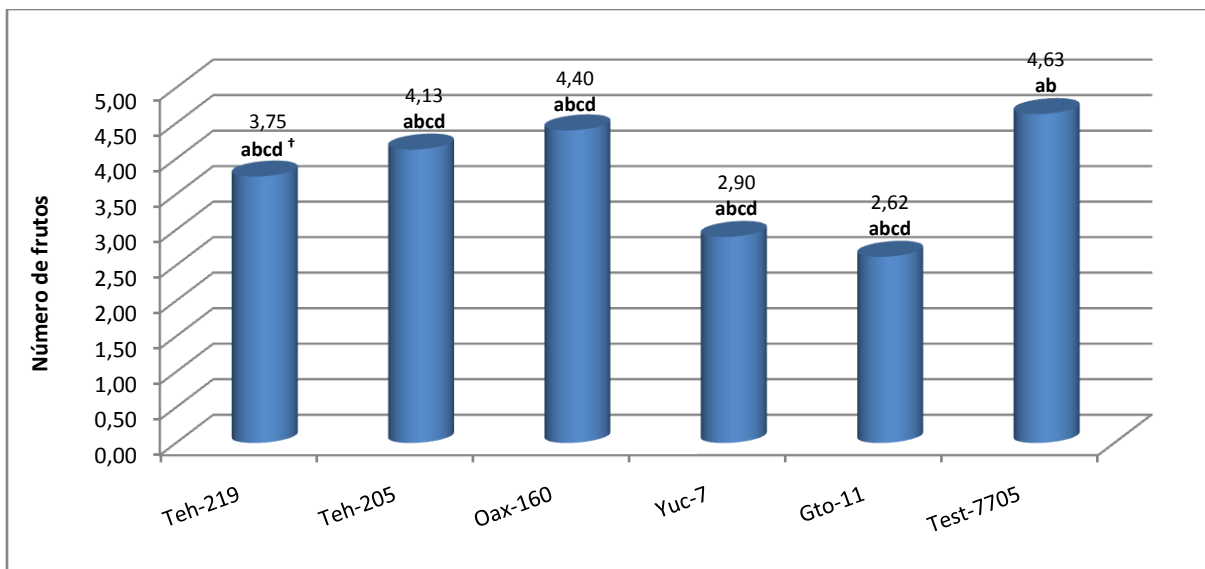


Figura 3.12. Frutos por racimo de poblaciones nativas de jitomate mexicano tipo pimiento y saladette, y un híbrido comercial Sun-7705. †Valores con diferente letra son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

Fruto tipo riñón y bola

En este grupo Cam-5 presentó el mayor rendimiento (REND) con 1341.00 g (Anexo 7, Figura 3.13), mientras que Yuc-65 mostró el mayor peso promedio de frutos (PPF) (70.86 g) y ancho de fruto (ANF) (57.87 mm) (Anexo 7 y 8, Figura, 3.14 y 3.15). En longitud de fruto (LAF), Oax-173-5-1 obtuvo el valor más alto (65.49 mm) (Anexo 8, Figura 3.15). Por el contrario, Oax-165 obtuvo los valores más bajos en estas características siendo inferior en 61.92, 51.06, 19.87 y 20.00% respectivamente, en relación a las poblaciones con mejor comportamiento (Cam-5, Yuc-65 y Oax-173-5-1). La población nativa, Cam-5, presentó el mayor número de frutos por racimo (FRR) (4.41 frutos), siendo superior a Yuc-24 en 52.15%, que mostró el menor comportamiento (Anexo 7, Figura 3.16).

Estos resultados, muestran la variabilidad que se encuentra en estas poblaciones nativas, y su importancia para ser utilizadas como fuentes de germoplasma, con fines de mejoramiento para las características evaluadas; además de su potencial genético para su explotación en invernadero e hidroponía, aún bajo condiciones limitadas de espacio y temperaturas.

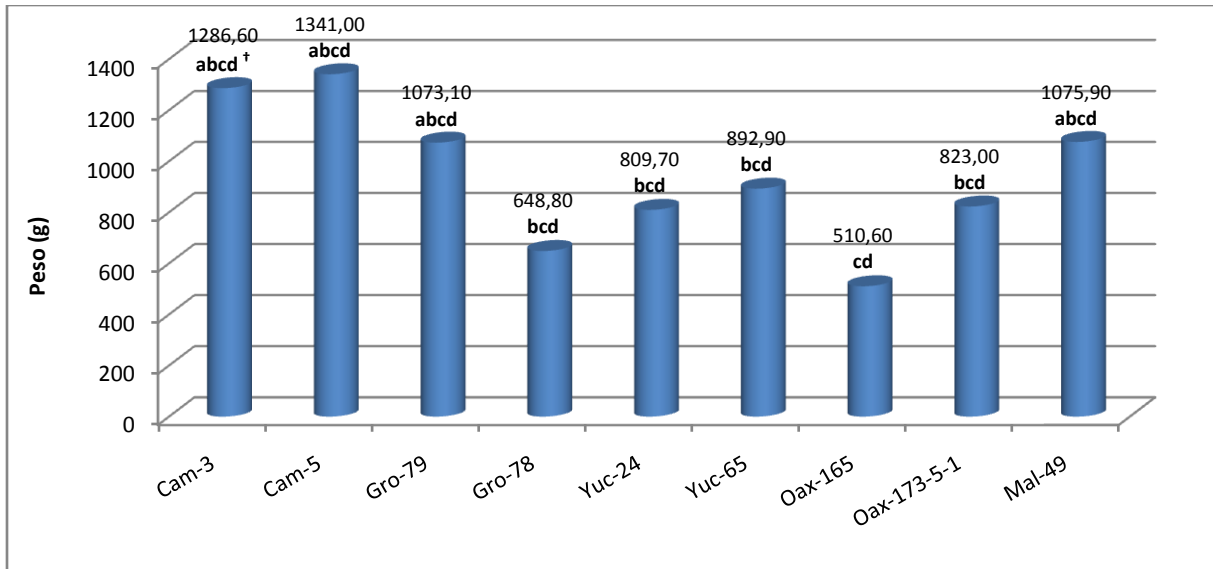


Figura 3.13. Rendimiento de poblaciones nativas de jitomate mexicano tipo riñón y bola. †Valores con diferente letra son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

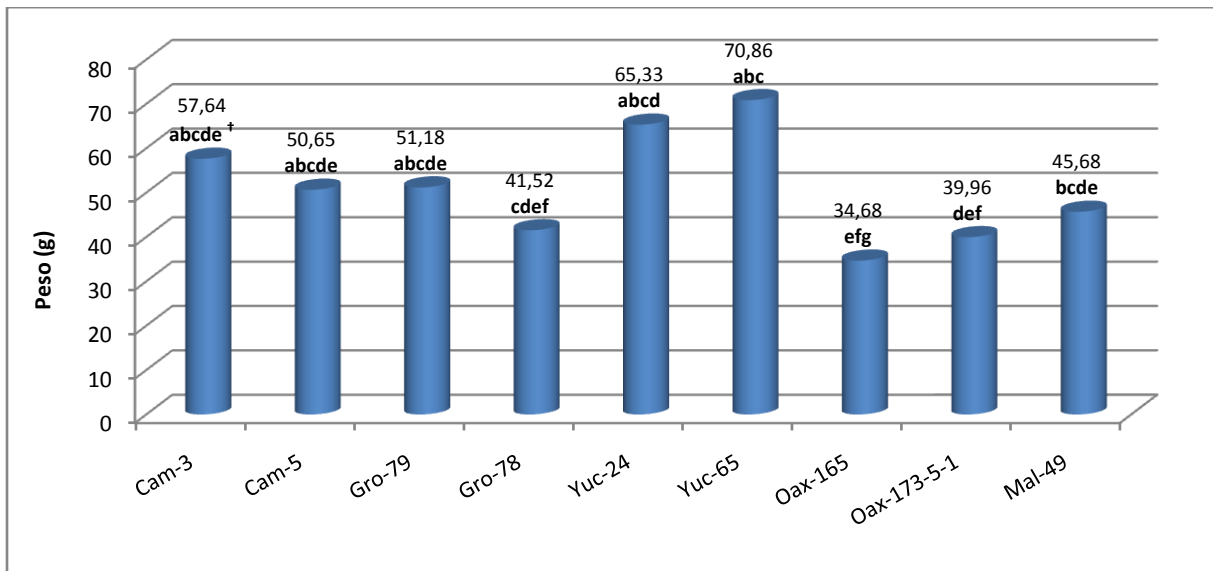


Figura 3.14. Peso promedio de frutos de poblaciones nativas de jitomate mexicano tipo riñón y bola. †Valores con diferente letra son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

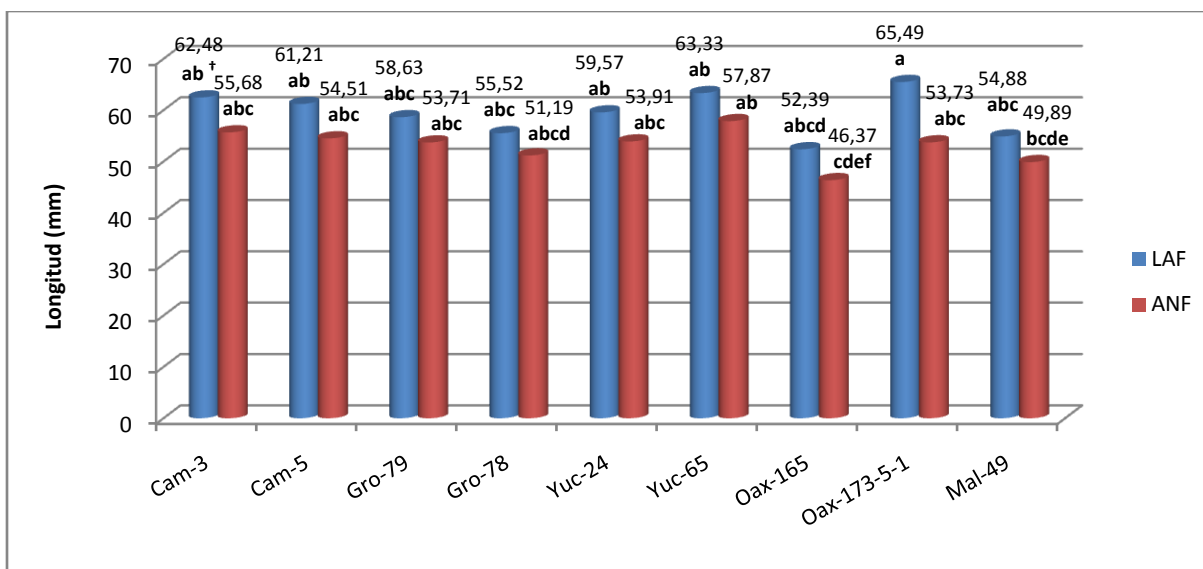


Figura 3.15. Largo de fruto y ancho de fruto de poblaciones nativas de jitomate mexicano tipo riñón y bola. †Valores con diferente letra son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

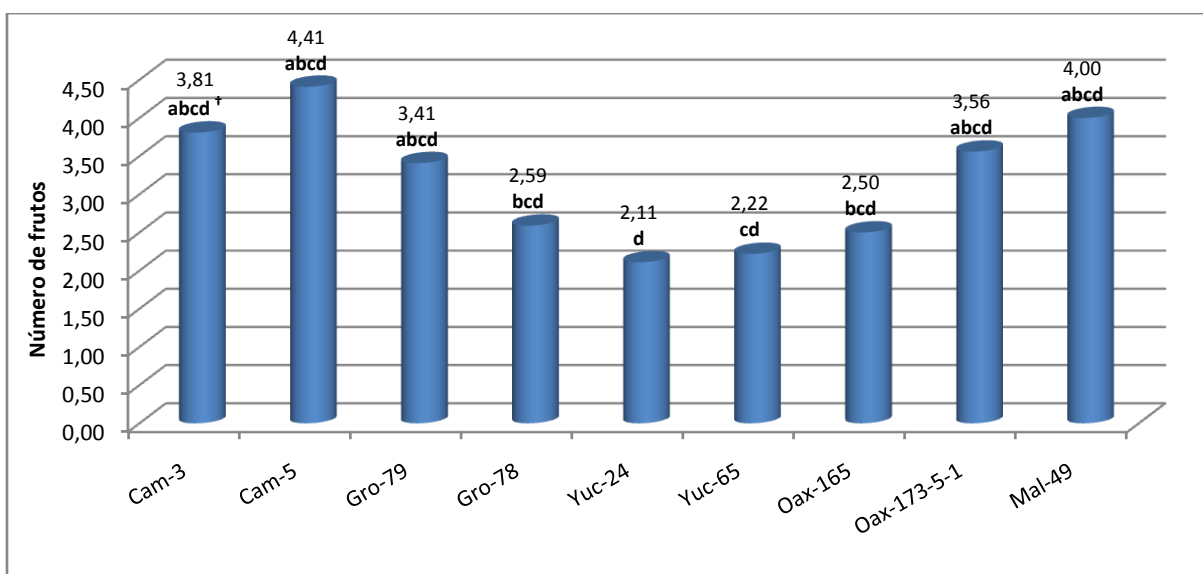


Figura 3.16. Frutos por racimo de poblaciones nativas de jitomate mexicano tipo riñón y bola. †Valores con diferente letra son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

Fruto cereza (cherry)

De las poblaciones que integran este grupo, Mont-12 mostró el mejor comportamiento en los caracteres evaluados. S-P-18 presentó los valores más bajos de rendimiento, peso promedio de fruto y frutos por racimo, siendo inferior a Mont-12 en 78.85, 72.01 y 27.20% correspondientemente (Anexo 7, Figura 3.17, 3.18 y 3.20). El menor largo de fruto y ancho de

fruto, en comparación con Mont-12, lo obtuvo P-C-277-A, 21.82 y 22.91% respectivamente (Anexo 8, Figura 3.19).

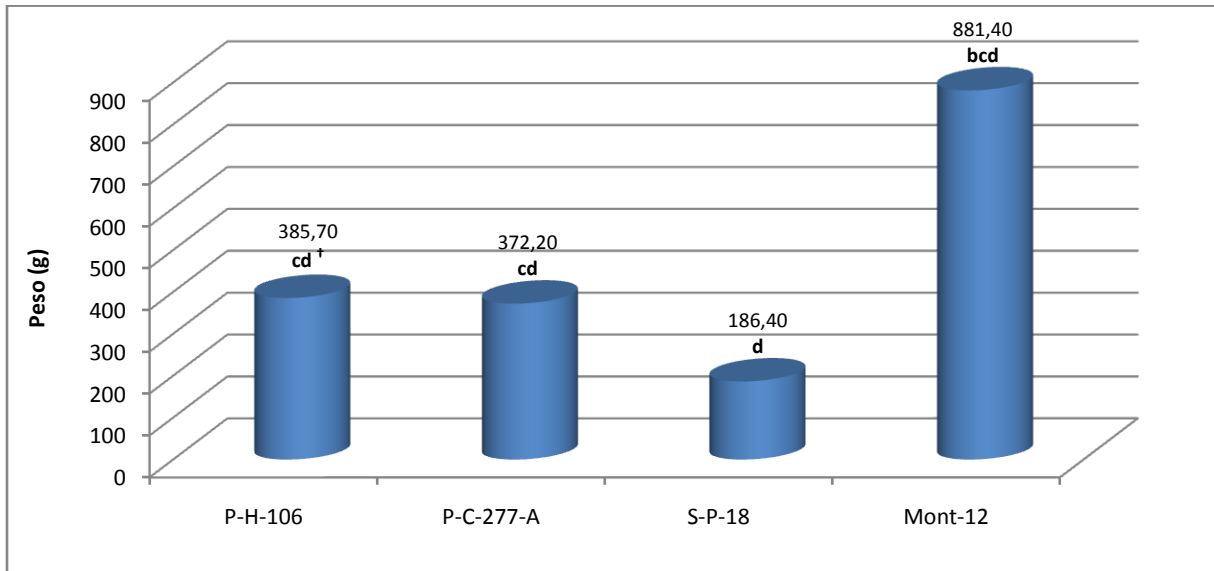


Figura 3.17. Rendimiento de poblaciones nativas de jitomate mexicano tipo cherry. [†]Valores con diferente letra son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

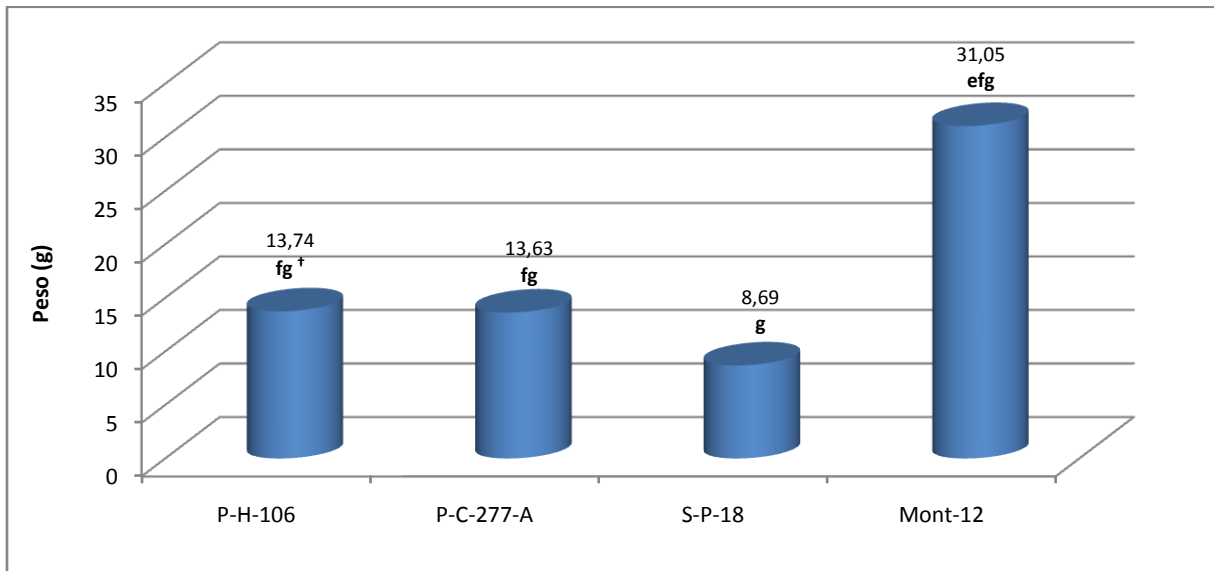


Figura 3.18. Peso promedio de fruto de poblaciones nativas de jitomate mexicano tipo cherry. [†]Valores con diferente letra son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

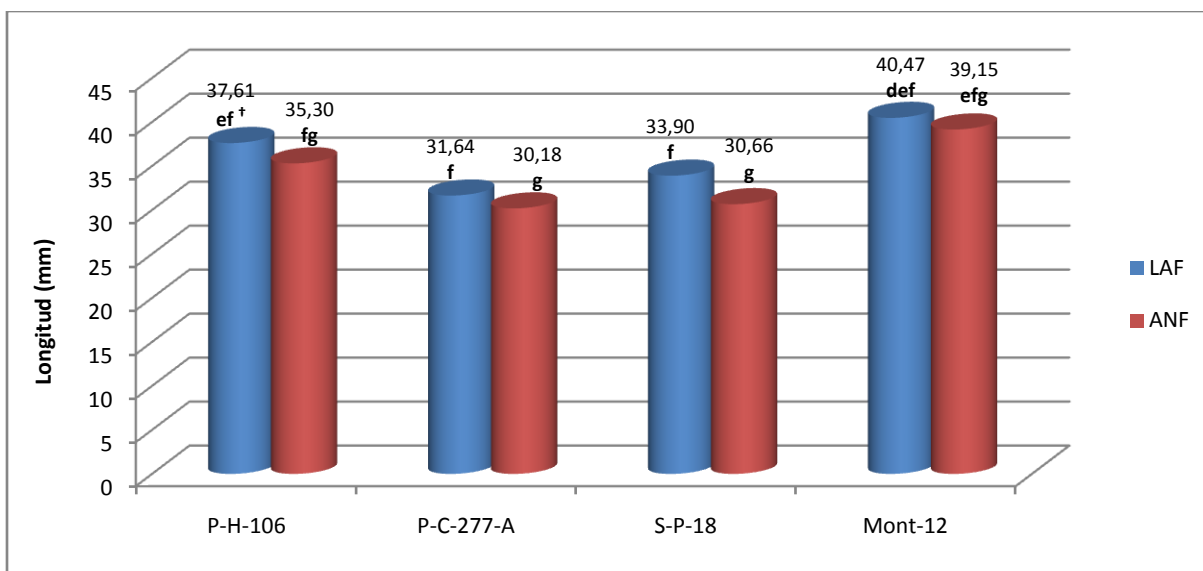


Figura 3.19. Largo de fruto y ancho de fruto de poblaciones nativas de jitomate mexicano tipo cherry. †Valores con diferente letra son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

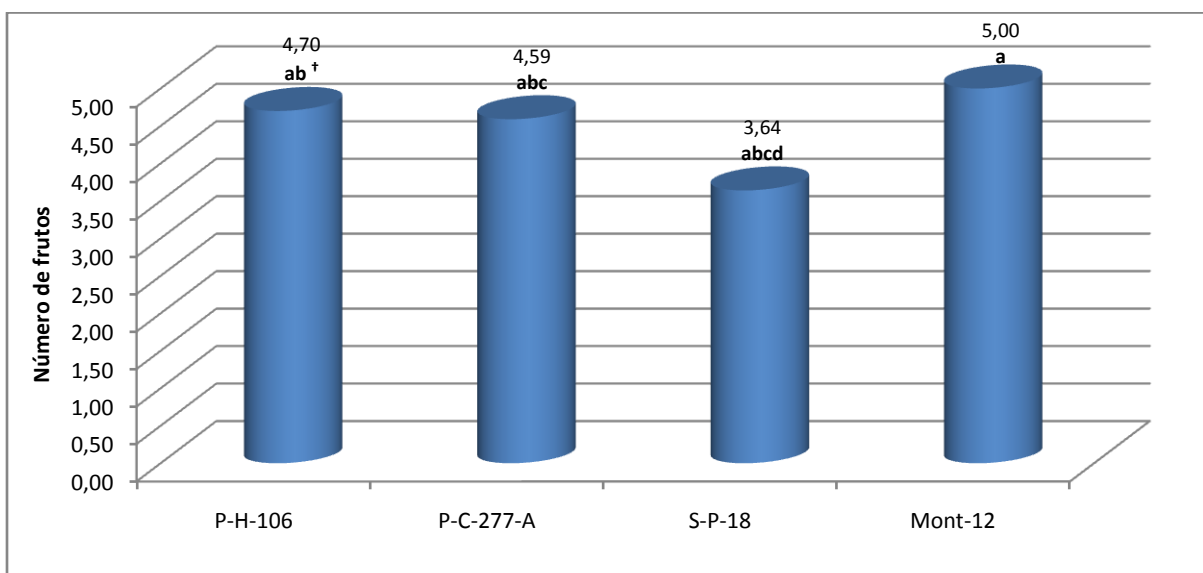


Figura 3.20. Frutos por racimo de poblaciones nativas de jitomate mexicano tipo cherry. †Valores con diferente letra son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

El rendimiento tuvo correlación positiva con ancho de fruto ($r=0.61$) y largo de fruto ($r=0.52$), con peso promedio de frutos ($r=0.79$) y frutos por racimo ($r=0.43$), a través de poblaciones con orígenes diferentes. Esto indica la importancia de la relación entre estas características, independientemente de la población (Cuadro 3.3).

CONCLUSIONES

La variabilidad en las características determinantes del potencial productivo, en las poblaciones nativas evaluadas, es amplia. De las poblaciones nativas, Teh-205 obtuvo el mayor peso promedio de frutos y rendimiento. Yuc-24 y Yuc-65, presentaron la mayor altura de planta y el menor número de frutos por racimo. Por el contrario Yuc-7 y Gto-11 mostraron la menor altura de planta. Mont-12 presentó el mayor número de frutos por racimo. Las poblaciones, S-P-18, P-H-106 y P-C-277, presentaron los frutos más pequeños con menor largo y ancho de fruto, peso promedio de frutos y rendimiento. Las poblaciones nativas Cam-3 y Cam-5 son candidatos potencialmente útiles para un posible aprovechamiento comercial, bajo condiciones de invernadero e hidroponía, o como fuentes de germoplasma en programas de mejoramiento, porque presentaron un comportamiento similar al híbrido comercial “Sun 7705” en rendimiento, frutos por racimo, largo de fruto, ancho de fruto, altura al primer racimo y días a fructificación; además, mayor precocidad en días a floración, días a cosecha y menor altura de planta.

De estos resultados resaltan los aspectos siguientes: la amplia diversidad observada en la capacidad productiva entre poblaciones nativas, consecuencia de los diversos orígenes y capacidad de adaptación de las poblaciones, condición lograda por los agricultores poseedores de este germoplasma; la capacidad de adaptación al cultivo en hidroponía, ya que son cultivadas en campo abierto en diferentes sistemas de producción tradicionales; los niveles de productividad de algunas poblaciones, cercanos a los de cultivares comerciales, que son el resultado del proceso de selección *in situ*, llevado a cabo por los agricultores durante numerosas generaciones, lo que indica el amplio potencial genético de las poblaciones nativas, así como de su capacidad de adaptación; finalmente, la presencia de características morfológicas de planta y fruto, que son potencialmente útiles para programas de mejoramiento formales y para estudios básicos a nivel molecular, convierte a estas poblaciones en ricas fuentes de germoplasma.

LITERATURA CITADA

- 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* 100: 1085–1094, available online at www.aob.oxfordjournals.org.
- Camacho, V. T. C., N. Maxted, M. Sholten and B. Ford-Lloyd. 2006. Defining and identifying crop landraces. *Plant Genetic Resources*. 3:373-384.
- Chamarro L., J. 1995. Anatomía y fisiología de la planta. In: *El Cultivo del Tomate*. F. Nuez (Coord.). Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. pp:43-92.
- Costa J., G. Palomares, J. Cuartero, y F. Nuez. 1983. Recursos fitogenéticos de tomate en México. In: *XV Jornadas de estudio de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario*. 1983. Los recursos fitogenéticos y las nuevas variedades vegetales: su impacto en el sector agrario. *ITEA*. 2: 38-50.
- FAOSTAT. 2010. Dirección de Estadística. Disponible en: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>
- Heuvelink, E. 1995. Growth, development and yield of a tomato crop: periodic destructive measurements in a greenhouse. *Scientia Horticulturae*. 61:77-99.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/030442389400729Y>
- Jenkins, J., A. 1948. The origin of the cultivated tomato. *Economic Botany*. 2 (4): 379-392. Published by: Springer on behalf of New York Botanical Garden Press Stable URL: <http://www.jstor.org/stable/4251913>. Accessed: 02/05/2009 16:47.
- Márquez H., C., P. Cano R., Y. I. Chew-Madinaveitia, A. Moreno R., y N. Rodríguez D. 2006. Sustratos en la Producción Orgánica de Tomate Cherry bajo invernadero. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*. 12(2):183-189.
- Martínez S., J., A. Peña L., J. E. Rodríguez P., C. Villanueva V., J. Sahagún C., y M. G. Peña O. 2005. Comportamiento productivo en híbridos de Jitomate y sus respectivas poblaciones F2. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*. 11(2):299-307.
- Muller, K. 2007. The tomato and it's relatives. (online). Consultado el 11 de noviembre del 2010. Disponible en: <http://www.kdcomm.net/~tomato/Tomato/tax.html>.
- Muñoz R., J. de J. 2009. Manejo del cultivo de tomate en invernadero. In: *Manual de producción de tomate en invernadero*. Castellanos J., Z. (ed.). México 2009. Intagri (Ed). pp: 45-91.

- Muñoz R., M., J. R. Altamirano C., J. Carmona M., J. de D. Trujillo F., G. López C., A. Cruz A. 1995. Desarrollo de ventajas competitivas en la agricultura: el caso del tomate rojo. Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM). Universidad Autónoma Chapingo. México. pp: 4, 15-19.
- Ortiz C., J. 1978. Enfoques para la Utilización de los Recursos Genéticos. In: Cervantes T., S. (ed). 1978. Análisis de los Recursos Genéticos Disponibles a México. Sociedad Mexicana de Fitogenética, A. C. México. pp: 487.
- Perales R., H. R., y J. R. Aguirre R. 2008. Biodiversidad humanizada. In: Capital natural de México. Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio, México. 1:565-603.
- Pilatti R., A., y C. A. Bouzo. 2000. Nota corta: efecto del bajado de plantas sobre la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivado en invernadero. Investigación Agraria. Producción y Protección Vegetales. 15(1-2): 143-150.
- Preciado R., P., G. A. Baca C., J. L. Tirado T., J. Kohashi-Shibata, L. Tijerina C., y A. Martínez G. 2002. Nitrógeno y potasio en la producción de plántulas de melón. TERRA Latinoamericana. 20(3):267-276. [citado 2010-12-03]. Disponible en Internet: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=57320305>.
- Ramírez V., P., L. Barrios C., E. Jiménez J., y F. Zavala G. 2000. Entorno de los recursos fitogenéticos de México. In: Recursos Fitogenéticos de México para la Alimentación y la Agricultura, Informe Nacional. Ramírez V., P., R. Ortega P., A. López H., F. Castillo G., M. Livera M., F. Rincón S., y F. Zavala G. (eds). 2000. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas y Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. Chapingo, México. pp: 7-25.
- Ramírez V., P. 2010. Conservación y Aprovechamiento de la diversidad de Poblaciones nativas de Jitomate. In: Benavides M., A., V. Robledo T., H. Ramírez, y A. Sandoval R. (comp.). 2010. Memoria del VI Simposio Nacional de Horticultura. Saltillo, Coahuila, México. pp: 116-126.
- Ramos O., A., A. Carballo C., A. Hernández L., T. Corona T., y M. Sandoval V. 2006. Caracterización de líneas de jitomate en hidroponía. Agricultura Técnica en México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 32(2): 213-223.
- Robertson, L. D., and J. A. Labate. 2007. Genetic Resources of Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) and Wild Relatives. In: Genetic Improvement of Solanaceous Crops.

Razdan, M. K., and A. K. Mattoo (eds). United States of America. 2007. Science Publishers. 2:25-75.

- SAS, Statistic Analysis System. 2002. SAS/STAT. Ver. 9. SAS Inst. Inc. Cary NC, USA.
- Sevilla P., R. 2006. Conceptos básicos para la caracterización: Definiciones conceptuales básicas. In: Manual para caracterización in situ de cultivos nativos, conceptos y procedimientos. Estrada J., R., T. Medina H., y A. Roldán C. (eds.). INIEA. Lima, Perú. pp: 17-25.
- Vallejo C., F. A., J. H. Pava M., J. A. Vargas M., y P. A. Arango A. 1994. Caracterización morfo-agronómica de especies y variedades botánicas del género *Lycopersicon*. Acta Agronómica. 44(1/4):37-50.
- Vásquez O., R., J. C. Carrillo R., y P. Ramírez V. 2010. Evaluación morfo-agronómica de una muestra del jitomate nativo del Centro y Sureste de México. Naturaleza y Desarrollo. 8 (2):49-64.

CAPÍTULO IV. CALIDAD DE FRUTO DE POBLACIONES NATIVAS DE JITOMATE MEXICANO

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar la calidad interna y externa del fruto de 18 poblaciones nativas de jitomate, provenientes de los estados de Oaxaca (Oax-160, Oax-165 y Oax-173-5-1), Guerrero (Gro-78 y Gro-79), Campeche (Cam-3 y Cam-5), Yucatán (Yuc-7, Yuc-24 y Yuc-65), Puebla (Teh-205 y Teh-219), región Puebla-Hidalgo (S-P-18, P-H-106 y P-C-277-A), Estado de México (Mont-12, Mal-49) y Guanajuato (Gto-11), cultivadas en invernadero e hidroponía; como testigo se utilizó el jitomate comercial Sun-7705 (Nunhems[®], tipo saladette). El diseño experimental fue en bloques al azar con tres repeticiones, siendo una unidad experimental el conjunto de cinco macetas. Cada maceta consistió de una planta establecida en una bolsa de polietileno negro con tezontle rojo como sustrato. Las plantas se regaron con solución nutritiva Steiner. El cultivo se condujo hasta el sexto racimo, efectuando raleos y dejando seis frutos por racimo en las unidades experimentales. Se cosecharon diez frutos por repetición del segundo, tercero y cuarto racimo, en etapa madura con color rojo uniforme. Se evaluaron características de firmeza, sólidos solubles totales (SST), pH, acidez titulable (AT), índice de madurez (SST/AT), color y licopeno. La mayoría de las poblaciones nativas evaluadas presentaron un comportamiento similar y en algunos casos superior al híbrido comercial Sun-7705. Las poblaciones Gto-11, Teh-219, Oax-160 y Teh-205 superaron al testigo en firmeza, mientras que en sólidos solubles totales y contenido de ácido cítrico, P-C-277 y Gro-78 mostraron los mejores resultados; respecto a licopeno Cam-5 y Cam-3 obtuvieron los valores más altos. En la relación SST/AT, los frutos de Teh-219 y Teh-205 presentan tendencia al sabor dulce; las demás poblaciones tienden al sabor ácido. Los resultados muestran alta variabilidad en las poblaciones nativas de jitomate en calidad interna y externa de fruto, lo que permite sugerir que son una fuente viable de genes para el mejoramiento de otros cultivares.

Palabras clave: *Lycopersicon esculentum* Mill., nativo, invernadero, hidroponía, calidad organoléptica.

INTRODUCCIÓN

El jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es un cultivo anual ampliamente distribuido, cuyo fruto es consumido en fresco o después de su transformación (Turhan y Seniz, 2009). Los parámetros de calidad del jitomate varían de acuerdo a su destino (fresco o procesado) y a la característica de calidad por evaluar (composición química, valor nutricional y potencial de almacenamiento y/o procesamiento). Desde un punto de vista organoléptico, la calidad queda definida por la firmeza, color, sólidos solubles, acidez titulable (equivalente de ácido cítrico), pH, viscosidad (flujo bostwick) y peso seco (Batu, 2004; Casierra-Posada y Aguilar-Avendaño, 2008). Otros componentes importantes incluyen antioxidantes como licopeno, β - caroteno, ácido ascórbico (vitamina C), vitamina E y compuestos fenólicos con acción antioxidante (Tucker *et al.*, 2007).

El sabor está determinado principalmente por los niveles de azúcares (glucosa y fructosa) y ácidos orgánicos (ácido cítrico y málico), de manera que al aumentar los niveles de éstos aumenta también el sabor (Jones y Scott, 1983; Nuez, 2001); estableciendo en el fruto un balance característico de cada material genético. En este sentido esta característica ha sido calificada como pobre en los jitomates de variedades comerciales (Tieman *et al.*, 2006; Ruiz *et al.*, 2006). En especies silvestres y en cultivares nativos de jitomate existe un importante potencial genético y fisiológico para mejorar estas características organolépticas y nutricionales de los frutos del jitomate (Young *et al.*, 1993; Fridman *et al.*, 2000; Ruiz *et al.*, 2006; Juárez-López *et al.*, 2009). Lo que podría significar que los frutos de genotipos sobresalientes tienen mayor capacidad para acumular o incorporar fotosintatos (Martínez, 2003).

Por lo anterior el objetivo de esta investigación fue evaluar algunos parámetros de la calidad organoléptica de frutos maduros de 18 poblaciones nativas sobresalientes de jitomate mexicano, cultivadas en invernadero e hidroponía; con el fin de identificar aquellos genotipos con características sobresalientes en cuanto a firmeza, sabor y color, y que puedan ser susceptibles de ser utilizados como fuentes de genes en programas de mejoramiento o, para su uso directo como variedades después de un proceso de selección.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en un invernadero del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México; localizado a 19°27'36.47" de latitud norte y 98°54'12.73" longitud oeste, y una altitud de 2250 metros sobre el nivel del mar.

Material genético

Se evaluaron 18 poblaciones nativas de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) provenientes de los estados de Oaxaca (Oax-160, Oax-165 y Oax-173-5-1), Guerrero (Gro-78 y Gro-79), Campeche (Camp-3 y Camp-5), Yucatán (Yuc-7, Yuc-24 y Yuc-65), Puebla (Teh-205 y Teh-219), región Puebla-Hidalgo (S-P-18, P-H-106 y Pue-cherry-277-A), Estado de México (Mont-12, Malin-49) y Guanajuato (Gto-11). Las poblaciones Yuc-7 y Gto-11, corresponden a poblaciones derivadas de selección de variedades comerciales, obtenidas de agricultores. Como testigo se utilizó el híbrido comercial Sun-7705 (Nunhems[®], tipo saladette).

Manejo del experimento

La siembra se realizó el once de abril del 2010. Se utilizaron 25 semillas de cada población, que se pre-germinaron sumergiéndolas en una solución de KNO₃ al 2%, durante tres días. Posteriormente se sembraron en charolas de germinación con 200 cavidades, utilizando peat-moss como sustrato. Las plántulas así obtenidas, se mantuvieron en el invernadero cuyo cuidado consistió en aplicarles dos riegos diarios con agua. A los 36 días se realizó el trasplante (18 de mayo) a bolsas de polietileno negro 40x40 (capacidad de 15 litros) calibre 700, utilizando tezontle rojo tipo sello como sustrato (diámetro \leq 12 mm). Durante el desarrollo del cultivo la nutrición de las plantas se realizó con solución nutritiva Steiner complementada con micronutrientes y dosificada de la siguiente manera: al 25% (0.5 dS m⁻¹) durante la primera semana posterior al trasplante, luego al 50% (1.0 dS m⁻¹) hasta la séptima semana después del trasplante, a partir de este momento se aplicó al 100% (2.0 dS m⁻¹); el volumen de riego aplicado diariamente fue de 0.3 a 2.5 litros por planta, dependiendo de la etapa de crecimiento. El pH de la solución se mantuvo en el intervalo de 5.5 a 6.5. El pH y la conductividad eléctrica (CE) se monitoreó con el equipo Combo Waterproof HI-98129 (Hanna Instruments). El cultivo se llevó hasta el sexto racimo, momento en el cual se despuntó la planta arriba de la tercera hoja posterior

a dicho racimo. Durante el desarrollo del cultivo se efectuaron raleos dejando seis frutos por racimo en todas las repeticiones. Se cosecharon y evaluaron diez frutos sanos y en madurez de consumo (color rojo uniforme) por repetición, en las cinco plantas que conformaron cada unidad experimental. Se presentó mosquita blanca, utilizando para su control el producto homeopático *Bemisia tabaci* (0.05 mL L⁻¹); para el control de Botrytis, Tizón tardío y mancha bacteriana, se utilizaron de manera alternada: Mancozeb (2 g L⁻¹), Cupravit (2 g L⁻¹), Ridomil gold (1.5 mL L⁻¹) y Serenade (3 g L⁻¹).

Diseño experimental

Se utilizó un diseño en bloques al azar con tres repeticiones, correspondiendo una unidad experimental al conjunto de cinco macetas, con una planta de jitomate por maceta, obteniendo un total de 285 plantas y 57 unidades experimentales. La densidad de siembra fue de 5 plantas por m².

Variables evaluadas

Firmeza

Se determinó la resistencia del fruto a la punción en dos zonas de la parte ecuatorial del mismo, utilizando un texturómetro digital FDV-30 (Greenwich, CT 06836, USA) de puntal cónico de 0.8 mm de diámetro. Los valores se reportan en Newtons (N).

Sólidos solubles totales (SST)

Se determinaron de acuerdo a la metodología descrita por la AOAC (1990), colocando dos gotas de jugo del fruto, sobre el sensor de un refractómetro digital ATAGO PR-100 escala 0-32% (Honcho, Itabashi-Ku, Yokyo Japón). El valor se reporta como %.

Acidez titulable (AT)

Se determinó de acuerdo a la metodología descrita por la AOAC (1990). La muestra consistió de 10 g de fruto con 50 mL de agua destilada, molida y homogeneizada. Se obtuvo el volumen total y posteriormente se tomó una alícuota de 5 mL a la que se agregaron 3 gotas de fenolftaleína como indicador y se tituló con NaOH al 0.01 N.

Para el cálculo de la acidez, con base en ácido cítrico, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de acidez} = \frac{mL NaOH \times N NaOH \times meq \times VT \times 100}{A \times g}$$

Donde: *mL NaOH* corresponde a los mililitros de hidróxido de sodio gastados en la titulación; *N NaOH* concierne a la normalidad del hidróxido de sodio; *meq* se refiere a los miliequivalentes del ácido cítrico (0.064); *VT* es el volumen de la muestra preparada; *A* representa la alícuota tomada para la medición y *g* los gramos pesados del fruto. Los valores se reportan en porcentaje de ácido cítrico (%).

Índice de madurez

Se determinó al dividir el contenido de sólidos solubles totales (SST) entre el porcentaje de Acidez titulable (AT).

pH

En la muestra conformada para obtener la acidez titulable (10 g de fruto con 50 mL de agua destilada), se determinó el pH con un potenciómetro (Corning 12 Scientific Instruments USA) (método AOAC, 1990)

Color (Croma, °Hue y Luminosidad)

Con el colorímetro Hunter Lab D25-PC2 (Reston, Virginia, USA), se midieron en el fruto los valores L^* , a^* y b^* en dos zonas de la parte ecuatorial del fruto. Con base a Konica Minolta (2007) se calculó el ángulo de tono (°Hue) y la pureza del color (Croma) usando los valores de a^* y b^* , con las fórmulas: $^{\circ}\text{Hue} = \tan^{-1}(b/a)$; $\text{Croma} = \sqrt{a^2 + b^2}$. La luminosidad “L” se obtuvo directamente con el colorímetro. Para la ubicación gráfica de color se utiliza el espacio de color $L^*a^*b^*$.

Licopeno

Se determinó de forma indirecta utilizando los valores de a^* y b^* , obtenidos con el colorímetro Hunter Lab D25-PC2 (Reston, Virginia, USA), aplicando la siguiente fórmula: $\text{Licopeno} = (11.848) \times (a/b) + 1.5471$. Los resultados se reportan en mg/100 g (Arias *et al.*, 2000).

Análisis estadístico

Para el análisis de los datos se utilizó el paquete estadístico SAS (Versión 9.0) (SAS Institute, 2002) realizando análisis de varianza y una prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con excepción de Luminosidad y Croma, en el análisis de varianza realizado se encontraron diferencias estadísticas entre las poblaciones evaluadas ($P \leq 0.05$; Cuadro 4.1).

Cuadro 4.1. Significancias estadísticas para las variables evaluadas en fruto de 18 poblaciones nativas de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y un híbrido comercial Sun-7705.

	Firmeza	Sólidos solubles totales (%)	pH	Porcentaje de ácido cítrico	Sólidos solubles totales/Acidez titulable
Genotipos	<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**
Media	0.98	5.43	4.33	0.49	11.65
CV (%)	19.02	9.38	1.41	10.09	7.73

	Croma	°Hue	Luminosidad	Licopeno
Genotipos	0.0556	0.0015**	0.2533	0.0041**
Media	19.87	29.30	28.08	23.13
CV (%)	14.21	11.22	11.70	12.54

^{y*},^{**}: significativo a $P \leq 0.05$ y 0.01 , respectivamente. CV: coeficiente de variación.

Firmeza

La firmeza es uno de los factores más importantes para determinar la calidad y aceptabilidad de diversos productos de jitomate (Toovey, 1982). En esta investigación el intervalo de firmeza entre las 18 poblaciones, más el testigo, fue de 0.32 a 2.00 N; Gto-11(2.0 N), Teh-219 (1.95 N) y Oax-160 (1.81 N) presentaron los valores más altos, sin ser estadísticamente diferentes al testigo (Sun-7705, 1.56 N), el cual fue 22% inferior con respecto a la población con mayor firmeza; los valores más bajos correspondieron a P-H-106 y S-P-18 con 0.39 y 0.32 N, respectivamente (Figura 4.1; Anexo 9). Las diferencias observadas en esta característica entre los frutos de las poblaciones evaluadas, muestran diferentes posibilidades de manejo postcosecha y potencial de almacenamiento. Batu (1998) menciona que el índice de firmeza mínimo para que los frutos de jitomate sean comercializados es 1.45 N mm^{-1} , situación que se alcanza partir de valores de 1.45

N. Lo anterior permite asumir que los frutos de las poblaciones Gto-11, Teh-219, Oax-160 y Teh-205, presentan resistencia al manejo postcosecha similar al testigo.

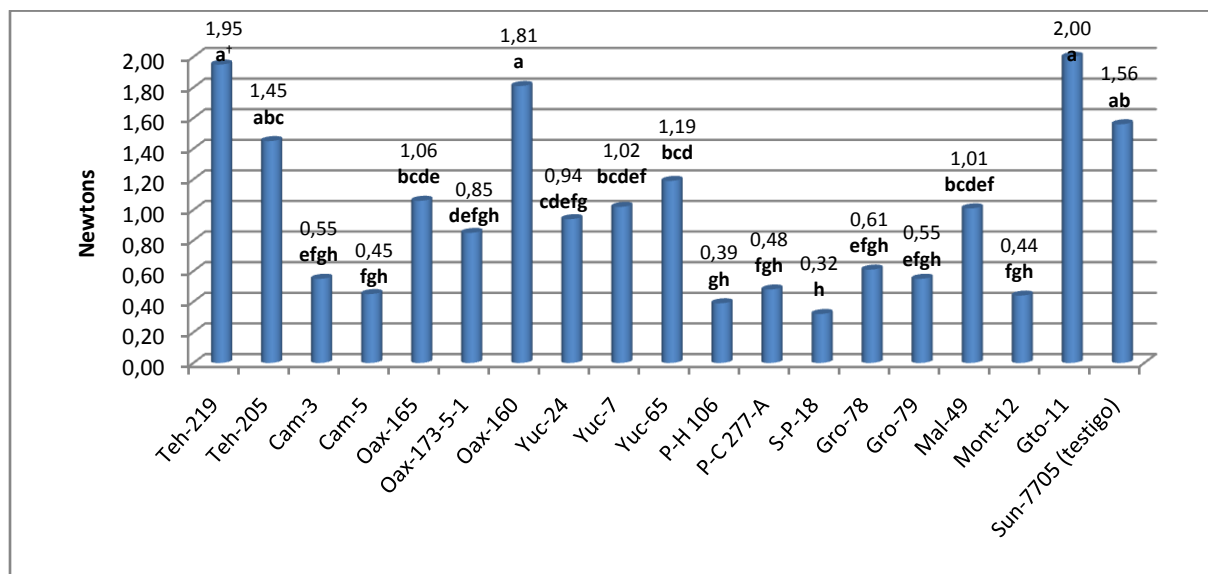


Figura 4.1. Firmeza de poblaciones nativas de jitomate mexicano y un híbrido comercial Sun-7705. †Valores con diferente letra son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

pH

El intervalo de pH estuvo entre 4.12 a 4.46, siendo Teh-219 (4.46) la población con el valor más alto, 1.57% superior a Sun-7705 (4.39). Por el contrario, S-P-18 y Gro-78 fueron las poblaciones que mostraron los valores más bajos, ambas con 4.12 (Figura 4.2; Anexo 9). Se ha reportado que valores de pH en el intervalo de 4.2 a 4.4 son una característica deseable en jitomates destinados al procesamiento (Díez y Nuez, 2008); ya que se interrumpe la proliferación de microorganismos que afectan las características organolépticas del producto (Monti, 1980).

Valores bajos de pH correspondieron a un porcentaje de AT (% de Ácido cítrico) alto, por lo que los frutos de las poblaciones S-P-18 y Gro-78 alcanzaron valores de 0.66 y 0.59% de Ácido cítrico, respectivamente. Una correlación similar fue reportada por Anthon *et al.*, (2011) quienes en una evaluación de cuatro cultivares de jitomate, encontraron que valores bajos en pH son indicadores de una elevada AT.

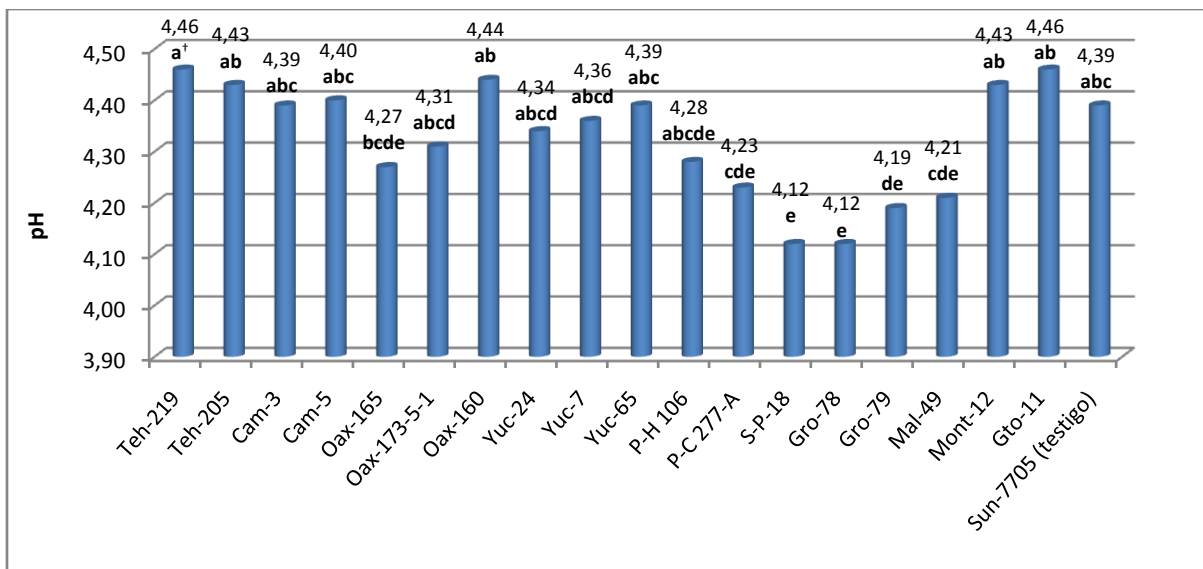


Figura 4.2. pH de poblaciones nativas de jitomate mexicano y un híbrido comercial Sun-7705. †Valores con diferente letra son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

Sólidos solubles totales y acidez titulable

Los SST expresados en % y la AT son una medida comúnmente usada para determinar la calidad del sabor en el jitomate (Anthon *et al.*, 2011). A mayor nivel de SST y AT aumenta el sabor (Jones y Scott, 1983; Nuez, 2001; Fernie *et al.*, 2006). En este estudio, con excepción de las poblaciones Yuc-7 (3.54%), Gto-11 (4.88%) y Gro-78 (4.83%), todas las poblaciones presentaron un contenido de SST mayor que Sun-7705 (4.88%), pero sin presentarse diferencias estadísticas significativas (Figura 4.3, Anexo 10). En AT, Gro-78 (0.66%) y P-C-277 (0.64%) presentaron las más altas concentraciones respecto a Sun-7705 (0.33%), que junto con Yuc-7 (0.30%) obtuvieron los valores más bajos (Figura 4.4, Anexo 10). Estos resultados sugieren una importante variabilidad en cuanto a la calidad organoléptica que puede ser encontrada en las poblaciones nativas (Juárez-López *et al.*, 2009; Ruiz *et al.*, 2006).

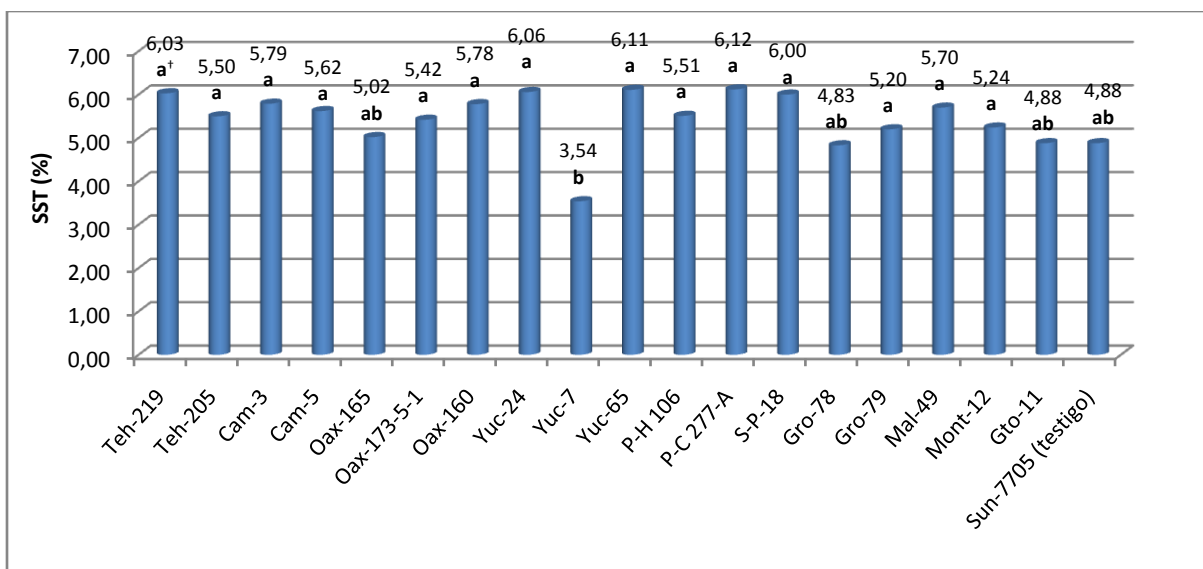


Figura 4.3. Sólidos Solubles Totales (%) de poblaciones nativas de jitomate mexicano y un híbrido comercial Sun-7705. [†]Valores con diferente letra son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

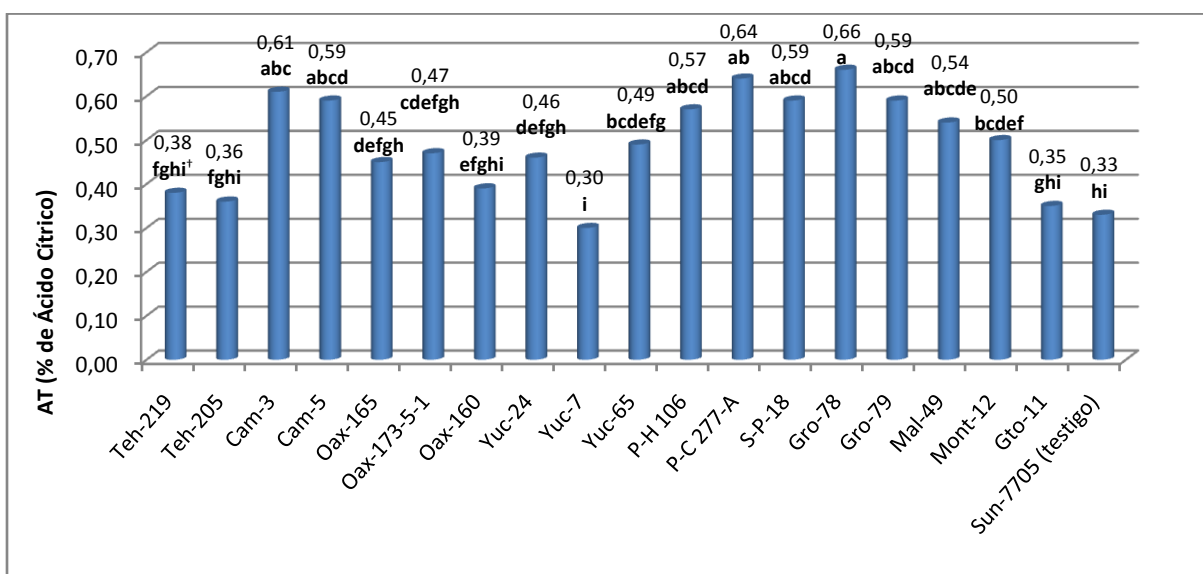


Figura 4.4. Acidez titulable (% de Ácido cítrico) de poblaciones nativas de jitomate mexicano y un híbrido comercial Sun-7705. [†]Valores con diferente letra son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

Índice de madurez

El índice de madurez (SST/AT) es importante para determinar las diferencias de sabor en los frutos de jitomate (Stevens *et al.*, 1977). Un valor alto es indicador que tienden a sabores más

dulces y un valor bajo es indicador de sabores ácidos (Kader *et al.*, 1978). En este sentido, Oax-160 (14.8), Teh-205 (15.3) y Teh-219 (15.6) presentaron valores iguales o superiores al testigo (14.8); por el contrario Gro-78 (7.3) y Gro-79 (8.8) los más bajos (Figura 4.5, Anexo 11); los demás grupos también resultaron con balance azúcar/ácido menor que el testigo, no presentándose en todos los casos diferencias estadísticas significativas.

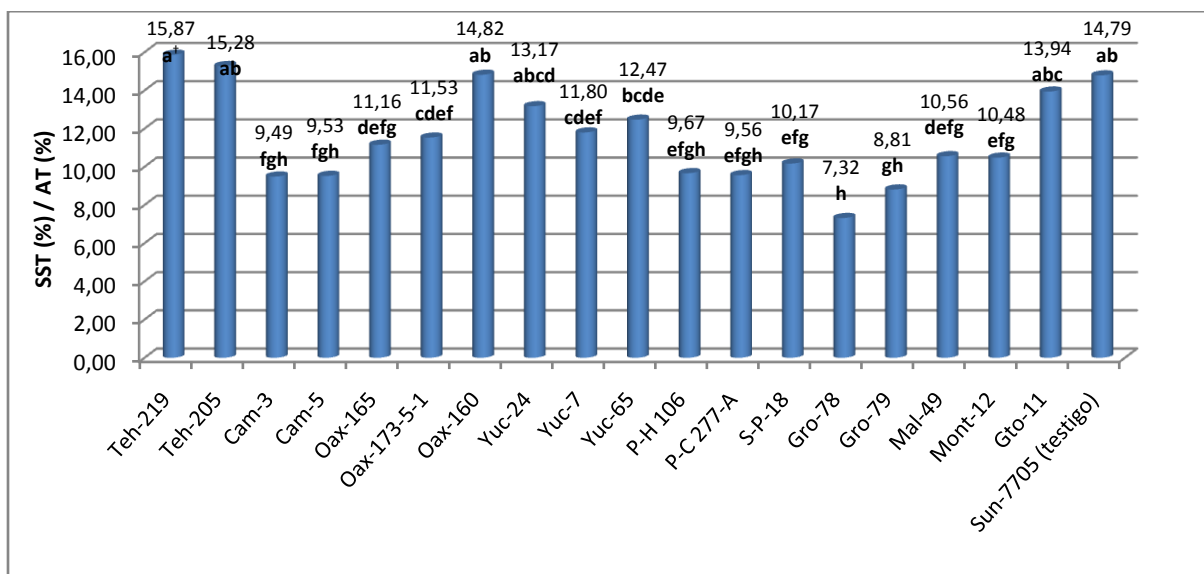


Figura 4.5. Índice de madurez de poblaciones nativas de jitomate mexicano y un híbrido comercial Sun-7705. †Valores con diferente letra son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

Color y licopeno

El color puede ser medido en un espacio tridimensional, expresado con base en sus atributos de °Hue, Luminosidad y Croma. De estos, el valor °Hue que determina el color, puede ser indicador del contenido de licopeno en el fruto, correspondiendo a colores rojos intensos (valores bajos en °Hue) mayor contenido de licopeno (Galicia *et al.*, 2005; Brandt *et al.*, 2006). El color de los frutos de las distintas poblaciones no manifestó diferencias estadísticas significativas en Luminosidad (Figura 4.6, Anexo 12) y Croma (Figura 4.7, Anexo 12), variando en el primer caso entre valores de 24.28 (Mont-12) a 30.76 (P-H-106) y en el segundo entre 16.07 (P-C-277-A) a 24.57 (Yuc-7). Diferencias significativas se presentaron en el parámetro de color °Hue correspondiendo los mayores valores a los frutos de las poblaciones P-H-106 (35.01) y Mont-12 (36.29), y los menores a Cam-5 (24.09) y Cam-3 (24.81); no observándose diferencias

estadísticas con respecto al testigo (33.70), entre los valores mayores y menores mencionados (Figura 4.8, Anexo 12).

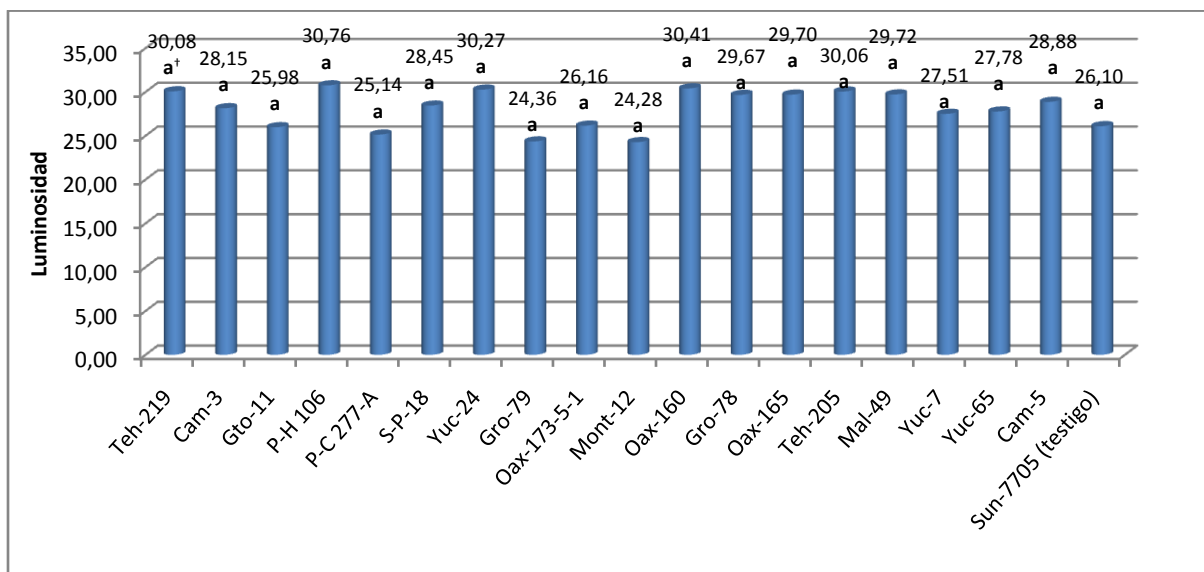


Figura 4.6. Luminosidad en frutos de poblaciones nativas de jitomate mexicano y un híbrido comercial Sun-7705. [†]Valores con diferente letra son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

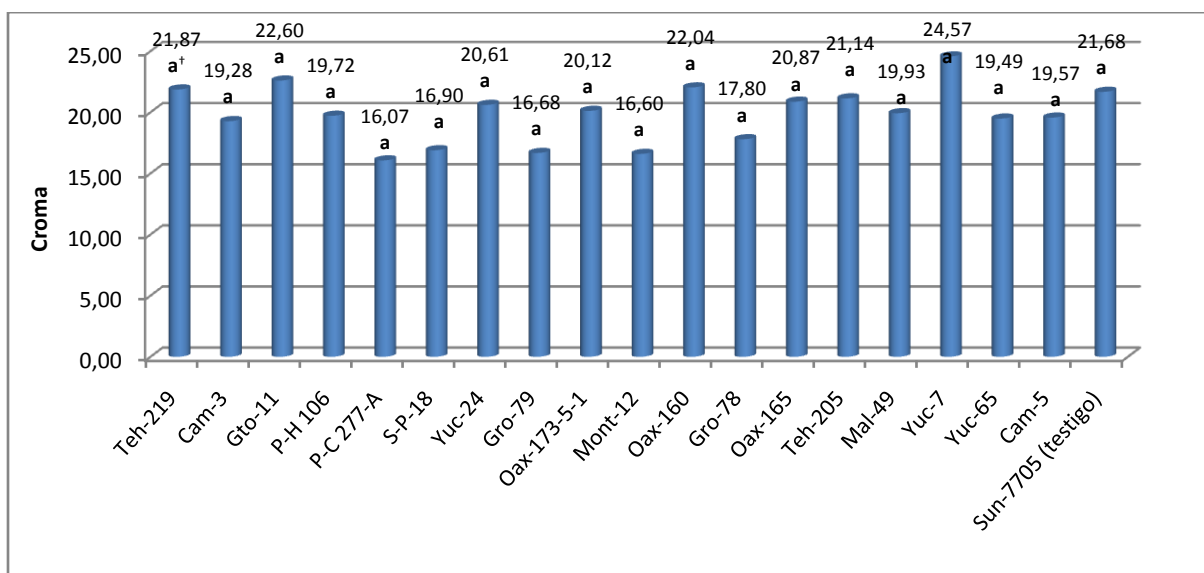


Figura 4.7. Cromo en frutos de poblaciones nativas de jitomate mexicano y un híbrido comercial Sun-7705. [†]Valores con diferente letra son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

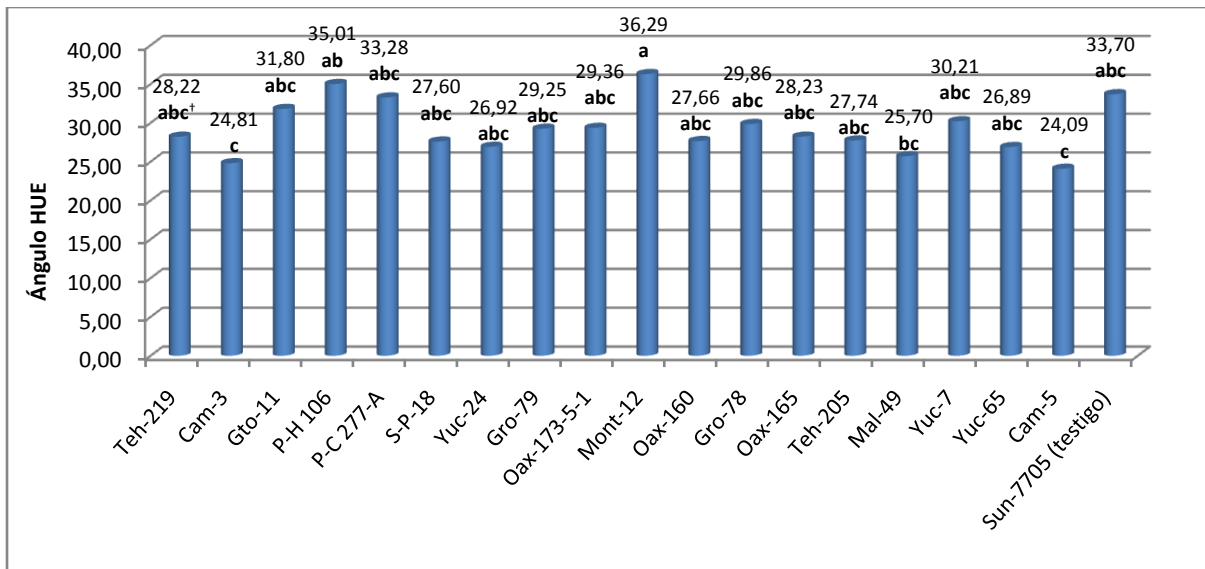


Figura 4.8. Ángulo Hue en frutos de poblaciones nativas de jitomate mexicano y un híbrido comercial Sun-7705. [†]Valores con diferente letra son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

Lo anterior permite asumir que los frutos de las poblaciones Cam-5 (24.09) y Cam-3 (24.81) con menor valor $^{\circ}$ Hue, tonalidad roja más intensa, resulta indicativo de un mayor contenido de licopeno; en este sentido, las concentraciones de licopeno de los frutos de ambas poblaciones correspondió a 28.08 mg/100g para Cam-5 y 27.19 mg/100g para Cam-3, siendo estos superiores respecto a Mont-12 y P-H 106, que con mayores valores del parámetro $^{\circ}$ Hue, presentaron el menor contenido de licopeno, con diferencias estadísticas significativas, al alcanzar 17.78 mg/100g y 18.47 mg/100g, respectivamente (Figura 4.9, Anexo 12). Es de señalar que no se observaron diferencias estadísticas significativas entre los frutos de las poblaciones con menor y mayor contenido de licopeno, con respecto al testigo (19.34 mg/100g); sin embargo, con excepción de los frutos de las poblaciones P-H-106 y Mont-12, los contenidos de este pigmento resultaron superiores al testigo en un intervalo de 1.9% (P-C-277-A) hasta 45.2% (Cam-5).

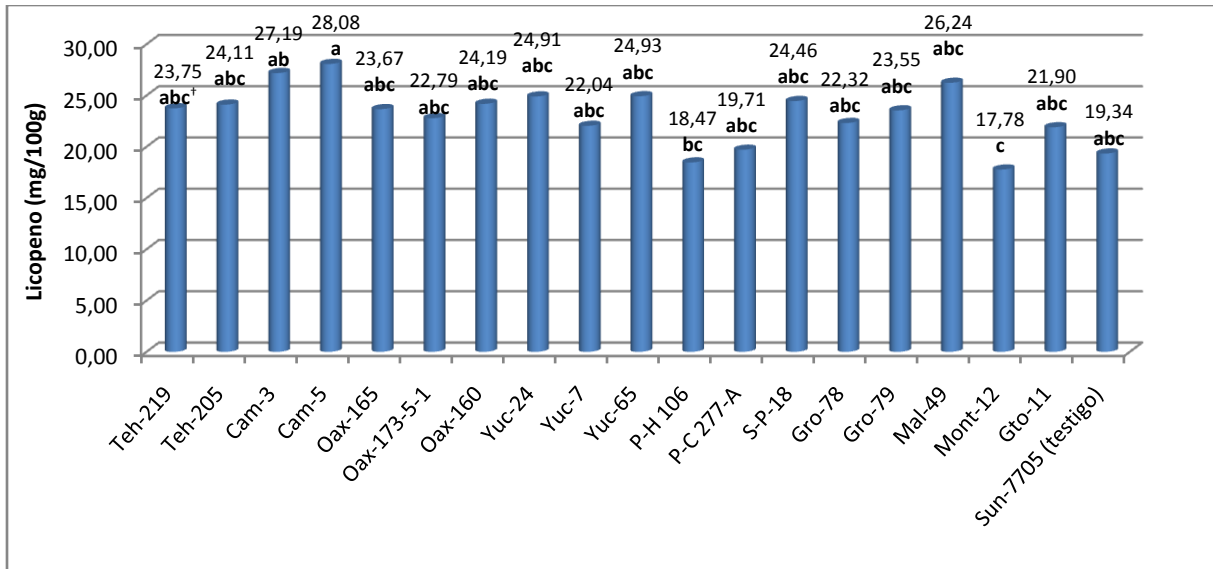


Figura 4.9. Contenido de licopeno en frutos de poblaciones nativas de jitomate mexicano y un híbrido comercial Sun-7705. †Valores con diferente letra son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

Las poblaciones evaluadas con valores más altos en °Hue ($>30^\circ$), ubicadas de acuerdo con el espacio de color $L^*a^*b^*$, tienden a un color anaranjado. Dentro de estas se encuentran Mont-12, PH-106, Sun-7705, P-C-277, Gto-11 y Yuc-7 (Figura 4.10, 4.11). Por el contrario, el resto de las poblaciones muestran una tendencia al color rojo con valores de °Hue por debajo de 30° , sobresaliendo de estas Cam-5 (Figura 4.10, 4.12).

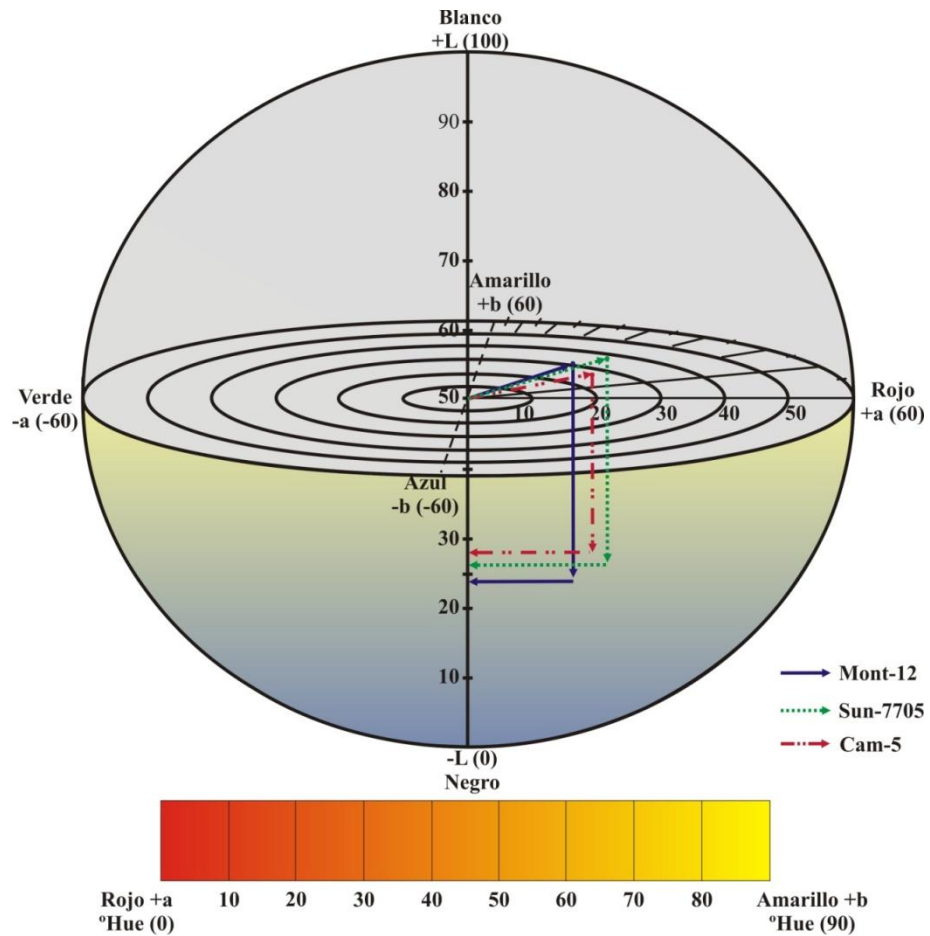


Figura 4.10. Color del fruto de jitomate en el espacio de color $L^*a^*b^*$. Poblaciones con el mayor y menor valor de $^\circ\text{Hue}$ y un híbrido comercial Sun-7705.

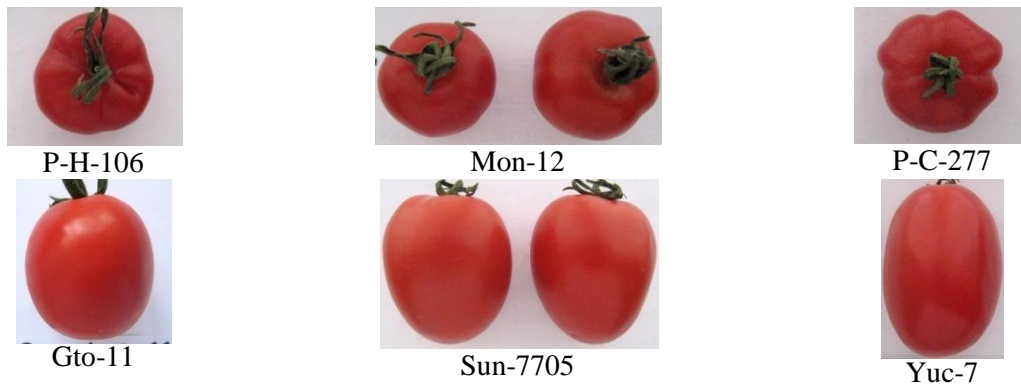


Figura 4.11. Poblaciones nativas y un híbrido comercial Sun-7705, con tendencia a un color anaranjado (rojo-amarillo).

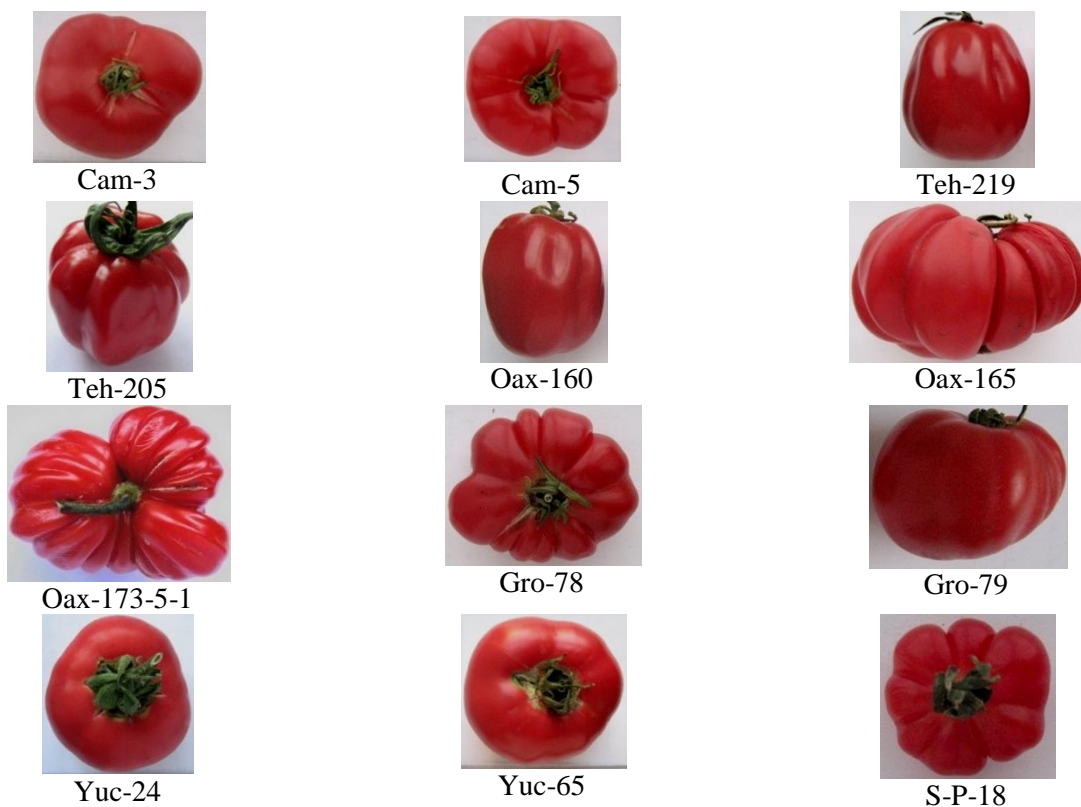


Figura 4.12. Poblaciones nativas con tendencia a un color rojo (no se muestra imagen de Mal-49).

CONCLUSIONES

En las características internas y externas de fruto, la mayoría de las poblaciones nativas evaluadas presentaron características de calidad diferentes al híbrido comercial Sun-7705.

En firmeza, las poblaciones Gto-11, Teh-219, Oax-160 y Teh-205 superaron al híbrido comercial, con valores dentro del intervalo mínimo aceptable para su comercialización. Situación que les confiere una mayor vida de anaquel y alta resistencia al manejo postcosecha.

Con relación al testigo, los frutos de la mayoría de las poblaciones presentan mayor contenido de ácido cítrico y de sólidos solubles totales. De acuerdo con la relación SST/AT, los frutos de las poblaciones Teh-219 y Teh-205 presentaron una tendencia al sabor dulce; en tanto que, los frutos de las demás poblaciones tienden al sabor ácido.

En cuanto a color, los frutos de las poblaciones Cam-5 y Cam-3 presentan tonalidad roja más intensa dada por su menor valor del parámetro °Hue, además de un mayor contenido de licopeno; correspondiendo los menores valores de este pigmento a los frutos de P-H-106 y Mont-12. Con excepción de los frutos de las poblaciones P-H-106 y Mont-12, los frutos de las demás poblaciones presentan contenidos de licopeno mayores respecto al híbrido comercial Sun-7705 en un intervalo de 1.9% (P-C 277-A) a 45.2% (Cam-5).

En cuanto a las propiedades evaluadas, resulta importante realizar un análisis sensorial a fin de determinar preferencias y/o aceptabilidad.

Estos resultados muestran la amplia variabilidad que se encuentra en las poblaciones nativas de jitomate, lo que permite asumir que éstas son una fuente viable de genes para el mejoramiento de otros cultivares.

LITERATURA CITADA

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1990. Official Methods of Analysis. 15th edition. Ed. Washington DC, USA. pp:1141.
- Anthon, G. E., M. LeStrange, y D. M. Barret. 2011. Changes in pH, acids, sugars and other quality parameters during extended vine holding of ripe processing tomatoes. Journal of the Science of Food and Agriculture. 91(7):1175–1181. (wileyonlinelibrary.com) DOI 10.1002/jsfa.4312.
- Arias R., T-C. Lee, L. Logendra, and H. Janes. 2000. Correlation of lycopene measured by HPLC with the L*, a*, b* color readings of a hydroponic tomato and the relationship of maturity with color and lycopene content. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 48: 1697-1702.
- Batu, A. 1998. Some Factors Affecting on Determination and Measurement of Tomato Firmness. Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 22:411-418.
- Batu, A. 2004. Determination of acceptable firmness and colour values of tomatoes. Journal of Food Engineering. 61:471–475.

- Brandt, S., Z. Pék, É. Barna, A. Lugasi and L. Helyes. 2006. Lycopene content and color of ripening tomatoes as affected by environmental conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 86: 568–572.
- Casierra-Posada, F. y O. E. Aguilar-Avenidaño. 2008. Calidad en frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cosechados en diferentes estados de madurez. *Agronomía Colombiana* 26(2): 300-307.
- Díez M., J., y F. Nuez. 2008. Tomato. In: *Handbook of Plant Breeding. Vegetables II: Fabaceae, Liliaceae, Solanaceae, and Umbelliferae*. Prohens J. y F. Nuez. (eds.). 2008. Springer New York. 2:249-323.
- Fernie, A. R., Y. Tadmor, y D. Zamir. 2006. Natural genetic variation for improving crop quality. *Plant Biotechnology*. Elsevier. 9:196–202.
- Fridman, E., T. Pleban and D. Zamir. 2000. A recombination hotspot delimits a wild-species quantitative trait locus for tomato sugar content to 484 bp within an invertase gene. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)*, 97 (9): 4718-4723.
- Galicia C., R. M., C. Saucedo V., R. Verde C., E. Ponce A., y I. Guerrero L. 2005. Efecto del tratamiento térmico en las características fisicoquímicas y concentración de licopeno en jitomate cv. Saladette. In: *Memoria del V Congreso Iberoamericano de Ingeniería de los Alimentos*. Puerto Vallarta, Jalisco, México.
- Jones, R. A., and S. J. Scott. 1983. Improvement of tomato flavor by genetically increasing sugar and acid contents. *Euphytica* 32: 845-855.
- Juárez-López, P., R. Castro-Brindis, T. Colinas-León, P. Ramírez-Vallejo, M. Sandoval-Villa, D. W. Reed, L. Cisneros-Zevallos, y S. King. 2009. Evaluación de calidad en frutos de siete genotipos nativos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*). *Revista Chapingo. Serie horticultura*. 15(2): 5-9. Universidad Autónoma Chapingo, México.
- Kader, A. A., L. L. Morris, M. A. Stevens, and M. Albright-Holton. 1978. Composition and flavor quality of fresh market tomatoes as influenced by some postharvest handling procedures. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 103(1): 6-13.
- Konica Minolta. 2007. *Precise color communication*. Konica Minolta Sensing, Inc. Japan. pp: 59.

- Martínez B., E. 2003. Análisis de la acumulación de azúcares en pericarpios de dos genotipos silvestres de jitomate (*Lycopersicon esculentum*). *Agrociencia*. 37(004): 363-370.
- Monti, L. M. 1980. The breeding of tomatoes for peeling. *International Society for Horticultural Science. Acta Horticulturae*. 100:341–349.
- Nuez F. 2001. Desarrollo de nuevos cultivares. In: *El cultivo del tomate*. F. Nuez (Coord.). Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. pp:625-669.
- Ruiz J., J., M. Valero, S. García M., M. Serrano, and R. Moral. 2006. Effect of recent genetic improvement on some analytical parameters of tomato fruit quality. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 37: 2647–2658.
- SAS, Statistic Analysis System. 2002. SAS/STAT. Ver. 9. SAS Inst. Inc. Cary NC, USA.
- Stevens, M. A., A. A. Kader, M. Albright-Holton, and M. Algazi. 1977. Genotypic variation for flavor and composition in fresh market tomatoes. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 102(5):680-689.
- Tieman, D. M., M. Zeigler, E. A. Schmelz, M. G. Taylor, P. Bliss, M. Kirst, and H. J. Klee. 2006. Identification of loci affecting flavour volatile emissions in tomato fruits. *Journal of Experimental Botany*. 57(4):887–896.
- Toovey, F. W. 1982. *Producción Comercial de Tomates*. Editorial ACRIBIA. Zaragoza, España. pp: 184.
- Tucker, G., P. Walley, and G. Seymour. 2007. Tomato. In: *Biotechnology in Agriculture and Forestry. Transgenic Crops IV*. Pua, E.C., and M.R. Davey (eds.). Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 59:163-180.
- Turhan, A., y V. Seniz. 2009. Estimation of certain chemical constituents of fruits of selected tomato genotypes grown in Turkey. *African Journal of Agricultural Research*. 4(10). pp:1086-1092. Available online at <http://www.academicjournals.org/AJAR>.
- Young, T. E., J. A. Juvik, and J. G. Sullivan. 1993. Accumulation of the components of total solids in ripening fruits of tomato. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 118(2):286-292.

CAPÍTULO V. DISCUSIÓN GENERAL

México catalogado como un país con una gran riqueza de comunidades vegetales, cuenta con una amplia variedad de formas y colores en cultivares nativos, adaptados a diversos ambientes. Debido a la escasa documentación sobre las características de importancia agronómica y las propiedades culinarias y nutraceuticas (Ramírez, 2010); su estudio es una actividad primordial y estratégica con la finalidad de revalorizar el potencial de estos recursos (Rincón y Hernández, 2000).

Algunos ejemplos sobre investigaciones enfocadas al estudio de dichos recursos fueron realizadas por Carrillo y Chávez (2010) y Salgado *et al.* (2008) sobre aspectos de diversidad en diferentes características de planta, tallo, hoja, flor y fruto. Ambos estudios mostraron una amplia variabilidad.

Situación similar se encontró en esta investigación al evaluar la variabilidad morfológica en estado de plántula en donde largo de raíz y de vástago, número de nudos, materia seca de raíz y de vástago y diámetro de tallo, fueron las características que determinaron la variabilidad observada; siendo las poblaciones con origen de Campeche, Guanajuato y Estado de México, las que sobresalieron en las características que determinan la calidad de plántula como largo de vástago, tamaño de hoja, diámetro de tallo y materia seca. Dichas características son importantes ya que de ellas depende tanto el desarrollo del cultivo, el cuajado y tamaño del fruto como el rendimiento (Markovic *et al.*, 1997; Liptay *et al.*, 1981).

La producción de jitomate en México se lleva a cabo utilizando cultivares mejorados de importación, con alto precio de la semilla, lo que lleva a la necesidad de desarrollar variedades nacionales (Ramos *et al.*, 2006). En diversos estudios se ha reportado que las poblaciones nativas llegan a tener un comportamiento superior a los cultivares mejorados en algunas características de interés agronómico (Juárez-López *et al.*, 2009; Urrieta *et al.*, 2008; Flores *et al.*, 2011), lo que las convierte en una alternativa para su uso, ya sea como fuente de genes o como alternativa de producción.

En este estudio se encontró una amplia variabilidad en las diferentes características de planta, fruto y fenología evaluadas. Las poblaciones nativas Yuc-24 y Yuc-65 presentaron la mayor altura de planta, rasgo que les confiere una desventaja en el manejo del cultivo al incrementarse la frecuencia del bajado de la planta, ya que aumenta tanto el riesgo de dañar el tallo como el uso de mano de obra destinada a dicha actividad (Pilatti y Bouzo, 2000); además estas poblaciones obtuvieron el menor número de frutos por racimo, situación que pudo estar determinada por las altas temperaturas presentadas, cercanas a los 40°C, ya que en periodos prolongados a temperaturas mayores a 32°C, se presentan problemas de caída de flor sin dejar frutos cuajados (Muñoz, 2009). Por el contrario, Mont-12 obtuvo el mayor número de frutos por racimo, lo que sugiere que dicha población pueda ser sujeta de estudio para tolerancia a altas temperaturas.

De las poblaciones nativas Teh-205 obtuvo el mayor peso promedio por fruto y rendimiento, por lo que puede ser considerada útil en programas de mejoramiento para esta característica. Por el contrario, S-P-18, P-H-106 y P-C-277 presentaron los valores más bajos de largo y ancho de fruto, peso promedio por fruto y rendimiento; sin embargo, estos valores son atribuibles al tipo y tamaño de fruto.

Cam-3 y Cam-5 mostraron resultados similares al testigo Sun-7705 en rendimiento, frutos por racimo, largo de fruto, ancho de fruto, altura al primer racimo y días a fructificación; además de presentar una mayor precocidad en días a floración, días a cosecha y menor altura de planta. La precocidad mostrada por estas poblaciones es de interés al ser una característica importante desde el punto de vista comercial, ya que una aparición temprana en los racimos florales indica un adelanto en el inicio de la cosecha, permitiendo hacer un uso eficiente del invernadero (Márquez *et al.*, 2006).

Los atributos de calidad del fruto están determinados por su finalidad de uso. Para su consumo en fresco la apariencia, firmeza y sabor son importantes; mientras que para la industria de la transformación se considera el contenido de sólidos solubles, acidez titulable, pH y color (Rodríguez *et al.*, 1984; Jones, 1999; Bai y Lindhout, 2007; Causse *et al.*, 2007; Casierra-Posada y Aguilar-Avedaño, 2008). La firmeza es una característica que determina la capacidad de manipulación y transporte del fruto, y está definida tanto por la estructura interna del fruto como

del espesor y rigidez de la envoltura externa (Toovey, 1982). De las poblaciones nativas evaluadas Gto-11, Teh-219, Oax-160 y Teh-205 superaron al testigo en firmeza con valores superiores al mínimo requerido (1.45 N mm^{-1}) para su comercialización (Batu, 1998).

El sabor del jitomate producido comercialmente está considerado generalmente pobre, debido probablemente a los cultivares y al manejo del producto cosechado (Tieman *et al.*, 2006). Este problema en la calidad del sabor, característica determinada principalmente por el contenido de sólidos solubles totales y porcentaje de acidez titulable, de manera que al aumentar los niveles de éstos aumenta el sabor, puede ser superado mediante mejoramiento genético (Jones y Scott, 1983; Nuez, 2001); existiendo tanto en especies silvestres como en cultivares nativos de jitomate el potencial genético y fisiológico para mejorar esta característica en el fruto (Fridman *et al.*, 2000; Young *et al.*, 1993; Juárez-López *et al.*, 2009; Ruiz *et al.*, 2006). Sin embargo, la selección de genotipos élitos para el mejoramiento de esta característica es complicada debido a las dificultades en obtener una rápida, precisa y completa caracterización de las propiedades del sabor en líneas de jitomate. Además de la alta influencia ambiental en la expresión de las propiedades del sabor, hay varios componentes químicos implicados, algunos de ellos aún no identificados, y no sólo la cantidad de cada uno es importante, sino también la relación entre ellos (Galiana-Balaguer *et al.*, 2004).

En este estudio P-C-277 fue la población que presentó el valor más alto en sólidos solubles totales, mientras que Gro-78 mostró el mayor porcentaje de acidez titulable. A pesar de que estas dos propiedades del sabor pueden ser relativamente simples, es un criterio de selección efectivos para identificar progenie potencial con atributos de sabor mejorados (Jones y Scott, 1983); por lo que estas poblaciones son una alternativa viable como fuente de genes para el mejoramiento de dicha característica.

La determinación del color, además de ser una característica que permite dar una idea sobre la calidad del fruto, es un indicador del contenido de licopeno (Young *et al.*, 1993; Martínez, 2003; Went *et al.*, 1942; Fraser *et al.*, 1994). El color puede ser medido en un espacio tridimensional, expresado con base en sus atributos de °Hue, Luminosidad y Cromo (Konica Minolta, 2007). De estos tres el primero es el que determina la tendencia en el color del fruto: mientras menor sea el

valor mayor será el color rojo del fruto y por lo tanto un alto contenido de licopeno (Brandt *et al.*, 2006; Galicia *et al.*, 2005).

En estas características Cam-5 y Cam-3 presentaron los valores más bajos en °hue (color rojo) mostrando el mayor contenido de licopeno. El licopeno ha recibido mucha atención en años recientes (Tucker *et al.*, 2007); ya que podría estar involucrado en la prevención del cáncer, reduciendo el riesgo de enfermedades cardiovasculares, así como limitando la morbilidad o mortalidad de otras enfermedades crónicas (Miller *et al.*, 2002). Por lo tanto estas poblaciones pueden ser consideradas útiles para el mejoramiento de jitomate con alto contenido de licopeno.

Derivado de este estudio, la variabilidad encontrada en las poblaciones nativas evaluadas fue amplia, y su evaluación permitió identificar poblaciones susceptibles de ser utilizadas como fuente de genes para fines de mejoramiento ya sea para características de interés agronómico como para calidad de fruto.

El estudio comprendió un número limitado de poblaciones. No obstante muestra un amplio intervalo de variación en las características agronómicas y de calidad de fruto evaluadas. Es una pequeña muestra de la riqueza que se encuentra en las poblaciones nativas; riqueza que ha sido generada, a través de numerosas generaciones de selección (*in situ*) en múltiples regiones del país, por los agricultores que las poseen. Con criterios de selección dirigidos más a la calidad interna y al sabor que a factores de comercialización y manejo; siendo estos dos últimos criterios de selección, los que han llevado en detrimento la calidad general del fruto de jitomate. Los resultados muestran la necesidad de continuar con la evaluación de estos valiosos recursos para su aprovechamiento y rescate; además, de continuar los esfuerzos en la generación de variedades mejoradas, que conduzcan a la obtención de híbridos y variedades mexicanos, con características de calidad superiores a las actuales variedades comerciales y mayor capacidad de adaptación a los sistemas de producción nacionales.

Este estudio comparativo proporciona evidencias sólidas sobre el alto valor biológico y económico de las poblaciones nativas mexicanas de jitomate, y del potencial que se ha atesorado y permanece aún en estas poblaciones. Asimismo, estas evidencias, muestran que la

conservación *in situ* que ha dado lugar a esta riqueza biológica, es una estrategia que requiere ser mantenida y preservada para el beneficio de las generaciones futuras. Además, esta riqueza necesita un estudio exhaustivo para un aprovechamiento sustentable.

LITERATURA CITADA

- 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* 100: 1085–1094, available online at www.aob.oxfordjournals.org.
- Galiana-Balaguer, L., S. Roselló and F. Nuez. 2004. Flavour improvement in tomato. *Recent Research Developments in Crop Science*, 1: 147–163.
- Brandt, S., Z. Pék, É. Barna, A. Lugasi and L. Helyes. 2006. Lycopene content and color of ripening tomatoes as affected by environmental conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 86: 568–572.
- Batu, A. 1998. Some Factors Affecting on Determination and Measurement of Tomato Firmness. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 22:411-418.
- Carrillo R., J. C., y J. L. Chávez S. 2010. Caracterización Agromorfológica de muestras de Tomate de Oaxaca. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 33 (4):1 – 6.
- Casierra-Posada, F. y O. E. Aguilar-Avenidaño. 2008. Calidad en frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cosechados en diferentes estados de madurez. *Agronomía Colombiana* 26(2): 300-307.
- Causse, M., R. Damidaux, and P. Rousselle. 2007. Traditional and enhanced breeding for quality traits in tomato. In: Genetic improvement of solanaceous crops. Razdan M. K., and A. K. Mattoo (eds.). United States of America. 2007. Science Publishers. 2:153-192.
- Flores G., D., M. Sandoval V., P. Sánchez G., P. Ramírez V. and M. N. Rodríguez G. 2011. Yield of native genotypes of tomato as affected by electrical conductivity of the nutrient solution. In: II International Symposium on Soilless Culture and Hydroponics. International Society for Horticultural Science. *Acta Horticulturae* (eds). Puebla, México. pp. 29.
- Fraser, P., D., M. R. Truesdale, C. R. Bird, W. Schuch and P. M. Bramley. 1994. Carotenoid biosynthesis during tomato fruit development. *Plant Physiology*. 105: 405-413.
- Fridman, E., T. Pleban and D. Zamir. 2000. A recombination hotspot delimits a wild-species quantitative trait locus for tomato sugar content to 484 bp within an invertase gene.

Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS), 97 (9): 4718-4723.

- Galicia C., R. M., C. Saucedo V., R. Verde C., E. Ponce A., y I. Guerrero L. 2005. Efecto del tratamiento térmico en las características fisicoquímicas y concentración de licopeno en jitomate cv. Saladette. In: Memoria del V Congreso Iberoamericano de Ingeniería de los Alimentos. Puerto Vallarta, Jalisco, México.
- Jones, J., B. 1999. Tomato plant culture: in the field, greenhouse, and home garden. CRC Press. pp.: 199.
- Jones, R. A., and S. J. Scott. 1983. Improvement of tomato flavor by genetically increasing sugar and acid contents. *Euphytica* 32: 845-855.
- Juárez-López, P., R. Castro-Brindis, T. Colinas-León, P. Ramírez-Vallejo, M. Sandoval-Villa, D. W. Reed, L. Cisneros-Zevallos, y S. King. 2009. Evaluación de calidad en frutos de siete genotipos nativos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*). *Revista Chapingo. Serie horticultura*. 15(2): 5-9. Universidad Autónoma Chapingo, México.
- Konica Minolta. 2007. Precise color communication. Konica Minolta Sensing, Inc. Japan. pp: 59.
- Liptay, A., C. A. Jaworski, and S. C. Phatak. 1981. Effect of tomato transplant stem diameter and ethephon treatment on tomato yield, fruit size and number. *Canadian Journal of Plant Science*. 61: 413-415.
- Markovic, V., M. Djurovka, and Z. Ilin. 1997. The effect of seedling quality on tomato yield, plant and fruit characteristics. *International Society for Horticultural Science. Acta Horticulturae*. 462:163-170. http://www.actahort.org/books/462/462_21.htm
- Márquez H., C., P. Cano R., Y. I. Chew-Madinaveitia, A. Moreno R., y N. Rodríguez D. 2006. Sustratos en la Producción Orgánica de Tomate Cherry bajo invernadero. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*. 12(2):183-189.
- Martínez B., E. 2003. Análisis de la acumulación de azúcares en pericarpios de dos genotipos silvestres de jitomate (*Lycopersicon esculentum*). *Agrociencia*. 37(004): 363-370.
- Miller, E. C., C. W. Hadley, S. J. Schwartz, J. W. Erdman, T. W.-M Boileau, and S. K. Clinton. 2002. Lycopene, tomato products, and prostate cancer prevention. Have we established causality?. *Pure and Applied Chemistry*. 74(8): 1435–1441.

- Muñoz R., J. de J. 2009. Manejo del cultivo de tomate en invernadero. In: Manual de producción de tomate en invernadero. Castellanos J., Z. (ed.). México 2009. Intagri (Ed). pp: 45-91.
- Nuez F. 2001. Desarrollo de nuevos cultivares. In: El cultivo del tomate. F. Nuez (Coord.). Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. pp:625-669.
- Pilatti R., A., y C. A. Bouzo. 2000. Nota corta: efecto del bajado de plantas sobre la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivado en invernadero. Investigación Agraria. Producción y Protección Vegetales. 15(1-2): 143-150.
- Ramírez V., P. 2010. Conservación y Aprovechamiento de la diversidad de Poblaciones nativas de Jitomate. In: Benavides M., A., V. Robledo T., H. Ramírez, y A. Sandoval R. (comp.). 2010. Memoria del VI Simposio Nacional de Horticultura. Saltillo, Coahuila, México. pp: 116-126.
- Ramos O., A., A. Carballo C., A. Hernández L., T. Corona T., y M. Sandoval V. 2006. Caracterización de líneas de jitomate en hidroponía. Agricultura Técnica en México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 32(2): 213-223.
- Rincón S., F., y J. M. Hernández C. 2000. Conservación de recursos fitogenéticos en México. In: Recursos Fitogenéticos de México para la Alimentación y la Agricultura, Informe Nacional. Ramírez V., P., R. Ortega P., A. López H., F. Castillo G., M. Livera M., F. Rincón S., y F. Zavala G. (eds). 2000. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas y Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. Chapingo, México. pp. 65-87.
- Rodríguez R., R., J. M. Tabares R., y J. A. Medina S. J. 1984. Cultivo moderno del tomate. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. pp: 255.
- Ruiz J., J., M. Valero, S. García M., M. Serrano, and R. Moral. 2006. Effect of recent genetic improvement on some analytical parameters of tomato fruit quality. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 37: 2647–2658.
- Salgado M., L., P. Ramírez V., J. Canul K., y M. N. Rodríguez G. 2008. Diversidad genética de plántulas en poblaciones nativas de jitomate. In: Memoria del XXII Congreso Nacional y II internacional de Fitogenética. Sociedad Mexicana de Fitogenética. Chapingo, Estado de México, México. pp:272.

- Tieman, D. M., M. Zeigler, E. A. Schmelz, M. G. Taylor, P. Bliss, M. Kirst, and H. J. Klee. 2006. Identification of loci affecting flavour volatile emissions in tomato fruits. *Journal of Experimental Botany*. 57(4):887–896.
- Toovey, F. W. 1982. *Producción Comercial de Tomates*. Editorial ACRIBIA. Zaragoza, España. pp: 184.
- Tucker, G., P. Walley, and G. Seymour. 2007. Tomato. In: *Biotechnology in Agriculture and Forestry. Transgenic Crops IV*. Pua, E.C., and M.R. Davey (eds.). Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 59:163-180.
- Urrieta V., J. A., M. N. Rodríguez M., P. Ramírez V., J. A. Santizo R., y L. del M. Ruíz P. 2008. Calidad del fruto de tomate de costilla en postcosecha. In: *Memoria del XXII Congreso Nacional y II internacional de Fitogenética*. Sociedad Mexicana de Fitogenética. Chapingo, Estado de México, México. pp: 228.
- Went, F. W., A. L. LeRosen, and L. Zechmeister. 1942. Effect of external factors on tomato pigments as studied by chromatographic methods. *Plant Physiology* 17(1): 91-100.
- Young, T. E., J. A. Juvik, and J. G. Sullivan. 1993. Accumulation of the components of total solids in ripening fruits of tomato. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 118(2):286-292.