



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

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

**GENÉTICA**

**CARACTERIZACIÓN DE FAMILIAS SOBRESALIENTES  
DE POBLACIONES NATIVAS DE JITOMATE (*Solanum  
lycopersicon* L.), EN HIDROPONÍA E INVERNADERO**

**AGUSTÍN GERVACIO CANALES**

**TESIS**

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

**MAESTRO EN CIENCIAS**

**MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO**

**2017**

La presente tesis titulada: **Caracterización de familias sobresalientes de poblaciones nativas de jitomate (*Solanum lycopersicon* L.), en hidroponía e invernadero**, realizada por el alumno: **Agustin Gervacio Canales** bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

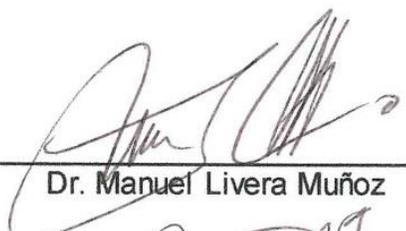
MAESTRO EN CIENCIAS

RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

GENÉTICA

CONSEJO PARTICULAR

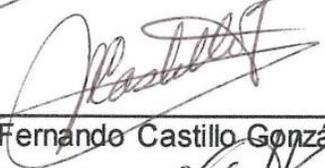
CONSEJERO



---

Dr. Manuel Livera Muñoz

ASESOR



---

Dr. Fernando Castillo González

ASESOR



---

Dr. Nicacio Cruz Huerta

ASESOR



---

Dr. Felipe Sanjuan Lara

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Abril de 2017

# DIVERSIDAD MORFOLÓGICA, PRODUCTIVA Y DE CALIDAD DE FRUTO DE FAMILIAS DE POBLACIONES NATIVAS DE JITOMATE

Agustin Gervacio Canales, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2017

## RESUMEN

México tiene una gran diversidad morfológica, de potencial productivo y de calidad de fruto de jitomates nativos (*Solanum lycopersicum* L.). El objetivo de esta investigación fue evaluar la diversidad de familias sobresalientes derivadas de poblaciones nativas, cultivadas en hidroponía e invernadero. Los tratamientos fueron 34 familias del estado de Puebla, conocidos regionalmente como “jitomates chinos”, como testigos se utilizaron los híbridos comerciales SUN7705<sup>®</sup>, CIDF1<sup>®</sup> y Reserva<sup>®</sup> (los tres de tipo saladette). Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones. Se trasplantaron plántulas de 30 días de edad en bolsas de plástico negro de 10 L, con tezontle rojo como sustrato, regándose con solución de Steiner. En el ciclo 2014 se evaluaron 29 variables de planta, de flor, de fruto, de calidad de fruto y de biomasa vegetal. Los análisis estadísticos empleados fueron análisis de varianza, componentes principales (ACP) y análisis de conglomerados. con la información de 29 características de planta, flor, fruto, calidad y biomasa vegetal. Los dos primeros componentes explicaron el 43.70 % de la variación total. El primer componente explicó 27.27 % y el segundo 16.43 % de la variación. Los resultados del análisis de conglomerados muestran se conformaron tres grupos que difieren principalmente en las características del fruto.

**Palabras clave:** Variación morfológica, calidad de fruto, poblaciones nativas, jitomate nativo.

# MORPHOLOGICAL, PRODUCTIVE AND QUALITY DIVERSITY OF FAMILIES OF NATIVE TOMATO POPULATIONS

**Agustin Gervacio Canales, M.C.**

**Colegio de Postgraduados, 2017**

## **ABSTRACT**

Mexico has a great morphological diversity, productive potential and fruit quality of native tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.). The objective of this research was to evaluate the diversity of outstanding families derived from native populations, grown in hydroponics and greenhouse. The treatments were 34 families from the state of Puebla, known regionally as "Chinese tomatoes", and three saladette type commercial hybrids SUN7705®, CIDF1® and Reserva®. A randomized complete block experimental design with three replicates was used. 30-day-old seedlings were transplanted into 10-L black plastic bags, with red tezontle as substrate, and watered with Steiner's solution. In the 2014 cycle, 29 plant, flower, fruit, fruit quality and plant biomass variables were evaluated. The statistical analyzes used were variance analysis, principal component analysis (PCA) and cluster analysis. With the information of 29 characteristics of plant, flower, fruit, quality and biomass. The first two components accounted for 43.70% of the total variation. The first component explained 27.27% and the second 16.43% of the variation. The results of the cluster analysis show that three groups were formed which differ mainly in the characteristics of the fruit.

**Key words:** Morphological variation, fruit quality, native populations, native tomato.

## AGRADECIMIENTOS

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

Al Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, particularmente a los maestros del Postgrado de Recursos Genéticos y Productividad-Genética, por los conocimientos compartidos.

Al Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología (COMECyT) por el apoyo económico otorgado para terminar mi Tesis de grado Maestría.

A Integra Filo Mayor S.C. (IFM SC) por darme la oportunidad de trabajar, de seguir y terminar mi Tesis de grado Maestría.

Al Dr. Porfirio Ramírez Vallejo<sup>†</sup> por el apoyo brindado en el uso de sus selecciones de las poblaciones nativas de jitomate.

Al Dr. Manuel Livera Muñoz por el apoyo brindado, por su orientación, atención, dedicación, por ser una guía y ejemplo en la terminación de la Tesis.

Al Dr. Fernando Castillo González, por su tiempo invertido en la toma de decisión en los trabajos de campo y análisis de datos estadísticos.

Al Dr. Nicacio Cruz Huerta, por su tiempo invertido, atención y dedicación en la terminación de la Tesis.

Al Dr. Felipe Sanjuan Lara, un gran amigo, por su participación y terminación de la Tesis.

Al MC. Iván Ramírez, MC. Roberto Flores, MC. Antonio Ramírez gracias por su apoyo durante el desarrollo del trabajo en campo de investigación.

A mis amigos (as) MC. Delfina, MC. Benjamín Cervantes, MC. Juan Antonio Rodríguez, Sr. Juan Carlos, gracias por su apoyo incondicional en este tan importante proyecto.

A la Sra. Dalila por su ayuda brinda en todo momento

## DEDICATORIA

A mis padres:

Juana Canales y Julio Gervacio†, me siento orgulloso de ser hijo de estos grandes seres humanos.

A mis hermanos:

Imelda, Irma y Cirilo, gracias por su apoyo incondicional y por formar parte de este proyecto tan importante en mi vida profesional.

Al Dr. Ramiro Maldonado, Dr. Cesar Sanmartín, Dr. Cesar Hernández, gracias por su apoyo, experiencia y orientación en la terminación de la Tesis.

A la Contadora Público.

Soledad Benita una mujer trabajadora, responsable gracias por tu apoyo incondicional este logro tan importante en mi vida profesional.

A mis cuñados (as)

Epifania, Macario y Ángel gracias por su apoyo incondicional

A mis sobrinos

Jessica, Diego, Guilebaldo, Isaí, Livia, Rey, Maybe, Maximiliano, Mayra, Isidoro, Joaquín gracias por su apoyo incondicional y formaron parte en la terminación de la Tesis.

<b>CONTENIDO</b>		<b>Página</b>
<b>RESUMEN.....</b>		V
<b>ABSTRACT.....</b>		VI
<b>LISTA DE CUADROS.....</b>		VIII
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>		IX
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL.....</b>		1
1.1 OBJETIVO.....		6
1.2 LITERATURA CITADA.....		7
<b>CAPÍTULO II. DIVERSIDAD MORFOLÓGICA Y PRODUCTIVA DE FAMILIAS DERIVADAS DE POBLACIONES NATIVAS DE JITOMATE.....</b>		10
<b>RESUMEN.....</b>		10
<b>SUMMARY.....</b>		11
2.1 INTRODUCCIÓN.....		13
2.1.1 OBJETIVO.....		16
2.1.2 HIPÓTESIS.....		16
2.2 MATERIALES Y MÉTODOS.....		16
2.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		24
2.4 CONCLUSIONES.....		63
2.5 LITERATURA CITADA.....		64

## LISTA DE CUADROS

### CAPITULO I

1	Precio de un millar de semillas de híbridos F1 comerciales de jitomates tipo saladette.....	1
---	---	---

### CAPÍTULO II

2.2.1	Material genético de jitomate evaluado en condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México, 2014 y 2015.....	17
2.2.2	Características cualitativas para la evaluación morfológica IPGRI (1996) de 34 familias y dos híbridos comerciales, Montecillo, Estado de México, 2014 y 2015.....	19
2.1	Promedio (Prom), desviación estándar (DE) y coeficiente de variación (CV%) de 34 familias de poblaciones nativas de jitomate y dos híbridos comerciales. Montecillo, Estado de México, 2014.....	25
2.2	Medias de rendimiento de fruto por planta (RPL), número de frutos por planta (NFP) y peso individual de fruto (PIFR) de familias derivadas de poblaciones nativas de jitomate y dos híbridos comerciales, Montecillo, Estado de México, 2014.....	32
2.3	Medias de calidad externa e interna de frutos de familias derivadas de poblaciones nativas de jitomate y dos híbridos comerciales. Montecillo, Estado de México, 2014.....	34
2.4	Valores y vectores característicos del análisis de componentes principales con base en 29 características de 34 familias derivadas de poblaciones nativas de jitomate y dos híbridos comerciales, Montecillo, Estado de México, 2014.....	38
2.5	Coeficiente de determinación de 29 características con cada uno de los primeros tres componentes principales de 34 familias derivadas de poblaciones nativas de jitomate y dos híbridos comerciales, Montecillo, Estado de México, 2014.....	41
2.6	Media, desviación estándar y coeficiente de variación de características de 34 familias derivadas de poblaciones nativas de jitomate y dos híbridos comerciales. Montecillo, Estado de México, 2015.....	48
2.7	Medias de rendimiento por planta (RPL), número de frutos por planta (NFP) y peso individual de fruto (PIFR) de familias derivadas de poblaciones nativas de jitomate y dos híbridos comerciales, Montecillo, Estado de México, 2015.....	50
2.8	Medias de características de calidad externa e interna de frutos de familias derivadas de poblaciones nativas de jitomate y dos híbridos comerciales, Montecillo, Estado de México 2015.....	52
2.9	Valores y vectores característicos del análisis de componentes principales con promedios de 19 características de 34 familias derivadas de poblaciones nativas de jitomate y dos híbridos comerciales, Montecillo, Estado de México, 2015.....	56
2.10	Coeficiente de determinación de 19 características con cada uno de los primeros tres componentes principales, de 34 familias derivadas de	

poblaciones nativas de jitomate y dos híbridos comerciales, Montecillo, Estado de México, 2015.....	57
---	----

**LISTA DE FIGURAS**  
**CAPÍTULO II**

2.1	Tipos de frutos de 34 familias derivadas de poblaciones nativas de jitomate y dos híbridos comerciales, Montecillo, Estado de México 2014 y 2015.....	30
2.2	Color de fruto de 34 familias derivadas de poblaciones nativas de jitomate y dos híbridos comerciales, en el espacio de color L*C*h*. Montecillo, Estado de México, 2014.....	35
2.3	Correlación en la evaluación de características cuantitativas con respecto a los dos primeros componentes de 34 familias y dos híbridos comerciales .....	37
2.4	Representación gráfica de dispersión de la variación morfológica de familias derivadas de poblaciones nativas de jitomate y dos híbridos comerciales, en el plano determinado por los dos primeros componentes. Montecillo, Estado de México, 2014.....	42
2.5	Agrupamiento de 34 familias derivadas de poblaciones nativas de jitomate y dos híbridos comerciales con base de 29 características morfológicas cuantitativas, Montecillo, Estado de México, 2014.....	45
2.6	Color de fruto de familias derivadas de poblaciones nativas de jitomate y dos híbridos comerciales, en el espacio de color L*C*h*. Montecillo, Estado de México, 2015.....	54
2.7	Correlación de 19 características registradas para, 34 familias derivadas de poblaciones nativas de jitomate y dos híbridos comerciales con respecto a los dos primeros componentes principales, Montecillo, Estado de México, 2015.....	55
2.8	Representación gráfica en el plano de los dos primeros componentes principales, de la dispersión de la variación morfológica de familias derivadas de poblaciones nativas de jitomate y dos híbridos comerciales. Montecillo. Estado de México. 2015.....	58
2.9	Agrupamiento de 34 familias derivadas de poblaciones nativas de jitomate y dos híbridos comerciales con base de 19 características morfológicas cuantitativas. Montecillo. Estado de México. 2015.....	61

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN GENERAL

El jitomate (*Solanum lycopersicon* L.) es una hortaliza de importancia mundial y nacional. En México se cultivan con esta especie 55,888 ha, con un volumen de producción de 2'838,369 t (SIAP, 2012). El fruto es consumido en fresco o procesado en diferentes formas (Labate *et al.* 2007) y los tipos más comunes en el comercio son el guajillo o saladette, bola, cocktail, tomatillo o cherry, uva y pera (Castellanos, 2009).

Cuando la producción es para el comercio nacional y para la exportación se utilizan híbridos y cuando la producción es para consumo local, en algunas regiones se utilizan jitomates nativos. Actualmente el costo de las semillas de los híbridos de jitomate utilizados en la producción comercial varía de 2500 a 6000 pesos por millar (Duvick, 1999 y Ahern, 2010) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Precio de un millar de semillas de híbridos F1 comerciales de jitomates tipo saladette.

<b>De crecimiento indeterminado</b>	<b>USD</b>	<b>00/100 M.N</b>
EI CID <sup>1</sup>	\$160.48	\$2943.20
Sun 7705 <sup>2</sup>	136.31	2500.00
Reserva <sup>3</sup>	122.68	2250.00
Ramses <sup>1</sup>	179.07	3284.14
Anibal <sup>1</sup>	241.54	4429.84
Cuauhtemoc <sup>1</sup>	282.10	5173.71
Moctezuma <sup>1</sup>	282.10	5173.71
<b>De crecimiento determinado</b>		
Patricia <sup>1</sup>	315.70	5789.94
Pegaso <sup>1</sup>	283.80	5204.89
Pony express <sup>1</sup>	350.80	6433.67
Serengheti <sup>1</sup>	326.56	5989.11
Toro <sup>1</sup>	234.03	4292.11

Fuente. 1: Semillas de Harris Moran, 2: Nunhems y 3: Vilmorin. Tipo de cambio US\$ 1.00=MX\$18.34, con fecha: 2 de marzo de 2016.

En contraste con el alto costo de las semillas de los híbridos, las semillas de los jitomates nativos de los agricultores rurales no se venden, se regalan o intercambian. Por lo anterior, para los agricultores de escasos recursos económicos, las variedades nativas de jitomate son el principal recurso disponible para mantener la producción y el sustento familiar (Ríos-Osorio, *et al.* 2013)

En el 2007 el consumo per cápita a nivel mundial fue de 17.97 kg/año/habitante y esas cantidades se han incrementado. Los países con mayor consumo fueron Egipto, Grecia, Libia, Armenia, Túnez y Turquía, en cantidades superiores a 80 kg/año/habitante. En México el consumo per cápita en el 2007 fue de 19.2 kg/año/habitante (FAOSTAT, 2010) y se ubicó en 16 kg/año, aproximadamente, que fue inferior al consumo promedio mundial de 18 kg/año. (FIRA 2014) el consumo nacional aparente de jitomate se ubicó en 1.37 millones de toneladas, que representa el 48.2% del total de la producción nacional.

En el país la superficie cultivada con jitomate ha decrecido; sin embargo, el volumen producido ha permanecido constante, debido al incremento en el rendimiento. Los principales estados productores son: Baja California Sur, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Puebla, Querétaro, Sinaloa, Sonora y Zacatecas (SIAP, 2010). En términos de volumen y valor, el jitomate y sus derivados son los principales productos hortícolas de exportación, sostén principal de la estructura productiva y comercial y una de las fuentes de empleo rural más importantes en México (Manrrubio *et al.* 1995).

En México el jitomate es el producto con valor más importante de las exportaciones, en año 2013 ocupó una participación de 15.7%. Entre los años 2008 a 2012 se exportó un promedio de 1.35 millones de toneladas, volumen equivalente al 60.0% de la producción nacional de esta hortaliza. Por otra parte, el promedio de las importaciones se ha mantenido en 32,600 toneladas., por lo tanto, resulta un saldo positivo en el esquema comercial (FIRA 2014).

El centro de origen del jitomate (*Solanum Lycopersicon L.*), se ubica en la región andina que actualmente abarca parte de Chile, Bolivia, Ecuador, Colombia y Perú (Bai y

Lindhout, 2007). En esta región es posible encontrar todas las especies silvestres (Rick, 1979 y Jenkis, 1948). El centro de domesticación y diversificación del jitomate rojo se ubica en México, porque existe una gran variabilidad morfológica, además de evidencias lingüísticas, arqueológicas y etnobotánicas (Rick y Fobes, 1975; Rick, 1979).

El mejoramiento y manejo de los recursos reflejan la dinámica de los cultivos a través de la diversidad genética existente y que es definida por su evaluación y descripción (Breto *et al.* 1993). Por lo tanto, las poblaciones nativas son de gran importancia para la agricultura del país, ya que el conocimiento de los atributos agronómicos, nutricionales y otros valores de uso, puede optimizar el aprovechamiento del jitomate a través de su conservación y mejoramiento.

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

Las variedades nativas del jitomate en México, tienen una amplia diversidad morfológica y un alto grado de adaptación, que permiten localizar cultivares con características morfológicas bien definidas en diferentes localidades y regiones. En los sistemas tradicionales la domesticación y la selección han favorecido la adaptación a ambientes locales y a diferentes regiones (Levin, 2005).

La calidad del fruto del jitomate está determinada por factores externos e internos. La percepción del consumidor de la calidad tiene como base la apariencia, sabor, aroma y textura (Lecomte *et al.* 2004). La apariencia es el principal atributo que determina el valor comercial de los jitomates, esta característica es determinada por el color, forma, firmeza, uniformidad y ausencia de manchas y defectos (Vilas *et al.* 1999; Nuez, 2001). El mejoramiento genético ha buscado mejorar características de calidad de fruto como tamaño, forma, firmeza, contenido de sólidos solubles, color, sabor, calidad nutricional,

vida de anaquel y calidad agroindustrial (Vilas *et al.* 1999; Foolad, 2007). El color rojo del fruto de jitomate es una característica de calidad que ha sido un objeto de estudio en muchos programas de mejoramiento; dada su relación con el contenido de licopeno y sus beneficios en la salud humana (Giovannucci, 1999).

La ingesta de carotenoides es importante para la salud, debido a que se asocia con la reducción del riesgo de ciertos tipos de cáncer, la arteriosclerosis y la formación de cataratas. El  $\beta$ -caroteno tiene actividad como provitamina A; el licopeno actúa como antioxidante, anticancerígeno y antimutagénico; y la luteína reduce el riesgo de cáncer de pulmón (Arias *et al.* 2000; Binoy *et al.* 2004).

Las variedades de jitomate presentan diferencias en la concentración de licopeno. El contenido de este compuesto puede incrementarse (o disminuirse) por las condiciones ambientales, las prácticas agrícolas y la nutrición de las plantas (Ruffo *et al.* 2002). Entre las condiciones ambientales importantes se encuentran la temperatura y la intensidad de la luz, ya que a temperaturas inferiores a 12°C y superiores a 32°C inhiben a los precursores de licopeno, por lo tanto, para la producción de este caroteno, temperaturas 22 a 25°C son ideales para su producción (Lumpkina, 2005).

La variabilidad genética o diversidad genética es causada por variaciones heredables que ocurren en los organismos, entre los individuos de una población y entre las poblaciones dentro de una especie (Piñero *et al.* 2008). Una limitada variabilidad provoca vulnerabilidad a enfermedades y plagas específicas al cultivo (Tanskey y McCouch, 1997).

La conservación de la diversidad se ha centrado en las especies silvestres, aunque la mayor parte de la diversidad genética de las especies cultivadas se encuentra en las variedades locales (Camacho *et al.* 2006). Las variedades nativas son poblaciones dinámicas muy heterogéneas en comparación con los cultivares modernos y poseen una amplia variabilidad fenotípica (Camacho *et al.* 2006). Además existe diversidad genética que se ha generado a través del tiempo por los agricultores, el medio ambiente y los procesos evolutivos (Mercer y Perales, 2010) y sus interacciones.

La incorporación de germoplasma de especies silvestres ha permitido el desarrollo de los modernos cultivares de jitomate. Por ejemplo, se han creado con éxito híbridos mediante cruzamientos de *L. esculentum* con *L. hirsutum* para mejorar rendimiento, contenido de sólidos solubles y color de los frutos (Tanksley y McCouch, 1997). Con regiones genómicas de *Solanum pennelli* se puede incrementar el rendimiento en condiciones de estrés (Gur y Zamir 2004).

En la actualidad es posible encontrar poblaciones nativas cultivadas en diferentes regiones agrícolas del país, así como poblaciones silvestres con amplia variabilidad fenotípica, con sabores y usos especializados, con capacidad adaptativa y útiles para la selección. La combinación de estos elementos ha promovido una amplia variación en morfología, las respuestas fisiológicas y fenológicas de planta; tamaños y formas de fruto; distribución de la producción; vida de anaquel y calidad; y por lo tanto, un amplio potencial para la mejora de color, sabor y textura de las actuales variedades comerciales (Ramírez, 2010). El germoplasma del jitomate mexicano por su origen, adaptación y cultivo, muestra una amplia variabilidad que ofrece grandes oportunidades para ser aprovechado en el desarrollo de nuevas variedades. Sin embargo muchas de las poblaciones nativas no han sido caracterizadas ni documentadas, teniendo un aprovechamiento limitado, lo que las hace vulnerables a la pérdida. (Salgado, 2011).

En México las poblaciones nativas de jitomate presentan una amplia variedad de tamaños, formas de fruto, sabores, número y peso de semillas, número de lóculos y productividad, entre otras características (Ramírez *et al.* 2006). Sin embargo, Hay pocas investigaciones sobre la diversidad presente, el potencial productivo y calidad de los jitomates nativos. Entre estas investigaciones está la de Sanjuan *et al.*, 2015, quien evaluó 48 genotipos nativos por su tolerancia a la salinidad. Encontró que el 75 % de los genotipos mostraron tolerancia a la salinidad. Flores *et al.* 2012, evaluó diez genotipos nativos considerando su rendimiento y crecimiento en condiciones de salinidad utilizando la solución de Steiner con una conductividad eléctrica (CE) de 1, 2 y 3 dSm<sup>-1</sup>. Encontró una disminución de altura de la planta a medida que se incrementó la CE. y la materia seca se relacionó negativamente con el incremento de la CE. El genotipo PUETHNE1-

128 presentó un rendimiento similar al de los híbridos comerciales utilizados como testigos.

Juárez-López *et al.* (2012) evaluaron características agronómicas de siete genotipos de jitomate de los estados de Guerrero y Puebla cultivados en invernadero e hidroponía y un híbrido comercial Cherry (H-709). Encontraron que cuando menos un genotipo nativo superó al testigo en algunas de las siguientes variables: días a madurez del primer racimo, altura de planta, largo y ancho de fruto, número de lóculos, peso de fruto y rendimiento. En el número de frutos en seis racimos dos genotipos (JCPRV-43 y JCPRV-05) fueron similares al testigo. El testigo superó a los genotipos nativos en el diámetro de tallo. Concluyen que los genotipos nativos por sus características agronómicas poseen potencial para cultivarse como jitomates tipo cherry y algunos como fuente de germoplasma para mejoramiento genético de la especie.

### **1.1. OBJETIVO**

Por lo anterior, el objetivo de esta investigación es analizar la variación morfológica, el potencial productivo y la calidad de fruto de familias sobresalientes derivadas de poblaciones nativas de jitomate.

## 1.2. LITERATURA CITADA

- Ahern 2010. Catálogo de productos Ahern International Seeds, Inc. <http://www.ahernseeds.com>. (Enero 2011).
- Arias R., Lee Tung-Ching, Logendra L., Janes H. 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. *J. Agric Food Chem.* 48(5): 1697-1702.
- Bai, Y., and Lindhout P. 2007. Domestication and Breeding of Tomatoes. What have We Gained and What Can We Gain in the Future? *Ann Bot.* 100(5): 1085-1094.
- Bocco, G. and V.M. Toledo. 1997. Integrating peasant knowledge and GIS: a spatial approach to sustainable agriculture. *Indigenous Knowledge Monitor* 5(2): 10-13.
- Bocco G., A. Velázquez y A. Torres. 2000. Ciencia, comunidades indígenas y manejo de Recursos Naturales. Un caso de investigación participativa en México. *Interciencia* 25(2): 64-70.
- Breto. M. P., M. J. Asins and E. A. Carbonell. 1993. Genetic variability in *Lycopersicon* species and their genetic relationships. *Theoretical and Applied Genetics* 86(1): 113-120.
- Camacho V., T.C. N. Maxted., M. Scholten and B. Ford-Lloyd. 2005. Defining and identifying crop landraces. *Plant Genetic Resources* 3(3): 373-384.
- Castellanos, J. Z. 2009. Manual de Producción de Jitomate en Invernadero. Intagri México 458 p.
- Duvick, D. N. 1999. Commercial strategies for exploitation of heterosis *In: Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops.* J. G. Coors, S Pandey (eds). Am Soc. Agrom. Madison, Wisconsin, USA. pp:295-304.
- FAOSTAT. 2010. Dirección de Estadística disponible en: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>.
- Flores-González D., M. Sandoval-Villa., P. Sánchez-García., P. Ramírez-Vallejo. M.N. Rodríguez-García. 2012. Yield of native genotypes of tomato as affected by electrical conductivity of nutrient solution. *Acta Hort.* 947: 69-76.
- FIRA, 2014. Fideicomisos Instituidos en Relacion con la Agricultura 2014. Tomate rojo 2014. Panorama Agroalimentario 2015. Consultado 14 de julio de 2016. Disponible en: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/99101/Panorama\\_Agroalimentario\\_Tomate\\_Rojo\\_2014.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/99101/Panorama_Agroalimentario_Tomate_Rojo_2014.pdf).
- Foolad, R. M. 2007. Genome mapping and molecular breeding of tomato. *International Journal of Plant Genomics.* 52 p.
- George B., C. Kaur, D.S. Khudiya, H.C. Kapoor. 2004. Antioxidants in tomato (*Lycopersium esculentum*) as a function of genotype. *Food Chemistry* 84: 45-51.

- Giovanucci, E. 1999. Tomatoes, Tomato-Based Products, Lycopene, and Cancer, Review, of the Epidemiologic, Literature. *Journal of the National, Cancer, Institute* 91(4):317-331.
- Gur, A., D. Zamir. 2004. Unused natural variation can lift yield barriers in plant breeding. *PLoS Biolog* 2(10):1610-1615.
- Jenkins, J. A. 1948. The origin of the cultivated tomato. *Economy Botany* 2(4): 379-392.
- Juárez-López, P.; R. Castro-Brindis, T. Colinas-León, M. Sandoval-Villa, P. Ramírez-Vallejo, W. D. Reed, L. Cisneros-Zevallos, y S. King 2012. Evaluación de características de interés agronómico de siete genotipos nativos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivados en hidroponía. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 18(2): 207-216.
- Labate, J. A., S. Grandillo, T. Fulton, S. Muños, A. L. Caicedo, I. Peralta, Y. Ji, R. Tt. 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. Lijima, A. J. Slade, S. R. Hurst, D. Loeffler, M. N. Steine, D. Vafeados, C. McGuirre, C. Freeman, A. Amen, J. Goodstal, D. Facciotti, J. V. Eck, and M. Cause 2007. *Tomato in: C. Kole (Ed) Genome mapping and molecular breeding in plants C. Kole (ed.). Vegetables. Springer-verlag Berlin Heidelberg. 5:1-125.*
- Lecomte, L., A. Gautier, A. Luciani, P. Duffé, F. Hospital, M. Buret y M. Causse. 2004. Recent advances in molecular breeding: the example of tomato breeding for flavor traits. *Acta Horticulturae* 637:231-242.
- Levin, D. A. 2005. Niche shifts: The primary driver of novelty within angiosperm genera. *Systematic Botani* 30(1): 9-15.
- Lumpkina, H. 2005. A comparison of lycopene and other phytochemicals in tomatoes grown under conventional and organic management systems. AVRDC-The World Vegetable Center. *Boletín Técnico* 34. 48pp.
- 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 4: 15-19.
- Mercer, K. L. and H. R. Perales. 2010. Evolutionary response of landraces to climate change in centers of crop diversity. *Evolutionary Applications* 3(5):480-493.
- Nuez, F. 2001. *El cultivo de Jitomate. Mundi-Prensa, 793 pp.*
- Piñero, D., A. Barahona., L. Eguiarte., A. Rocha. O., y L. Salas. L. 2008. La diversidad genética como instrumento para la conservación y el aprovechamiento de la biodiversidad: estudios en especies mexicanas. En Conabio (Ed) *Capital Natural de México*, vol. 1: Conocimiento Actual de la Biodiversidad pp. 437-494.

- Ramírez V. P., M. N. Rodríguez, F. Catillo. 2006. Diversidad morfológica en poblaciones de jitomate nativas de México. Instituto de Recursos Genéticos y Productividad. Colegio de Postgraduados. Memorias SIRGEAL.
- Ramírez V., P. 2010. Conservación y aprovechamiento de la diversidad de poblaciones nativas de jitomate. En: UAAAN (Ed) MEMORIA 6° Congreso Nacional de Horticultura, Producción de Tomate en el Norte de México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo. Coahuila. pp 116-124.
- Rick, C. M. 1979. Biosystematic studies in *Lycopersicon* and closely related species of *Solanum*. In: J Hawkes., G. Lester and A. D. Skelding (Eds). The Biology and Taxonomy of the *Solanaceae*, Linnean Society of London, London, U. K. pp: 667-677.
- Rick, C. M. and J. Fobes. 1975. Allozyme variation in cultivated tomato and closely related species. Bulletin of the Torrey Botanical Club. 102(6): 376-384.
- Ríos-Osorio, O., J. L. Chávez-Servia y J. C. Carrillo-Rodríguez. 2013. Producción tradicional y la diversidad de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) nativo: un estudio de caso en Tehuantepec-Juchitán, México. Agricultura Sociedad y Desarrollo 11(1): 35-51.
- Ruffo, C. K., A. Birnie., and B. Tengnas. 2002. Edible Wild Plants of Tanzania RELMA. Technical Handbook. 27 E. Nairobi, Kenya 766 pp.
- Salgado-Meraz, L. 2011. Calidad de fruto de jitomate en acervos y poblaciones nativas de México. Tesis de Maestría en Ciencias. Fruticultura Colegio de postgraduados. Montecillo, México. 31 p.
- Sanjuan L., M. Livera., J.C. Carrillo., M. Sandoval., C. Perales., P. Ramírez ., P. Sánchez. 2015. Tolerancia de líneas nativas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) a la salinidad con NaCl. Interciencia 40(10): 704-709.
- SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2010. Produce México 39.5 Toneladas de Jitomate por cada Hectárea. Disponible en: [http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=309:producemexico54toneladasdetomateporcadahectarea&catid=6:boletines&Itemid=335](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=309:producemexico54toneladasdetomateporcadahectarea&catid=6:boletines&Itemid=335).
- SIAP . Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera 2012. Producción agrícola. Biodiversidad Mexicana. Consultado:14 de marzo de 2017. Disponible en: <http://www.biodiversidad.gob.mx/usos/alimentacion/jitomate.html>
- Tanksley, S.D., S.R. McCouch. 1997. Seed banks and molecular maps: unlocking genetic potential from the wild. Science 277(5329): 1063-1066.
- Vilas, B. E. V de B., A. Bosco C., W. R. Maluf y M. I. Fernández C. 1999. Influencia do alelo alcobaca em heterozigose sobre la vida de prateleira e qualidade pós-colheita de tomates. Ciencia e Agrotecnologia. 23(3):650-657.

## **CAPÍTULO II**

### **DIVERSIDAD MORFOLÓGICA Y PRODUCTIVA DE FAMILIAS DERIVADAS DE POBLACIONES NATIVAS DE JITOMATE**

#### **RESUMEN**

El objetivo de este trabajo fue evaluar 34 familias derivadas de poblaciones nativas de jitomate del estado de Puebla conocidos regionalmente como jitomate chino y dos híbridos comerciales, en los ciclos otoño 2014 y verano 2015, para conocer su diversidad morfológica y el potencial productivo. Las familias se cultivaron en condiciones de hidroponía e invernadero, bajo un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. En el primer ciclo de cultivo se levantó información de 29 características morfológicas y para el segundo ciclo de 19 características. Se realizaron análisis de varianza (ANAVA) y análisis de componentes principales (ACP) a partir de la matriz de correlaciones. En el primer ciclo de evaluación los nueve primeros componentes explicaron el 84.7 %, y para el segundo ciclo los primeros siete componentes se explicaron el 83.69 % de la variación fenotípica total entre las familias. En el primer ciclo las características de mayor relevancia fueron: número de hojas al primer racimo, altura al primer racimo, longitud de la hoja, número de flores, número de frutos por planta, rendimiento por planta, materia seca de hoja, tallo y raíz, cromas, firmeza, acidez titulable y sólidos solubles totales. Para el segundo ciclo fueron: altura al primer racimo, inicio a floración, inicio a fructificación, número de frutos por planta, rendimiento por planta, peso individual de fruto, longitud y anchura de fruto y hue ( $h^*$ ). En los estadísticos básicos, las características de fruto mostraron la mayor variación. En el segundo ciclo, la característica de fisiología de planta, de fruto y de calidad externa e interna de fruto, mostraron variación entre las familias y los híbridos comerciales. En el análisis de conglomerados con estandarización a media cero y varianza uno, la distancia euclidiana promedio y agrupación por promedio de grupos (UPGMA), se forman tres grupos con leve tendencia a agrupar en las familias del ciclo 2014 y con cuatro grupos para 2015. Las características morfológicas de las familias difieren por las formas y tipos de frutos, rendimiento por planta, longitud y

anchura de frutos. La mayoría de las familias se conformaron por tipo de fruto pimiento (jitomate chino), guajillo, arriñonado y bola.

**Palabras clave:** *Solanum lycopersicum*, jitomate nativo, familias, poblaciones nativas, morfología.

## SUMMARY

The objective of this study was to evaluate 34 families derived from native tomato populations of the state of Puebla regionally known as Chinese tomatoes and two commercial hybrids, in the autumn 2014 and summer 2015 cycles, to know their morphological diversity and productive potential. The families were cultivated under hydroponic and greenhouse conditions, under a randomized block design with three replicates. In the first crop cycle information was collected on 29 morphological characteristics and for the second cycle of 19 characteristics. Analysis of variance (ANOVA) and principal component analysis (PCA) were performed from the correlation matrix. In the first cycle of evaluation the first nine components explained 84.7%, and for the second cycle the first seven components explained 83.69% of the total phenotypic variation among the families. In the first cycle the most relevant characteristics were: number of leaves at first bunch, height at first bunch, leaf length, number of flowers, number of fruits per plant, yield per plant, leaf, stem and root dry matter, Chroma, firmness, titratable acidity and total soluble solids. For the second cycle, height at first bunch, beginning at flowering, beginning at fruiting, number of fruits per plant, yield per plant, individual fruit weight, fruit and egg length and width ( $h^*$ ). In the basic statistics, the fruit characteristics showed the greatest variation. In the second cycle, the characteristic of plant physiology, fruit and external and internal fruit quality, showed variation between families and commercial hybrids. In the analysis of clusters with standardization at mean zero and variance one, mean Euclidean distance and grouping by average of groups (UPGMA), three groups are formed with a slight tendency to group in the families of the cycle 2014 and with four groups by 2015. The morphological characteristics of the families differ by the forms and types of fruits, yield per plant, length and width of fruits. The

majority of the families were conformed by type of fruit pepper (Chinese tomato), guajillo, kidney and ball.

Key words: *Solanum lycopersicum*, native tomato, families, native populations, morphology.

## 2.1. INTRODUCCIÓN

El jitomate (*Solanum lycopersicon* L.) es originario del área comprendida entre Chile y Ecuador, a través de la región montañosa de los Andes y la extensión costera en Perú, de donde migró a Mesoamérica (Peralta y Spooner, 2007), región que se considera su centro de domesticación. (Jenkins, 1948).

El cultivo durante siglos por los agricultores tradicionales ha determinado la evolución bajo domesticación del jitomate. El proceso de la selección y adaptación son elementos importantes en esa evolución dinámica que modifican a los acervos genéticos en los centros de origen, de domesticación y de diversificación, especialmente en las condiciones de los sistemas de producción agrícola tradicional (Jain, 2000; Engels *et al.* 2006).

La evolución de las plantas silvestres a planta cultivada está determinada por la interacción hombre-planta, a través de la selección para encontrar algunas de modo que satisfagan las necesidades humanas (Doebley *et al.* 2006; Vaughan *et al.* 2007). Los atributos y criterios de selección pueden ser específicos, diferentes; de una cultura a otra y determinados por las necesidades locales, costumbres, tendencias, y condiciones de hábitats particulares (Arora, 1995). El aprovechamiento y el manejo de las poblaciones nativas satisface varios objetivos de los campesinos y representan un factor de la soberanía alimentaria, que por su heterogeneidad biológica responde a la diversidad económica y cultural de la agricultura local en los agrosistemas tradicionales (Bellon, 1996).

En la transición evolutiva de planta silvestre a jitomate cultivado se aprovecharon mutaciones asociadas con el aumento del tamaño del fruto. Dichas mutaciones fueron seleccionadas y acumuladas por intervención de los humanos. La selección diferencial incrementó la diversidad de formas de fruto (*i.e.* redonda, ovalada, tipo pera, tipo torpedo, tipo pimienta), tamaño de planta, y otros cambios como las respuestas fisiológicas y de adaptaciones en ambientes naturales diferentes (Bai y Lindhout, 2007).

La especie *Solanum lycopersicum* muestra variación en intensidad de color, forma y calidad del fruto, hábitos de crecimiento y morfología de la hoja (Grandillo *et al.* 1996). Estos elementos hacen que la introducción de germoplasma de las especies silvestres a las especies cultivadas sea una herramienta viable y útil en el mejoramiento genético del jitomate, esto permite incorporar factores genéticos útiles para mejorar la calidad de los frutos y ampliar la adaptabilidad de la planta a condiciones ambientales estresantes. Sobre todo porque la sobreexplotación de la variación genética del género *Solanum* que persigue el incremento de la productividad, ha reducido la base genética en los programas de mejoramiento genético de la especie e incrementando la susceptibilidad al estrés tanto biótico como abiótico (Schauer *et al.* 2005).

El jitomate es susceptible a más de 200 enfermedades provocadas por hongos, bacterias, virus y nematodos, lo que genera daños y pérdidas cuantiosas a escala mundial (Bai y Lindhout, 2007). Para resolver el problema generado por patógenos, la incorporación de genes de resistencia de formas silvestres es una estrategia útil para el mejoramiento genético del jitomate cultivado, como muestra el uso exitoso de *L. pimpinellifolium*, *L. peruvianum* y *L. hirsutum*, donadores de resistencia vertical y horizontal para *Phytophthora infestans* y *Oidium lycopersicum* (Foolad, 2007).

Actualmente esta especie presenta una gran diversidad en forma de poblaciones nativas y silvestres, que ha sido escasamente estudiada y documentada en sus características morfológicas (Rick, 1978; Rick y Holle, 1990; Jones, *et al.* 2000; Peralta y Spooner, 2007; Ramírez, 2010; Méndez *et al.* 2011); así como en su potencial genético y aprovechamiento directo o como fuente de genes para el mejoramiento (Carrillo y Chávez, 2010).

En un estudio de 49 poblaciones nativas cultivadas en Oaxaca, se encontraron diferencias significativas para 19 características fenológicas y morfológicas, incluyendo tallo, hoja, flor y fruto (Carrillo y Chávez, 2010). Por otra parte, en un grupo de poblaciones silvestres del estado de Michoacán no se encontraron diferencias en color de fruto (rojo), color de flor (amarillo), margen de foliolos (aserrados) y hábitos de crecimiento (rastrero-trepador) (Álvarez *et al.* 2009).

Se estima que a nivel mundial el 80% de las colectas carecen de datos de caracterización morfológica, fisiológica y agronómica. Esta situación convierte a las colecciones en depósitos de material biológico con limitada aplicación en el diseño de estrategias de conservación y aprovechamiento de los recursos fitogenéticos; por lo tanto, el conocimiento de la morfología y los aspectos fisiológicos del germoplasma nativo es fundamental (Bastias, 2008). En México las poblaciones nativas de jitomate presentan una amplia diversidad morfológica y productiva., por ejemplo, Ramirez *et al.* (2006) encontraron variación en tamaño y forma de fruto, sabores, número y peso de semillas, número de lóculos y productividad, entre otras características. Sin embargo, hace falta investigar con mayor intensidad la diversidad presente, el potencial productivo y calidad de los jitomates nativos para diseñar estrategias de conservación y uso racional.

Entre las investigaciones relacionadas con esta problemática está la de Sanjuan (2015), quien evaluó 48 genotipos nativos por su tolerancia a la salinidad. Encontró que el 75 % de los genotipos mostraron tolerancia a la salinidad. Flores *et al.* (2012) evaluó diez genotipos nativos considerando su rendimiento y crecimiento en condiciones de salinidad utilizando la solución de Steiner con una conductividad eléctrica (CE) de 1, 2 y 3 dSm<sup>-1</sup>. Encontró una disminución de altura de la planta a medida que se incrementó la CE. y la materia seca se relacionó negativamente con el incremento de la CE. El genotipo PUETHNE1-128 presentó un rendimiento similar al de los híbridos comerciales utilizados como testigos.

Juárez-López *et al.* (2012) evaluaron características agronómicas de siete genotipos de jitomate de los estados de Guerrero y Puebla cultivados en invernadero e hidroponía y un híbrido comercial Cherry (H-709). Encontraron que cuando menos un genotipo nativo superó al testigo en algunas de las siguientes variables: días a madurez del primer racimo, altura de planta, largo y ancho de fruto, número de lóculos, peso de fruto y rendimiento. I. En el número de frutos en seis racimos dos genotipos (JCPRV-43 y JCPRV-05) fueron similares al testigo. El testigo superó a los genotipos nativos en el diámetro de tallo. Concluyen que los genotipos nativos por sus características agronómicas poseen potencial para cultivarse como jitomates tipo cherry y algunos como fuente de germoplasma para mejoramiento genético de la especie.

### **2.1.1 OBJETIVO**

Evaluar la diversidad morfológica y el potencial productivo de familias derivadas de poblaciones nativas sobresalientes de jitomate, cultivadas en hidroponía e invernadero.

### **2.1.2 HIPÓTESIS**

Existen familias derivadas de poblaciones nativas de jitomate con potencial productivo igual o mayor al de híbridos comerciales.

Existen diferencias morfológicas entre las familias derivadas de poblaciones nativas y entre éstas y los híbridos comerciales utilizados como testigos.

## **2.2. MATERIALES Y MÉTODOS**

Esta investigación se realizó en condiciones de invernadero e hidroponía, en Montecillo, municipio de Texcoco, Estado de México, ubicado a 19°27'36.47"N, 98°54'12.73"O y altitud de 2250 m.

### **Material genético**

Se evaluaron 34 familias derivadas de poblaciones nativas de jitomate de Zinacatepec, Puebla, del tipo conocido en la región como "jitomate chino", que fueron sobresalientes en tres investigaciones previas (Sanjuan 2013 y 2015, Flores 2011). Se cultivaron en hidroponía e invernadero y se usaron dos híbridos comerciales como testigos (SUN7705 (Nunhems®) y El CID F1 (Harris Moran®)), (Cuadro 2.2.1).

Cuadro 2.2.1. Material genético de jitomate evaluado en condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México, 2014 y 2015.

Familia*	Descripción
62.2, 62.3, 78.2, 90.1, 92.1, 96.2, 102.1, 105.1, 107.3, 109.2, 111.2, 117.3, 119.1, 119.2, 119.4, 119.5, 122, 123.7, 124.5, 130.4, 130.6	Familias derivadas de poblaciones nativas originadas de plántulas sobrevivientes a una helada que ocurrió a los 20 días después de la siembra (dds) en marzo de 2012.
PUETHNE1-13, 1-33, 1-35, 1-107, 1-109	Familias derivadas de poblaciones nativas sobresalientes por rendimiento y calidad cultivadas en hidroponía en condiciones estresantes (-0.032, -0.072 y -0.108 MPa) de conductividad eléctrica en la solución nutritiva (Flores-Gonzalez, 2011).
35, 36, 76, 77, 82, 112, 113, 124	Familias derivadas de poblaciones nativas sobresalientes como portainjertos tolerantes a niveles altos de conductividad eléctrica en la solución nutritiva (Sanjuan-Lara, 2013).
El Cid F1 (Harris Moran®) Sun7705 (Nunhems®)	Híbridos comerciales

### Diseño experimental

Se utilizó un diseño en bloques al azar con tres repeticiones, con unidad experimental de cuatro plantas, con un total de 108 unidades experimentales en cada ciclo.

### Manejo del experimento

#### Primer ciclo otoño 2014

La siembra se realizó en charolas de unicel de 200 cavidades, con turba orgánica (“peat moss”) como sustrato, depositando dos o tres semillas por cavidad. La siembra se realizó el 16 de junio de 2014 y el trasplante de las plántulas se efectuó a los 52 días después de la siembra, en bolsas de polietileno negro calibre 700 de 40x40 cm con capacidad de 10 litros, se utilizó tezontle previamente cribado como sustrato (diámetro  $\leq$  12 mm) y se trasplantó una planta por bolsa.

## **Segundo ciclo verano 2015**

La siembra (7 de marzo de 2015) y el trasplante (32 días después del trasplante) se realizaron en la forma anteriormente descrita.

### **Nutrición, desarrollo y mantenimiento de la planta**

Durante el desarrollo del cultivo, para la nutrición de las plantas se aplicó solución de Steiner; se ajustó su pH a 5.5, presión osmótica de 0.072 MPa y conductividad eléctrica de  $2.5 \text{ dsm}^{-1}$ , durante todo el ciclo. La concentración y gasto de la solución nutritiva se ajustaron a lo largo del desarrollo del cultivo. El cultivo se llevó hasta el sexto racimo, en los dos ciclos, en ese momento se despuntó la planta arriba de la segunda hoja posterior a dicho racimo, y la evaluación se realizó al sexto racimo. Durante el desarrollo del cultivo se realizó poda de brotes laterales y hojas maduras con respecto a la maduración del racimo, dejando dos hojas por debajo del racimo.

### **Control de plagas y enfermedades**

Se presentó mosca blanca (*Bemisia tabaci*) que se controló con Tiametoxan (Engeo®,  $2 \text{ mL L}^{-1}$ ). Además, se presentó el ácaro del bronceado (*Aculops lycopersici*); para su control se aplicó Abamectina (Agrimec®,  $2 \text{ mL L}^{-1}$ ). Para la prevención de *Botrytis* o moho gris (*Botrytis cinera Pers*), tizón tardío (*Phytophthora infestans*), mancha bacteriana (*Pseudomonas syringae*) y cenicilla (*Leveillula taurica*), se aplicó de manera alternada: Pirimetanil (Scala® 60 SC,  $2 \text{ mL L}^{-1}$ ), Captan (Captan® 50 PH,  $2 \text{ g L}^{-1}$ ), hidróxido cúprico (Cupravit hidro®,  $2 \text{ g L}^{-1}$ ), myclobutanil (Rally™,  $2 \text{ g L}^{-1}$ ).

### **Características morfológicas evaluadas en otoño de 2014**

La caracterización morfológica se realizó con base a la descripción de *Lycopersicon spp*, del Instituto Internacional de Recursos Genéticos Vegetales (IPGRI, 1996), clasificando las variables como cuantitativas y cualitativas (Cuadro 2.2.2).

Cuadro 2.2.2. Características cualitativas para la evaluación morfológica IPGRI (1996) de 34 familias y dos híbridos comerciales, Montecillo, Estado de México, 2014 y 2015.

	Característica	Escala	Acrónimo
Planta	Longitud del entrenudo del tallo	3: Corta, 5: Intermedia, 7 Larga	LoET
	Densidad de follaje	3: Escasa, 5: Intermedia, 7: Densa	DeF
	Tipo de hoja	1: Enana, 2: Tipo papa, 3: Estándar, 4: <i>peruvianum</i> , 5: <i>pimpinellifolium</i> , 6: <i>hirsutum</i>	TH
	Grado de separación de la hoja	3: Bajo, 5: Intermedio, 7: Alto	GSeH
	Tipo de crecimiento	1: Enana, 2: Determinado, 3: Semideterminado, 3: indeterminado	TiCr
Flor	Organización floral	1: Racimo, 2: elíptica	OF
	Color de la corola	1: Blanco, 2: Amarillo, 3: Anaranjado,	CoCo
Frutos	Forma del fruto	1: Riñón, 2: Calabaza, 3: Tipo cereza (cereza), 4: Bola, 5: Pimiento, 6: Pera, 7: Saladette,	F
	Forma del corte transversal del fruto	1: Redonda, 2: Angular, 3: Irregular	Fcte
	Forma del hombro	1: Aplanada, 3: Ligeramente hundida, 5: Moderadamente hundida, 7: Muy hundida, 9: Extremadamente hundida	FHm
	Color del pericarpio	1: Verde, 2: Amarillo, 3: Naranja, 4: Rosado, 5: Rojo	CoCP
	Forma del corte transversal	1: Redonda, 2: Angular, 3: Irregular	FoCT
	Firmeza	3: Débil, 5: Intermedia, 7: Firme	Fi

Fuente: IPGRI, (1996).

Se eligió un conjunto de 29 variables: 13 de planta, una de flor y 15 de fruto. Las características cuantitativas evaluadas fueron 21:

Número de hojas al primer racimo (**NHPR**): Se contaron a los 30 días después del trasplante (ddt), desde las hojas cotiledonales hasta las hojas al primer racimo.

Número de hojas cuarto racimo (**NHCR**). Se contaron a los 60 ddt, desde las hojas del primer racimo hasta las hojas del cuarto racimo.

Distancia de la hoja al cuarto racimo (**DHCR**, cm): Se determinó a los 60 ddt, desde la hoja del primer racimo hasta la hoja del cuarto racimo.

Altura al primer racimo (**APR**, cm). Se determinó a los 30 ddt, desde el nudo de las hojas cotiledonales hasta el nudo del primer racimo.

Diámetro del tallo (**DT**, mm): Se midió el diámetro del tercer racimo a los 60 ddt. Se determinó con un vernier digital (Marca Truper).

Longitud y ancho de la hoja (**LH** y **AH**, cm.). Se midieron en la hoja del tercer racimo con un flexómetro a los 60 ddt.

Número de flores (**NFL**). Se contaron las flores desde el primer al cuarto racimo a los 60 ddt. Los datos se sumaron y se determinó el promedio por planta.

Número de frutos por planta (**NFP**). Se contaron los frutos desde el primer racimo hasta los frutos del sexto racimo. Los datos se sumaron y se calculó el promedio por planta.

Rendimiento por planta (**RPL**, g). Se pesaron los frutos desde el primer racimo hasta los frutos del sexto racimo. Los datos se sumaron y se calculó el promedio por planta.

Longitud y ancho de fruto (**LFR** y **AFR**, mm). Se determinó con un vernier digital (Marca Truper). Se tomaron seis frutos por familia y se midieron la longitud y diámetro de los frutos. Los datos se sumaron y se calculó el promedio.

Número de lóculos (**NL**). Los frutos se cortaron a la mitad y se contó el número total de lóculos por fruto con una muestra de seis frutos del tercer racimo por unidad experimental y repetición en etapa de madurez comercial.

Grosor del pericarpio (**GP**, mm). Los frutos se cortaron a la mitad y se determinó midiendo el grosor del pericarpio con un vernier digital (Marca Truper).

Largo de raíz (**LR**, cm). Se determinó con un flexómetro. Se tomó midiendo desde el cuello hasta el ápice o cofia de la raíz.

Altura sexto racimo (**ASR**, cm). Se determinó con un flexómetro. Se tomó midiendo desde el cuello o base hasta el sexto racimo.

Materia seca de hoja (**MSH**, g).- Se cortaron las hojas de tres plantas por familia de acuerdo a la maduración de los frutos en los racimos, y se pusieron en la estufa de secado a una temperatura de entre 75 a 80 °C hasta alcanzar un peso constante, durante tres días a la estufa de secado. Se pesaron las hojas secas y se calculó el promedio del peso seco por planta.

Materia seca de tallo (**MST**, g). Se cortaron los tallos a 10 cm de tres plantas por familia, se procedió de la forma indicada anteriormente. Se pesaron los tallos secos y se calculó el promedio del peso seco por planta.

Materia seca de raíz (**MSR**, g). Se cortó en la base o cuello de la raíz de tres plantas por familia, se procedió de la forma indicada anteriormente. Se pesaron las raíces secas y se calculó el promedio del peso seco por planta.

Materia seca de frutos (**MSFR**, g). Se cortaron los frutos aproximadamente 1 cm. Se embolsaron en sobres Coin No. 5, se procedió de la forma indicada anteriormente. Se pesaron los frutos secos y se calculó el promedio del peso seco.

Firmeza (**FZA**, N). Se determinó en seis frutos por familia con un texturómetro de Chatillón (Wagner, modelo FDV-30) utilizando un puntal cónico de 2 mm, haciendo dos lecturas opuestas de la región ecuatorial de cada fruto y se calculó el promedio.

Acidez de fruto (**pH**). Se determinó con un potenciómetro (Corning, modelo 12 Scientific Instruments, EE. UU.), con la pulpa de dos frutos molidos por familia y se homogeneizaron para determinar acidez titulable.

Sólidos solubles totales (**SST**, %). Se molieron muestras de dos frutos para extraer el jugo, y se colocaron sobre la celda de un refractómetro digital (Atago, PR-100), con escala de 0 a 32 %. Los resultados se expresan en % (AOAC, 1990).

Acidez titulable (**AT**, % a.c.). Se utilizó el método de la AOAC (1990). Se tomó muestras de dos frutos, se molieron y se homogeneizaron. Se pesaron 10 g de puré, se agregó 50 ml de agua destilada. Se midió el volumen total y posteriormente se tomó 10 mL a lo que se agregaron tres gotas de fenolftaleína como indicador y se tituló con NaOH al 0.1 N. El porcentaje de acidez se obtuvo a través de la fórmula:

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

Donde; mL de NaOH: mililitros de hidróxido de sodio gastados en la titulación, N: normalidad del hidróxido de sodio, meq: meliequivalentes del ácido cítrico (0.064), VT: volumen (mL de agua destilada más gramos del puré), A: alícuota que se tomó para la medición y g es el peso del puré (10 g). Los datos se expresaron en % de ácido cítrico.

Relación sólidos solubles totales: acidez titulable **SST/AT**, %.

Color del fruto. Se determinó con un colorímetro Hunter Lab, modelo D-25-PC2 (Reston Virginia USA,) utilizando la escala ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ).  $L$  es la luminosidad, lo oscuro o claro del color, con valores adimensionales entre 0 (negro) y 100 (blanco). La saturación o Cromo (adimensional), correspondiente a la pureza o intensidad del color se calculó mediante la función:  $[(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}$  y hue o ángulo de tono que varía entre  $0^\circ$  y  $360^\circ$  ( $0^\circ$ = rojo,  $90^\circ$ = amarillo,  $180^\circ$ = verde,  $270^\circ$ = azul). El valor Hue se calculó, de la forma siguiente: cuando los valores fueron  $a^* > 0$  y  $b^* \geq 0$ , se utilizó la ecuación  $180 + \tan^{-1}(b^*/a^*)$ , y cuando el valor fue  $a^* < 0$  se utilizó la ecuación  $\tan^{-1}(b^*/a^*)$ . (Arias *et al.* 2000; Minolta, 2007).

Pérdida de peso de frutos (**PP**, g). Se determinó en seis frutos por familia por 55 días después del corte de los frutos.; se calculó considerando la diferencia en peso entre

el valor inicial y el de cada fecha de evaluación establecida (cada ocho días), calculando el porcentaje de pérdida, mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Pérdida de peso (\%)} = [(\text{peso inicial} - \text{peso final}) / \text{peso inicial}] \times 100$$

### **Características evaluadas en verano de 2015**

La caracterización morfológica se realizó en la forma indicada anteriormente para el primer ciclo. Se seleccionó un conjunto de 18 variables, tres de fenología (2, 3 y 4), una de planta (1), siete de fruto (5, 6, 7, 8, 9, 10 y 11) y siete de calidad externa e interna de fruto (12, 13, 14, 15, 16, 17 y 18). Las características cuantitativas evaluadas son las siguientes:

- |                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| 1. Altura al primer racimo (APR, cm)  | 11. Número de lóculos (NL)   |
| 2. Inicio a floración (IFL)           | 12. Color (Luminosidad, Cromo, hue (L*C*h))                        |
| 3. Inicio a fructificación (IFR)      | 13. Firmeza (FRZ, N)   |
| 4. Inicio maduración de fruto (IMFR)  | 14. Pérdida de peso (PP, g)  |
| 5. Número de frutos por planta (NFP)  | 15. Acidez de fruto (pH)   |
| 6. Rendimiento por planta (RPL, g)    | 16. Sólidos solubles totales (SST, %)                              |
| 7. Peso individual de fruto (PIFR, g) | 17. Acidez titulable (AT, % a.c.)                                  |
| 8. Longitud de fruto (LFR, mm)        | 18. Relación sólidos solubles totales/acidez titulable (SST,AT, %) |
| 9. Ancho de fruto (AFR, mm)           |  |
| 10. Grosor del pericarpio (GP, mm)    |  |

### **Análisis estadísticos**

Con los datos obtenidos se realizaron análisis de varianza utilizando el paquete SAS, V.9.0 (2002). Se realizó una comparación de medias aplicando la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ). Con el objetivo de elegir las variables que explican la mayor parte de la variación total, se realizó un análisis de componentes principales (ACP), utilizando la matriz de correlaciones con las variables cuantitativas.

Para el análisis de componentes principales, se utilizó el procedimiento PRINCOMP del SAS, V.9.0 (2002); también se realizó el análisis de conglomerados y se construyó un dendograma para analizar la similitud entre las familias; se transformó a la normal estándar y se aplicó el método de ligamiento promedio (UPGMA, Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean).

## 2.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Ciclo otoño 2014

#### Características morfológicas

En el Cuadro 2.1 se muestran las medias, desviación estándar y coeficiente de variación (CV) de 29 características evaluadas. Los coeficientes de variación dan la idea de la amplitud de la variación entre las familias derivadas de poblaciones nativas para la variable. Los mayores coeficientes de variación se observan para los atributos relacionados de fructificación y de frutos, como número de flores y de frutos (15.1 y 16 %, respectivamente), matiz de hue o coloración de fruto (21.3%), número de lóculos (28.4 %) y firmeza de fruto (30.3 %), pérdida de peso (19.6 %), acidez titulable y la relación sólidos solubles totales/acidez titulable (16 y 17.3 %, respectivamente). El CV para materia seca de raíz fue de 23.4 % y el de tallo 13.7 % y para rendimiento por planta de fruto fue de 12.8%. Los valores muestran una amplia variabilidad fenotípica entre las familias de jitomate nativo. Resultados similares obtuvieron Sanjuan *et al.* (2014), en estudios de variabilidad genética en 120 familias de jitomate derivadas de una población nativa del estado de Puebla para características agronómicas, en racimos con fruto 20 %, severidad general 27 %, uniformidad 24 % y calificación fenotípica general 30 %-; También los resultados son similares a los reportados por Chávez *et al.* (2011) y Carrillo y Chávez, (2010) en la evaluación de diversas poblaciones de jitomate en condiciones de invernadero en el estado de Oaxaca, que expresaron CV de 26 % para número de frutos por racimo, 12 % en diámetro de tallo, y 8 % en altura de planta.

Cuadro 2.1. Promedio (Prom), desviación estándar (DE) y coeficiente de variación (CV %) de 34 familias de poblaciones nativas de jitomate y dos híbridos comerciales. Montecillo, Estado de México, 2014.

Característica	Familias			Híbridos comerciales		
	Prom.	DE	CV	Prom.	DE	CV
Número de hojas al primer racimo	8.0	0.7	8.9	5.4	0.4	6.5
Altura al primer racimo (cm)	49.0	5.0	10.2	41.2	3.4	8.2
Diámetro de tallo (mm)	16.6	0.6	3.4	14.0	0.1	1.0
Número de hojas al cuarto racimo	11.2	0.6	5.2	9.2	0.1	0.1
Distancia de la hoja al cuarto racimo (cm)	82.3	4.4	5.3	80.5	0.9	1.1
Longitud de la hoja (cm)	46.1	1.9	4.1	52.5	1.4	2.6
Ancho de la hoja (cm)	40.6	2.3	5.7	50.2	0.1	0.2
Número de flores	21.0	3.4	16.0	30.5	3.5	11.4
Número de frutos	20.5	3.1	15.1	32.5	5.2	16.0
Rendimiento por planta (g)	2453.3	313.8	12.8	3353.7	464.6	13.9
Longitud de fruto(mm)	76.5	4.3	5.6	69.1	1.7	2.4
Ancho de fruto (mm)	63.7	4.8	7.5	58.7	0.4	0.6
Número de lóculos	3.1	0.9	28.4	3.0	0.5	15.7
Grosor del pericarpio mm	7.0	0.7	10.3	8.2	0.2	2.6
Longitud de raíz (cm)	55.0	6.8	12.3	57.6	1.8	3.2
Altura al sexto racimo (cm)	192.5	10.4	5.4	184.0	6.6	3.6
Materia seca de hoja (g)	24.2	2.7	11.2	19.8	1.0	5.1
Materia seca del tallo (g)	57.3	7.9	13.7	44.9	2.2	4.8
Materia seca de raíz (g)	8.2	1.9	23.4	9.8	0.1	1.4
Materia seca de fruto (g)	10.7	0.9	8.5	9.9	0.2	1.8
Luminosidad	33.5	3.4	10.0	39.1	8.5	21.9
Croma	21.3	1.9	8.8	22.5	0.2	1.0
Hue	40.1	8.5	21.3	54.5	6.9	12.6
Firmeza (N)	3.7	1.1	30.3	3.9	0.3	6.7
Sólidos solubles totales (°Brix)	6.0	0.5	8.7	5.5	0.3	5.0
Acidez titulable	0.4	0.1	16.0	0.3	0.0	8.2
Relación SST/AT	16.5	2.9	17.3	16.7	0.7	4.2
pH	5.3	0.1	1.5	5.3	0.1	1.1
Pérdida de peso (g)	35.1	6.9	19.6	24.4	4.3	17.8

Los promedios de la longitud y ancho del fruto de las familias, fueron 76.5 mm y 63.7 mm, respectivamente, valores mayores a los que presentan los testigos; el rendimiento de fruto por planta fue de 2453 g, menor al rendimiento de los híbridos utilizados como testigos; Estos resultados son similares obtuvieron Agudelo-Agudelo, *et al.* (2011), en

caracterización morfológica de introducciones de jitomate tipo nativo (*S. lycopersicum*), señalan que la introducción 157 longitud y ancho de fruto fueron de 5.03 y 7.00 cm, respectivamente. Mientras tanto, Gaspar-Peralta *et al.* (2012), mencionaron que la longitud del fruto de la línea L-107 fue de 9.5 cm, y en las líneas L-111 y L-112 fue de 5.7 cm.

Para biomasa vegetal las familias presentaron promedios de materia seca de hoja de 24.2 g, de tallo de 57.3 g, y de fruto de 10.7 g, que son mayores en 22, 28 y 8% respectivamente, a los presentados por los híbridos. En cuanto a la materia seca de la raíz las familias tuvieron una media de 8.2 g, 15% menor a la media presentada por los híbridos. Utria *et al.* (2005) señala que la acumulación de materia seca se relaciona con el aumento en el rendimiento y las diferencias de biomasa entre genotipos se manifiestan desde en el estado de plántulas.

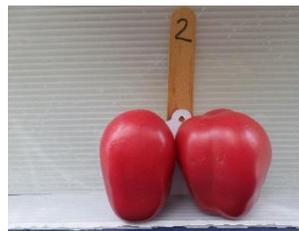
En calidad externa del fruto las familias presentaron promedios de luminosidad de 33.5, croma de 21.3, °hue de 40.1 y firmeza de 3.7 Newtons, que fueron menores en 15.5, 26 y 5% respectivamente, a los presentados por los híbridos. Para calidad interna las familias presentaron promedios mayores en sólidos solubles totales (6.0 %), ácido cítrico (0.4 %), y pérdida de peso (35.1 %), y promedio seguidos en la relación SST/AT (16.5 %). Las familias y los híbridos tuvieron un acidez de fruto de 5.3. Agudelo-Agudelo *et al.* (2011) encontraron que el 47.82 % de las introducciones presentaron un color rojo en el exterior del fruto maduro, el cual se debe esencialmente a los carotenoides más que a las antocianinas (Cantín, 2009). Bonilla-Barrientos *et al.* (2014) encontraron valor de firmeza de 0.69 N, en tanto que el contenido de sólidos solubles totales fue de 4.44 °Brix, que superó al testigo de 3.99, mientras que Crisanto-Juárez *et al.* (2010) encontraron valores que variaron entre 3.8 y 8.9 °Brix; Juárez-López *et al.* (2009) hallaron valores entre 5.8 a 8.0 °Brix al evaluar poblaciones de tipo “cherry”; por lo tanto, los valores de calidad de fruto fueron similares para SST de 3.4 a 5.5 °Brix, AT de 0.22 a 0.40 % para diferentes cultivos (Cantwell *et al.* 2007; Turhan y Seniz, 2009).

Sobre la morfología del fruto, las familias presentaron promedios de 7.0mm y 3.1mm para grosor de pericarpio y número de lóculos, respectivamente. En los híbridos el grosor de

pericarpio fue mayor (8.2 mm) y el número de lóculos fue similar. También se observó variación entre las familias evaluadas en cuanto a tipo de fruto: riñón, calabaza, guajillo, pera, ovalado y pimiento (también conocido como tipo chino) (Figura 2.1). Cabe mencionar que en las familias con fruto tipo pimiento se observó que en algunas de ellas las “costillas” están más marcadas; así mismo, se observó que cuando las flores de una familia con este tipo de fruto es bien polinizada, el tipo de fruto cambia a guajillo, observación que debe documentarse en estudios futuros.



Fruto tipo pera  
Familia PUETHNE1-33



Fruto tipo pera  
Familia 133



Fruto tipo ovalado  
Familia PUETHNE1-109



Fruto tipo pimiento  
Familia Genotipo 109.2



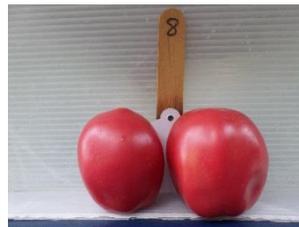
Fruto tipo pimiento  
Familia 119.1



Fruto tipo pera  
Familia 76

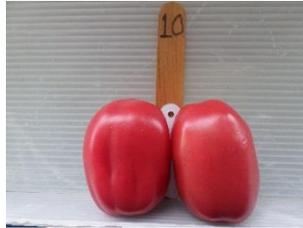


Fruto tipo pimiento  
Familia 102.1



Fruto tipo pimiento  
Familia 130.6





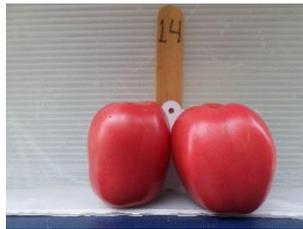
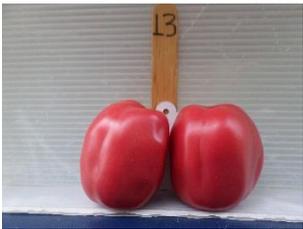
Fruto tipo pimiento  
Familia PUETHNE1-13

Fruto tipo pimiento  
Familia 122



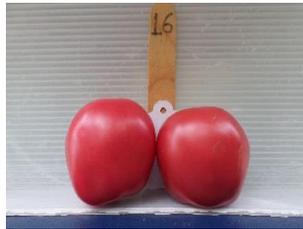
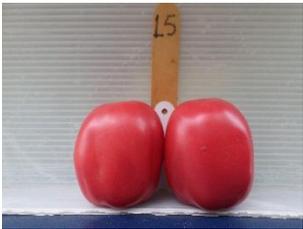
Fruto tipo riñón  
Familia 62.3

Fruto tipo guajillo  
Familia 92.1



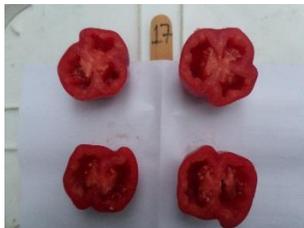
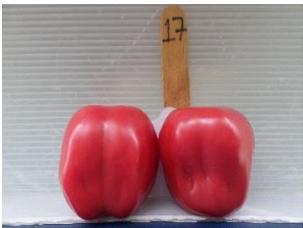
Fruto tipo pimiento  
Familia 78.2

Fruto tipo pimiento  
Familia PUETHNE1-35



Fruto tipo guajillo  
Familia 105.1

Fruto tipo guajillo  
Familia 82



Fruto tipo pimiento  
Familia 123.7

Fruto tipo pimiento  
Familia 62.2



Fruto tipo pimiento  
Familia 36



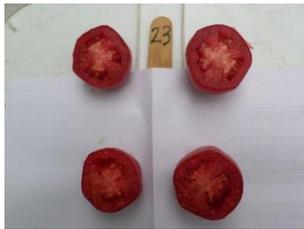
Fruto tipo pimiento  
Familia 119.5



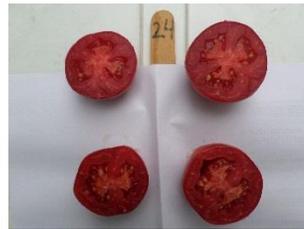
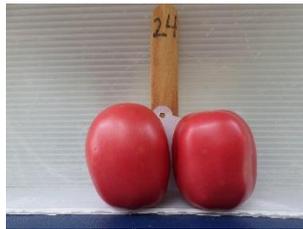
Fruto tipo guajillo  
Familia 107.3



Fruto tipo pimiento  
Familia 112



Fruto tipo guajillo  
Familia 124.5



Fruto tipo guajillo  
Familia 117.3



Fruto tipo pimiento  
Familia 119.4



Fruto tipo guajillo  
Familia 124



Fruto tipo pimiento  
Familia PUETHNE1-107



Fruto tipo pimiento  
Familia 90.1

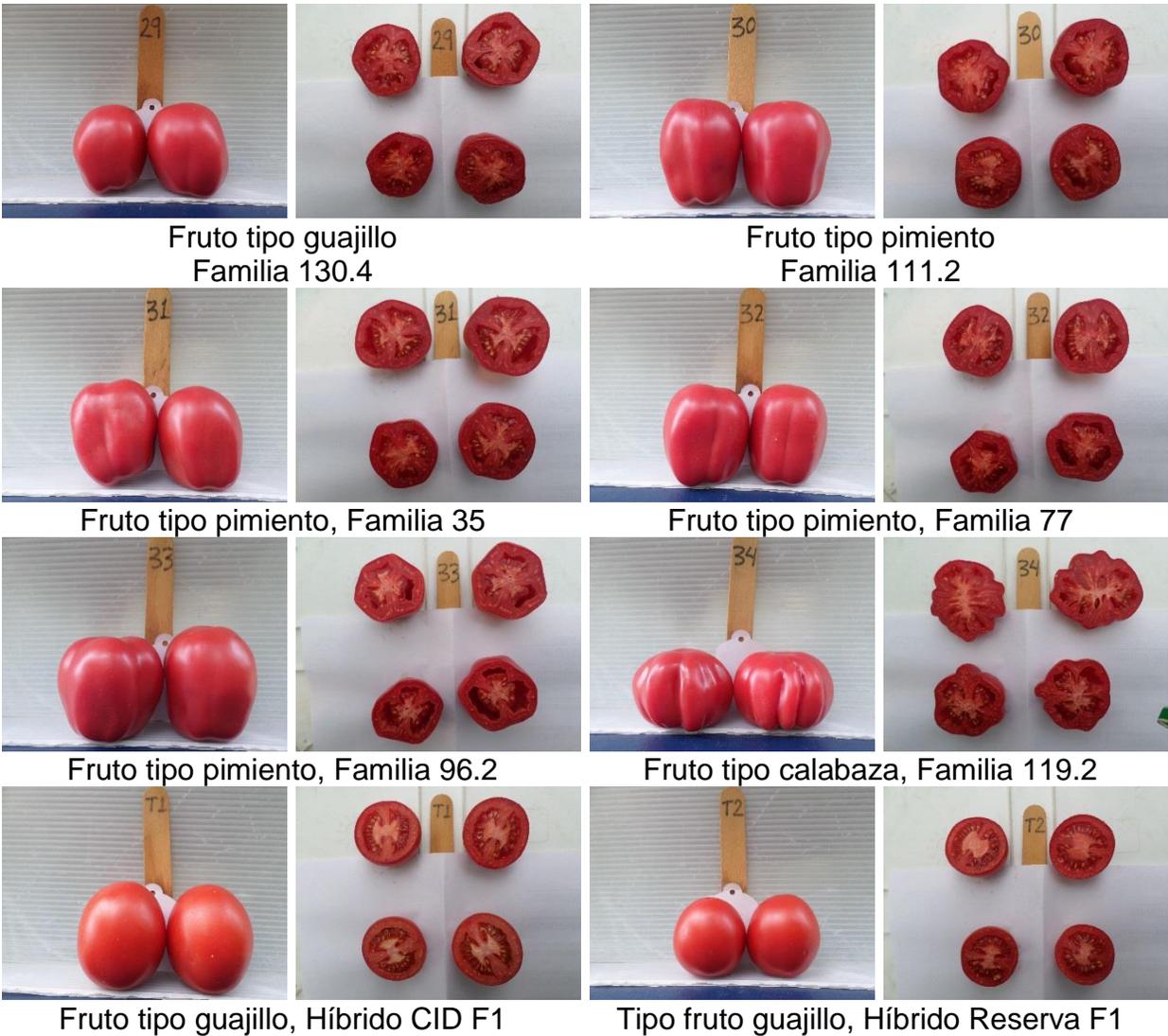


Figura 2.1 Tipos de frutos de 34 familias derivadas de poblaciones nativas de jitomate y dos híbridos comerciales, Montecillo, Estado de México 2014 y 2015.

Hubo familias sobresalientes por presentar los promedios más altos para rendimiento por planta, número de frutos, y peso individual de fruto, algunos casos fueron similares al de los híbridos. La familia 96.2 tuvo 27 frutos/planta, similar al de los testigos comerciales. Las familias 76, 96.2, 111.2, 112 y PUETHNE1-107 presentaron mayor rendimiento por planta con valores de 2782, 3151, 2757, 3216 y 2767 g, respectivamente, que fueron similares al de los híbridos comerciales. El mayor peso individual de fruto lo presentaron las familias 62.3 (127.2 g), 76 (125.4 g), 102.1 (126.6 g), 117.3 (128.2 g), 119.2 (153.1 g), 122 (124.7 g), 130.6 (128.6 g), PUETHNE1-13 (121.6 g), PUETHNE1-33 (137.3 g) y PUETHNE1-35 (121.6 g), estadísticamente superiores al de los híbridos comerciales (Cuadro 2.2).

Cuadro 2.2. Medias de rendimiento de fruto por planta (RPL), número de frutos por planta (NFP) y peso individual de fruto (PIFR) de familias derivadas de poblaciones nativas de jitomate y dos híbridos comerciales, Montecillo, Estado de México, 2014.

Familia o híbrido	RPL (g)		NFP		PIFR (g)	
35	2468.9	bf	22.0	bd	112.3	bc
36	2564.8	be	21.0	bd	123.7	bc
62.2	2677.5	be	22.3	bd	119.2	bc
62.3	2335.3	bf	18.7	ce	127.2	abc
76	2782.1	ae	22.3	bd	125.4	abc
77	2384.3	bf	21.3	bd	113.5	bc
78.2	2613.4	be	23.0	bd	113.5	bc
82	2544.3	bf	21.0	bd	121.2	bc
90.1	2103.9	df	18.3	ce	116.0	bc
92.1	2052.0	ef	17.3	de	118.4	bc
96.2	3151.2	ac	27.0	ac	116.7	bc
102.1	2626.6	be	20.7	bd	126.6	abc
105.1	2549.9	be	22.7	bd	112.5	bc
107.3	2571.1	be	22.3	bd	114.6	bc
109.2	2255.0	bf	19.3	be	116.8	bc
111.2	2757.2	ae	24.7	bd	111.7	bc
112	3215.7	ab	26.0	bd	123.7	bc
113	2747.0	ae	23.3	bd	118.1	bc
117.3	2263.4	bf	17.7	ce	128.2	abc
119.1	2619.2	be	22.0	bd	119.1	bc
119.2	1581.2	f	10.3	e	153.1	a
119.4	2154.6	df	18.0	ce	119.8	bc
119.5	2112.8	df	18.7	ce	113.2	bc
122	2201.0	cf	17.7	ce	124.7	abc
123.7	2328.4	bf	19.7	be	118.5	bc
124	2295.2	bf	20.7	bd	110.9	bc
124.5	2260.3	bf	18.7	ce	121.1	bc
130.4	2395.9	bf	20.0	bd	120.2	bc
130.6	2375.9	bf	19.3	be	128.6	abc
PUETHNE1-13	2249.9	cf	18.7	ce	121.6	abc
PUETHNE1-33	2421.7	bf	17.7	ce	137.3	ab
PUETHNE1-35	2294.3	bf	19.0	ce	121.6	abc
PUETHNE1-107	2766.6	ae	25.3	bd	108.9	bc
PUETHNE1-109	2692.9	be	22.0	bd	122.5	bc
SUN7705	3025.2	ad	28.8	ab	105.3	c
CIDF1	3682.2	a	36.2	a	102.8	c

†Valores con diferente letra dentro de cada columna, son estadísticamente diferentes (Tukey,  $P \leq 0.05$ ).

Estos resultados son similares a los presentados por Maldonado-Peralta *et al.* (2016) que estudiaron la riqueza agronómica en jitomates nativos; Vazquez-Ortiz *et al.* (2010) reportaron un rendimiento de 1.32 kg planta<sup>-1</sup> en jitomates nativos arriñonados de Guerrero, en condiciones de invernadero. Bojacá *et al.* (2009) señalan que los resultados dependen de diversas variables, tales como variedad, condiciones climáticas y exigencias del mercado.

En el Cuadro 2.3 se presentan medias de calidad externa e interna de frutos de las familias. En cuanto al color de fruto en el espacio L\*C\*h\* los mayores valores de luminosidad los presentaron las familias 35 (32.5), 76 (32.0), 77 (32.5), 78.2 (33.4), 82 (32.9), 90.1 (32.0), 102.1 (33.0), 105.1 (37.7), 107.3 (33.3), 109.2 (33.3), 112 (32.5), 113 (32.4), 117.3 (35.5), 119.1 (39.0), 119.2 (37.1), 119.4 (38.3), 119.5 (36.6), 122 (38.5), 123.7 (39.5), 130.6 (31.7), PUETHNE1-33 (31.8), PUETHNE1-107 (33.2) y PUETHNE1-109 (39.6), que son similares a los de los híbridos comerciales. El croma fue igual para todas las familias y los híbridos, excepto la familia 119.5 con el menor valor de 17.6. Los mayores valores del tono hue lo presentaron las familias 35 (38.8), 62.2 (38.7), 77 (38.5), 82 (41.1), 90.1 (36.7), 105.1 (47.0), 107.3 (42.0), 117.3 (54.4), 119.1 (47.1), 119.2 (50.9), 119.4 (51.0), 119.5 (53.3), 122 (55.6), 123.7 (49.0), 124.5 (50.3), PUETHNE1-33 (41.1) y PUETHNE1-109 (57.6), similares al de los testigos comerciales.

Cuadro 2.3. Medias de calidad externa e interna de frutos de familias derivadas de poblaciones nativas de jitomate y dos híbridos comerciales. Montecillo Estado de México, 2014.

Familia o híbrido	L <sup>1</sup>	C <sup>2</sup>	H <sup>3</sup>	Firmeza (N)	Relación SST/AT	pH
35	32.5	ac <sup>†</sup>	23.0 ab	38.8 ag	3.5 dg	17.6 ac 5.3 a
36	30.4	bc	21.2 ab	32.2 dg	2.7 fg	15.2 ac 5.4 a
62.2	31.3	bc	20.4 ab	38.7 ag	3.0 eg	18.3 ac 5.3 a
62.3	31.1	bc	24.5 ab	27.8 fg	2.5 fg	19.8 ac 5.3 a
76	32.0	ac	20.4 ab	34.9 bg	2.9 eg	14.9 ac 5.4 a
77	32.5	ac	22.1 ab	38.5 ag	3.0 eg	22.4 ab 5.2 a
78.2	33.4	ac	22.2 ab	34.5 cg	4.2 bf	18.5 ac 5.4 a
82	32.9	ac	18.8 ab	41.1 ag	3.7 cf	16.3 ac 5.3 a
90.1	32.0	ac	21.4 ab	36.7 ag	2.8 eg	13.6 ac 5.3 a
92.1	28.4	bc	21.9 ab	33.9 cg	3.7 cf	16.9 ac 5.4 a
96.2	25.7	c	24.8 ab	26.9 g	2.9 eg	12.4 bc 5.2 a
102.1	33.0	ac	22.9 ab	31.1 eg	3.2 eg	17.9 ac 5.3 a
105.1	37.7	ac	20.6 ab	47.0 ag	5.4 ac	12.5 bc 5.3 a
107.3	33.3	ac	20.5 ab	42.0 ag	5.1 ad	20.6 ac 5.3 a
109.2	33.3	ac	20.7 ab	42.9 ag	2.9 eg	15.2 ac 5.3 a
111.2	30.8	bc	26.0 a	34.3 cg	2.7 fg	16.7 ac 5.5 a
112	32.5	ac	21.3 ab	35.2 bg	3.0 eg	13.4 ac 5.2 a
113	32.4	ac	21.6 ab	33.2 cg	3.0 eg	15.1 ac 5.2 a
117.3	35.5	ac	19.6 ab	54.4 ad	5.8 ab	11.4 c 5.2 a
119.1	39.0	ac	19.9 ab	47.1 ag	4.6 ae	15.3 ac 5.4 a
119.2	37.1	ac	18.4 ab	50.9 ae	3.7 cf	18.8 ac 5.3 a
119.4	38.3	ac	21.4 ab	51.0 ae	4.0 bf	14.5 ac 5.3 a
119.5	36.6	ac	17.6 b	53.3 ae	5.7 ab	16.2 ac 5.2 a
122	38.5	ac	18.9 ab	55.6 ac	5.4 ac	17.2 ac 5.2 a
123.7	39.5	ab	20.4 ab	49.0 ag	6.0 a	23.4 a 5.3 a
124	31.4	bc	20.6 ab	35.5 bg	3.2 eg	15.2 ac 5.3 a
124.5	38.6	ac	19.9 ab	50.3 af	5.5 ac	18.7 ac 5.3 a
130.4	31.5	bc	22.4 ab	32.8 dg	3.3 dg	16.3 ac 5.4 a
130.6	31.7	ac	19.8 ab	36.3 bg	3.0 eg	16.3 ac 5.2 a
PUETHNE1-13	32.5	bc	22.1 ab	36.5 bg	3.2 eg	19.7 ac 5.4 a
PUETHNE1-33	31.8	ac	18.8 ab	41.1 ag	2.9 eg	16.8 ac 5.2 a
PUETHNE1-35	29.6	bc	23.7 ab	31.3 eg	1.8 g	18.1 ac 5.5 a
PUETHNE1-107	33.2	ac	22.6 ab	30.8 eg	2.5 fg	12.6 bc 5.2 a
PUETHNE1-109	39.6	ab	22.1 ab	57.6 ab	4.1 bf	12.5 bc 5.3 a
SUN7705	33.1	ac	22.7 ab	59.4 a	3.7 cf	16.2 ac 5.3 a
CIDF1	45.1	a	22.4 ab	49.7 af	4.0 bf	17.2 ac 5.4 a

<sup>1</sup>L= Luminosidad, <sup>2</sup>C= Croma, <sup>3</sup>h= tono hue, †Valores con diferente letra dentro de cada columna, son estadísticamente diferentes (Tukey,  $P \leq 0.05$ ).

Los mayores valores de firmeza de fruto lo presentaron las familias 105.1, 107.3, 117.3, 119.1, 119.5, 122, 123.7 y 124.5, que son significativamente superiores al de los híbridos. La familia 123.7 presentó el mayor valor de la relación SST/AT (23.4%) estadísticamente similar al de los híbridos. No hubo diferencias significativas para acidez del fruto (pH) (Cuadro 2.3).

### Color (Luminosidad, Croma y hue)

En el espacio de  $L^*C^*h$  de calidad externa de frutos hubo familias con promedios mayores. Para luminosidad lo presentó el CIDF1 (45.1), el cromatismo lo presentó la familia 111.2 (26), y para hue lo presentó el testigo SUN7705 (59.4), respectivamente, promedios mayores y similar a los presentados por las familias y los testigos comerciales (Figura 2.2).

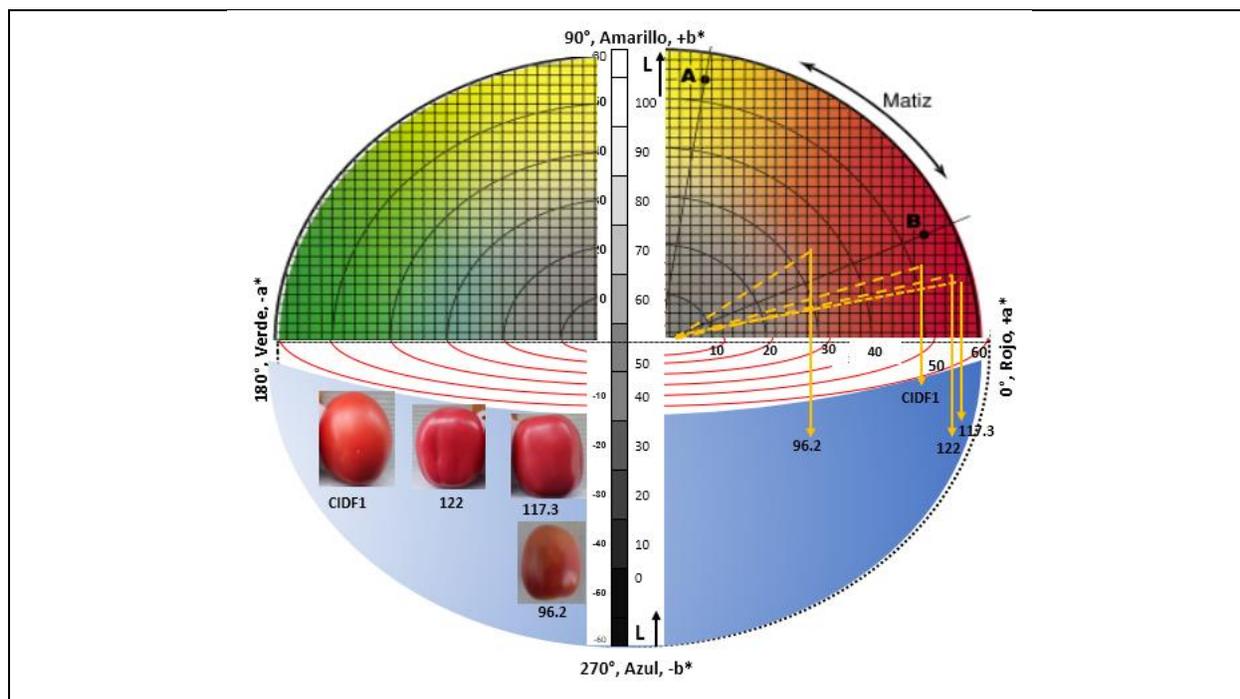


Figura 2.2. Color de fruto de 34 familias derivadas de poblaciones nativas de jitomate y dos híbridos comerciales, en el espacio de color  $L^*C^*h^*$ . Montecillo, Estado de México 2014.

De acuerdo a los parámetros del jitomate propuestos por Cantwell *et al.* (2006), a menor luminosidad el color tiende a ser más opaco y, a mayor luminosidad es claro, a menor hue el fruto presenta un color más rojo y menos anaranjado, a mayor valor de croma el color del fruto es más intenso.

Benito *et al.* (2016) en el estudio de color y madurez de tomate de cascara encontraron valores altos para diferentes variedades; la variedad Tecozautla 04 con valor de 35.15, San Martín de variedades Rendidora con 34.28 y Diamante con promedio de 34.07; Soltani *et al.* (2011) encontraron valores de croma con tendencias erráticas similares a los de un estudio de maduración de frutos de banana. López-Camelo *et al.* (2004) mencionan que para los frutos de jitomate croma no es un indicador adecuado de madurez ya que es una expresión de pureza para un color específico de fruto.

Estos resultados son similares a los presentados por López-Camelo y Gómez (2004), que encontraron valores de ángulo de matiz ( $h^*$ ) de 113.3 para frutos verde-maduros (color verde) y 59.3 para frutos de madurez de consumo (color rojo); por su parte, Santamaría-Basulto *et al.* (2009) encontraron valores de 120 al momento del corte y 65 cuando el fruto llegó a la madurez de consumo.

Cantwell *et al.* (2007), reportan que el ángulo de tono hue tuvo valores de 35 a 40 para el color rojo marcado, y para luminosidad de 39 a 41 para diferentes variedades de jitomate.

### **Dispersión de la variación morfológica**

En la Figura 2.3 se presentan las 29 características consideradas en la evaluación de las 34 familias, se interpretaron las correlaciones entre las características evaluadas y los componentes principales 1 y 2 (CP1 y CP2); las características de materia seca de hoja (MSH) y de tallo (MST), número de hojas al primer racimo (NHPR) y altura al primer racimo (APR) presentaron colinealidad. Las variables relativas a la calidad interna y externa de fruto como la relación sólidos solubles totales acidez titulable (SST/AT), reducida colinealidad entre ellas, acidez titulable (AT) y acidez de fruto (pH) presentaron correlaciones no significativas, pero si fue significativa para sólidos solubles totales

(SST)de color de fruto la luminosidad y °hue, pero presentaron poca colinealidad con cromata. Número de flores al cuarto racimo (NFL), Número de frutos por planta (NFP) y Rendimiento por planta (RPL) son consideradas correlaciones dependientes. Las variables con mayor correlación con el componente 1 (CP1), fueron: L, HUE, FRZ, MSR, LR, GP de manera positiva, y MSH, NHPR, MST, APR de manera negativa. Para el componente 2 (CP2), NFR, RPL LH y NFL de manera positiva y NHCR, SST y LFR de manera negativa.

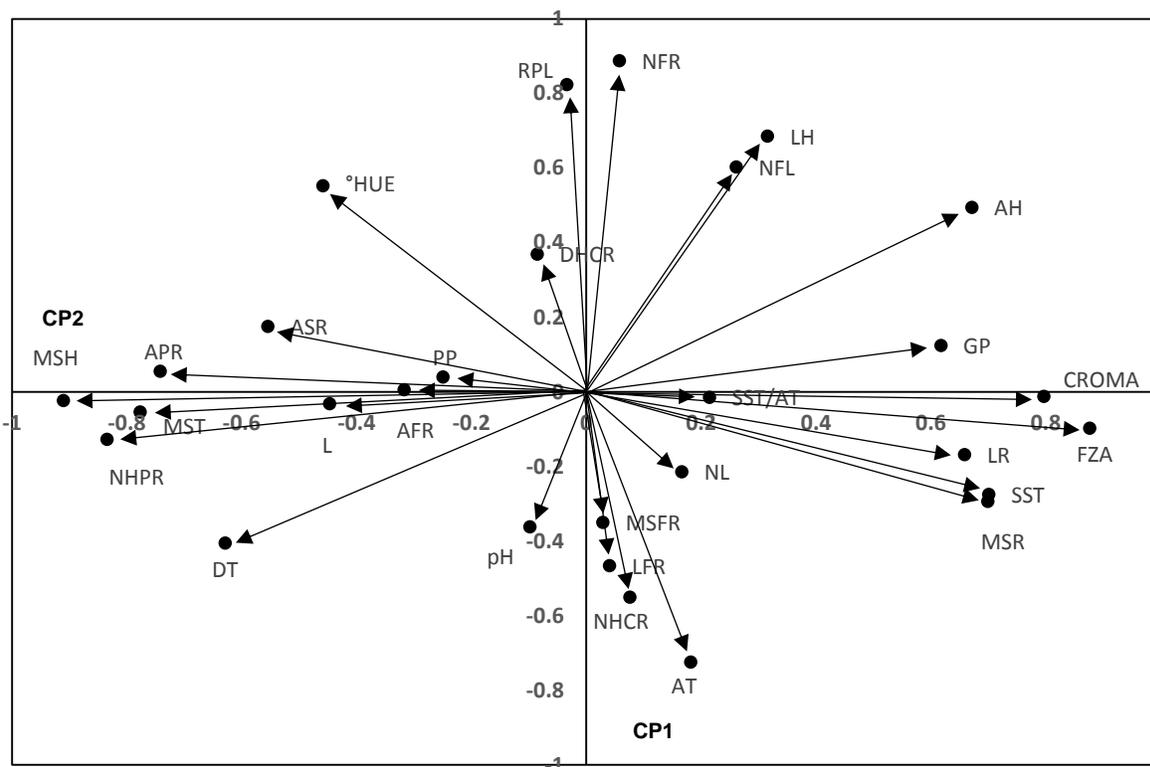


Figura 2.3. Correlación en la evaluación de características cuantitativas con respecto a los dos primeros componentes principales de 34 familias y dos híbridos comerciales.

La dispersión de la variación morfológica de familias derivadas de poblaciones nativas de jitomate evaluadas se analizó con base en análisis de componentes principales (CP) y de conglomerados. Ambos análisis con base en la información de 29 características de planta, flor, fruto, calidad y biomasa vegetal. Los dos primeros componentes explicaron el 43.70 % de la variación total. El primer componente explicó 27.27 % y el segundo 16.43 % de la variación (Cuadro 2.4).

Cuadro 2.4. Valores y vectores característicos del análisis de componentes principales con base en 29 características en la evaluación de 34 familias derivadas de poblaciones nativas de jitomate y dos híbridos comerciales. Montecillo. Estado de México, 2014.

Característica	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7	CP8	CP9
Número de hojas al primer racimo	-0.2967	-0.0583	0.1506	0.1973	0.0372	0.1374	0.0213	-0.0996	0.1249
Altura al primer racimo	-0.2637	0.0252	0.0435	0.2287	-0.2116	0.2755	-0.0167	-0.1714	0.0288
Diámetro del tallo	-0.2235	-0.1857	0.2289	-0.1630	0.1543	0.0684	0.1091	-0.0244	0.2861
Número de hojas al cuarto racimo	0.0271	-0.2522	0.3005	-0.0599	0.3855	-0.0237	-0.2340	0.0453	-0.0850
Distancia de hojas al cuarto racimo	-0.0303	0.1690	0.3391	-0.0431	0.4411	0.0437	-0.1920	0.0115	0.1015
Longitud de la hoja	0.1122	0.3141	0.0882	0.0051	-0.1016	-0.1223	0.0196	0.1759	0.3080
Ancho de la hoja	0.2387	0.2268	-0.0107	0.1419	-0.1598	0.0333	-0.0522	0.1182	0.2079
Número de flores	0.0928	0.2764	-0.0694	0.0458	0.2885	-0.0089	-0.0220	-0.3502	0.0052
Número de frutos	0.0205	0.4065	-0.0347	-0.1235	0.0927	0.0740	0.1531	0.0873	0.0027
Rendimiento por planta	-0.0121	0.3775	0.0201	-0.0904	0.0684	0.1368	0.2310	0.1485	-0.0710
Longitud de fruto	0.0143	-0.2132	0.1710	-0.0588	0.1858	0.3535	0.3461	0.2738	-0.0511
Ancho de fruto	-0.1129	0.0029	0.1760	0.3348	0.1026	-0.1882	0.4539	-0.2789	0.0985
Número de lóculos	0.0592	-0.0982	0.0180	0.3696	0.0992	-0.4154	0.3695	0.0059	-0.2029
Grosor del pericarpio	0.2196	0.0569	-0.0405	0.3299	0.0420	0.0870	0.0956	0.1528	0.0309
Longitud de raíz	0.2343	-0.0771	0.1365	0.2991	-0.0900	0.0804	-0.0781	0.0767	0.2874
Altura al sexto racimo	-0.1971	0.0805	-0.0458	0.2646	0.0702	0.4249	-0.0724	0.2222	-0.2537
Materia seca de hoja	-0.3237	-0.0106	-0.0777	-0.0011	-0.1134	0.0158	0.0186	0.0730	0.0159
Materia seca de tallo	-0.2762	-0.0245	-0.1157	0.1336	-0.0483	0.1476	0.1109	0.2054	-0.0458
Materia seca de raíz	0.2487	-0.1343	-0.1576	0.1792	-0.0082	0.1418	-0.1620	0.1853	-0.2417
Materia seca de fruto	0.0103	-0.1601	-0.1832	0.2453	0.2813	-0.1445	-0.0727	0.4172	0.4193
Luminosidad	-0.1590	-0.0144	-0.0339	0.3153	-0.0969	0.0690	-0.3975	-0.2987	0.2140
Croma	0.2834	-0.0055	-0.0793	0.0584	0.1253	0.2453	0.0371	-0.1576	-0.0242
Ángulo hue (°)	-0.1630	0.2530	-0.1340	0.0382	0.2404	-0.1863	-0.2507	0.1656	0.0092

Continuación en la página siguiente

Característica	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7	CP8	CP9
Firmeza (N)	0.3118	-0.0445	-0.0127	0.1078	-0.0099	0.1732	0.0393	-0.1949	-0.0271
Sólidos solubles totales	0.2492	-0.1258	0.0451	-0.0720	0.1618	0.2478	0.0127	-0.2142	0.0726
Acidez titulable	0.0646	-0.3316	-0.1068	-0.1210	-0.1038	-0.1606	-0.0412	0.1077	0.0049
Relación sólidos Solubles totales y acidez titulable	0.0764	-0.0065	0.4782	0.0634	-0.2274	-0.1570	-0.1608	0.1262	-0.2198
pH	-0.0348	-0.1659	-0.4761	-0.1547	0.1441	0.0559	0.1229	-0.1129	0.2371
Pérdida de peso (%)	-0.0887	0.0184	-0.2200	0.1916	0.3130	-0.1503	-0.1477	-0.0879	-0.3822
Valor propio	7.91	4.77	2.72	2.31	1.86	1.64	1.29	1.05	0.95
Variación explicada (%)	27.27	16.43	9.39	7.97	6.41	5.66	4.46	3.61	3.27
Variación acumulada (%)	27.27	43.70	53.10	61.06	67.47	73.13	77.60	81.21	84.47

CP=componente principal

El CP1 explicó mayor variación por dos características de estructura de la planta (NHPR, APR), dos de calidad de fruto (CROMA, FRZ) y tres de biomasa vegetal (MSH, MST, MSR). El CP2 explicó variación por siete características, dos de estructuras de planta (NHCR, LH), una de flor (NFL), dos de frutos (NFR, RPL) y una característica de calidad externa e interna de fruto (HUE, AT).

Las variables más importantes con base a la suma de los coeficientes de determinación de los tres primeros componentes fueron: número de hojas al primer racimo (0.77), altura al primer racimo (0.56), diámetro del tallo (0.70), ancho de la hoja (0.69), grosor del pericarpio (0.40), longitud de raíz (0.51), materia seca de hoja (0.84), de tallo (0.64), de raíz (0.64), croma (0.65), firmeza (0.77), sólidos solubles totales (0.57), número de hojas al cuarto racimo (0.55), distancia de hojas al cuarto racimo (0.46), longitud de la hoja (0.59), número de flores por planta (0.44), número de frutos por planta (0.79), rendimiento por planta (0.68), hue (0.56), acidez titulable (0.59), relación sólidos solubles totales y acidez titulable (0.67) y acidez de fruto (0.76) (Cuadro 2.5).

Cuadro 2.5. Coeficiente de determinación de 29 características con cada uno de los primeros tres componentes principales de 34 familias derivadas de poblaciones nativas de jitomate y dos híbridos comerciales, Montecillo, Estado de México, 2014.

Característica	CP1	CP2	CP3
Número de hojas al primer racimo	0.6961	0.0162	0.0618
Altura al primer racimo	0.5501	0.0030	0.0052
Diámetro del tallo	0.3951	0.1643	0.1427
Número de hojas al cuarto racimo	0.0058	0.3032	0.2459
Distancia de hojas al cuarto racimo	0.0073	0.1361	0.3133
Longitud de la hoja	0.0996	0.4702	0.0212
Ancho de la hoja	0.4506	0.2451	0.0003
Número de flores	0.0682	0.3640	0.0131
Número de frutos	0.0033	0.7876	0.0033
Rendimiento por planta	0.0012	0.6790	0.0011
Longitud de fruto	0.0016	0.2166	0.0797
Ancho de fruto	0.1007	0.0000	0.0844
Número de lóculos	0.0277	0.0460	0.0009
Grosor del pericarpio	0.3815	0.0154	0.0045
Longitud de raíz	0.4340	0.0283	0.0508
Altura al sexto racimo	0.3073	0.0309	0.0057
Materia seca de hoja	0.8288	0.0005	0.0165
Materia seca de tallo	0.6032	0.0029	0.0364
Materia seca de raíz	0.4890	0.0860	0.0677
Materia seca de fruto	0.0008	0.1221	0.0915
Luminosidad	0.2000	0.0010	0.0031
Croma	0.6351	0.0001	0.0171
Ángulo hue (°)	0.2102	0.3050	0.0489
Firmeza (N)	0.7690	0.0094	0.0004
Sólidos solubles totales	0.4912	0.0754	0.0055
Acidez titulable	0.0330	0.5240	0.0311
Relación sólidos Solubles totales y acidez titulable	0.0461	0.0002	0.6230
pH	0.0096	0.1311	0.6175
Pérdida de peso (%)	0.0622	0.0016	0.1319

CP= Componente principal

La representación gráfica de la dispersión de la variación morfológica observada entre las 34 familias derivadas de poblaciones nativas de jitomate y dos híbridos comerciales, sobre el plano determinado por los dos primeros componentes principales muestra la



importante de germoplasma. En los Estados Unidos de América se inició el uso del germoplasma silvestre desde el año de 1930 en programas de mejoramiento genético, mientras tanto en México su uso es casi nulo, a pesar de ser el centro de domesticación y diversificación (Rick, 1986). Para promover su utilización en el mejoramiento del jitomate es importante conocer su variabilidad, ya que se carece de información específica sobre caracterización morfológica del jitomate semi-domesticado y silvestre en México (Peralta y Spooner, 2007; Méndez *et al.* 2011).

Examinando las tendencias de agrupamiento, en el grupo 1 se encuentran los dos híbridos comerciales (SUN7705 y CIDF1) se caracterizan por tener mayor longitud de la hoja (52.5 cm), número de flores al cuarto racimo (30.5), número de frutos por planta, (32.5), rendimiento por planta (3354 g) y menor acidez titulable (0.339 % ac); por otra parte también presentaron promedios menores para número de hojas al primer racimo (5.4 cm), altura al primer racimo (41.2 cm), materia seca de hoja (19.8 g), materia seca de tallo (44.9 g), materia seca de raíz (9.8 g), y los promedios intermedios para croma (22.5 g), firmeza (3.9 N) y sólidos solubles totales (5.5). Los resultados de esta última variable fueron similares a los reportados por Maldonado-Peralta *et al.* (2016) que encontraron valores de sólidos solubles totales en Puebla<sup>15</sup>, Campeche<sup>1</sup> y Yucatán <sup>6</sup> mayores de 5.3%, mientras que dos híbridos comerciales tuvieron 4.3% y 4.4%; Agong *et al.* (2001) mencionan que los frutos de poblaciones nativas contienen más sólidos solubles totales. Santiago *et al.* (1998) señalan que el jitomate para consumo en fresco debe de contener un mínimo de 4% de SST.

En el grupo 2 se ubicaron las familias (PUETHNE1-109, 105.1 y 124) que presentaron promedios para longitud de la hoja de 48 cm, 24.3 para número de flores, 21.8 número de frutos, 2513 g de rendimiento por planta y 0.385 % para acidez titulable; número de hojas al primer racimo de 8.0, 47.9 cm de altura al primer racimo, 20.9 g de materia seca de hoja, 53.9 g del tallo, 8.4 g de raíz, 21.1 de croma, 4.2 N de firmeza y 5.1 de sólidos solubles totales.

En el grupo 3 se ubicaron el mayor número de las familias nativas de jitomate en los cuadrantes II y III, que presentaron promedios de 46.0 cm de longitud de la hoja, 20.7

flores por planta, 21.2 frutos por planta, 2527 g de rendimiento por planta, 0.371 % de ácido cítrico, 8.4 hojas al primer racimo, 51 cm altura al primer racimo, 25.6 g de materia seca de hoja, 60.5 g de tallo, 7.3 g de raíz, 21.7° de croma, 3.1 N de firmeza y 5.9 sólidos solubles totales.

El grupo 4 se integró por ocho familias nativas de jitomate dentro del cuadrante IV, que presentaron promedios de 45.6 cm longitud de la hoja, 19.4 flores por planta, 19.1 frutos por planta, 2279 g rendimiento por planta, 0,385 % ácido cítrico, 6.9 hojas al primer racimo, 43.2 cm de altura al primer racimo, 21.0 g de materia seca de hoja, 48.8 g de materia seca de tallo, 10.6 g de materia seca de raíz, 19.7 de croma, 5.2 N de firmeza y 6.5 de sólidos solubles totales.

El potencial del germoplasma nativo también lo han encontrado en otros estudios; por ejemplo, Maldonado-Peralta *et al.* 2016, mencionan que los jitomates nativos tienen amplia variación morfológica de formas y tamaños de planta y frutos. Flores *et al.* (2012) evaluaron el efecto de la conductividad eléctrica (CE) de la solución nutritiva sobre el rendimiento de 10 genotipos nativos de jitomate y dos testigos comerciales; encontrando genotipos nativos con un comportamiento similar al de los testigos; Juárez-López *et al.* (2012) evaluaron siete genotipos provenientes de los estados de Guerrero y Puebla con características de interés agronómico; para número de frutos encontraron que fueron estadísticamente iguales a los testigos; Juárez-López *et al.* (2012) encontraron un genotipo (JCPRV-43) que tuvo un rendimiento de 63.18 t ha<sup>-1</sup>, superando a un híbrido comercial.

Las familias 111.2, 117.3 y 119.2 no se agruparon en los conjuntos señalados. La 111.2 se ubicó en el cuadrante II; presentó 47.8 cm de longitud de la hoja, 27.3 número de flores, 24.7 frutos por planta, 2757 g de rendimiento por planta, 0.324 % de ácido cítrico, 8.7 hojas al primer racimo, 53.4 cm de altura al primer racimo, 27.8 g de materia seca de hoja, 62.1 g de tallo, 7.3 g de raíz, 26.0 de croma, 2.7 N de firmeza, 5.4 de sólidos solubles totales. La familia 119.2 se ubicó en el cuadrante IV se caracteriza por presentar los valores menores, con 44.4 cm de longitud de la hoja, 15.5 flores por planta, 10.3 frutos por planta, 1581 g de rendimiento por planta, 0.394 % de ácido cítrico, 7.0 hojas al

primer racimo, 41.9 cm de altura al primer racimo, 20.5 g de materia seca de hoja, 55.0 g de tallo, 13.6 g de raíz, 18.4 de croma, 3.7 N de firmeza y 7.0 de sólidos solubles totales.

Algunas familias que se integraron en los grupos 2 y 3 presentaron un rendimiento por planta estadísticamente igual al de los híbridos comerciales, aunque presentaron mayor altura al primer racimo y ciclo tardío. Las familias del grupo IV presentaron menor altura, similar a la de los híbridos comerciales, característica relacionada con la precocidad. ya que la menor altura estuvo asociada con menos hojas y una floración inicial temprana.

### Agrupamiento de familias

El análisis de conglomerados presentó resultados similares al de los componentes principales. A la distancia euclidiana de 1.10 se observaron tres grupos; el primero integró la mayor parte de las familias y se separó claramente del grupo II en el que quedó integrado una sola familia (PUETHNE1-109) y el grupo III conformado con los dos híbridos comerciales (SUN7705 y CIDF1) (Figura 2.5).

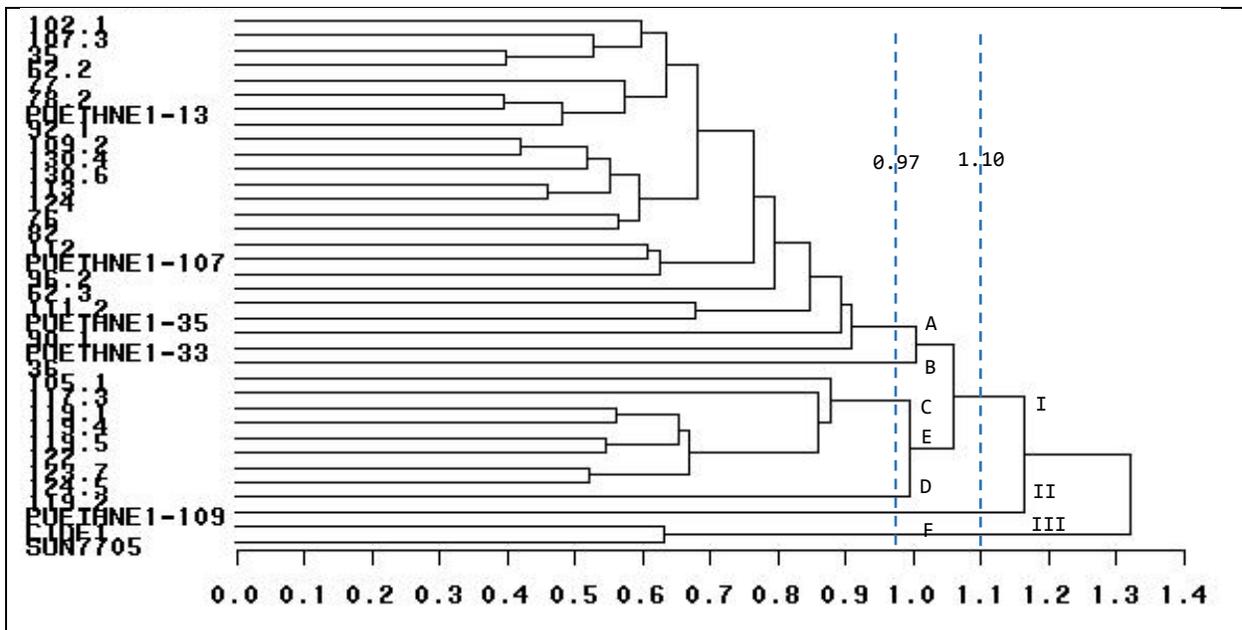


Figura 2.5. Agrupamiento de 34 familias derivadas de poblaciones nativas de jitomate y dos híbridos comerciales con base de 29 características morfológicas cuantitativas. Montecillo, Estado de México, 2014.

A la distancia de 0.97 fue posible identificar seis grupos, la diversidad morfológica entre las familias nativas de jitomate permitió diferenciar claramente los grupos que se definieron por la longitud de la hoja, número de flores por planta, número de frutos por planta, rendimiento por planta, acidez titulable, número de hojas al primer racimo, altura al primer racimo, materia seca de hoja, tallo y raíz, croma, firmeza y sólidos solubles totales.

En el grupo A se integraron 22 familias y se caracteriza por tener mayor longitud de la hoja, menor número de flores, menor número de frutos por planta, menor rendimiento por planta, menor en croma, menor turgencia de fruto, sabor agradable, mayor número de hojas al primer racimo, mayor altura al primer racimo (tardíos), mayor peso de biomasa vegetal (MSH, MST y MSR), los °Brix en los frutos presentó valores intermedios.

El grupo B se integró únicamente la familia PUETHNE1-33 que se caracteriza por tener menor longitud de hoja, menor número de flores, de frutos y rendimiento por planta; además presentó un sabor agradable en el fruto, mayor número de hojas al primer racimo, mayor altura al primer racimo (tardíos), mayor peso en biomasa vegetal, menor croma, menor turgencia de frutos y contenido intermedio de °Brix en los frutos.

El grupo C se integró con ocho familias, caracterizadas por tener mayor longitud de la hoja, menor producción de flores, de frutos y menor rendimiento por planta, mayor contenido de ácido cítrico, mayor número de hojas al primer racimo, menor altura al primer racimo (precoces), mayor peso de materia seca de hoja, menor peso de materia seca de tallo y de raíz, menor croma, menor turgencia de frutos y un contenido ideal de °Brix en los frutos. Los valores obtenidos en la calidad de frutos son similares a los reportados en las variables de SST de 3.4 a 5.5 °Brix y AT de 0.22 a 0.40 % para diferentes cultivares (Cantwell *et al.* 2007; Turhan y Seniz, 2009).

El grupo D y el E se integraron solamente con una familia que corresponden a los extremos de la variación. La familia 119.2 (grupo D) se caracteriza por tener hojas de menor longitud, menor producción de flores, frutos y de rendimiento por planta, buen contenido de ácido cítrico, menos hojas al primer racimo, menor altura al primer racimo

(precoz), mayor peso de materia seca de tallo, menor peso de materia seca de hoja y raíz, bajo en cromaticidad de fruto, menor firmeza, mayor sabor (°Brix en el fruto). La familia PUETHNE1-109 (grupo E), se caracteriza por tener hojas largas, menor producción de flores, de frutos y mayor rendimiento por planta, alto contenido de ácido cítrico, mayor número de hojas al primer racimo, mayor altura al primer racimo (tardíos), mayor peso de materia seca de tallo, menor peso de materia seca de hoja y de raíz, cromaticidad intermedia, menor turgencia del fruto, contenido intermedio de °Brix en el fruto.

El grupo F se integró con los híbridos comerciales (SUN7705 y CIDF1); se caracterizan por tener hojas largas, mayor producción de flores, frutos y de rendimiento por planta, buen contenidos de ácido cítrico, menor número de hojas al primer racimo, menor altura al primer racimo (precoces), mayor peso de materia seca de tallo, menor peso de materia seca de hoja y de raíz, menor a intermedia de cromatismo, menor firmeza de fruto, menor a intermedio en el contenido de °Brix en los frutos.

## **Ciclo verano 2015**

### **Características morfológicas**

En el Cuadro 2.6 se muestran las medias, desviación estándar y coeficiente de variación (CV) de 19 características registradas en la evaluación de las familias derivadas de poblaciones nativas de jitomate. Los mayores coeficientes de variación se observan para los atributos de frutos y la calidad externa e interna como número de lóculos (30.5 %), firmeza (27.2 %), relación SST/AT (18.6 %), peso individual de fruto (16.3 %), acidez titulable (13.6 %), grosor del pericarpio (11.9 %), hue (11.0 %, número de frutos (11.7 %) y para rendimiento por planta fue de (10.4 %).

Cuadro 2.6. Media, desviación estándar y coeficiente de variación de características de 34 familias derivadas de poblaciones nativas de jitomate y dos híbridos comerciales. Montecillo, Estado de México, 2015.

Característica	Familias			Híbridos comerciales		
	Media	DE	CV (%)	Media	DE	CV (%)
Altura al primer racimo (cm)	44.5	4.1	9.3	33.4	10.0	29.9
Inicio de floración	36.9	2.0	5.3	29.0	5.7	19.5
Inicio de fructificación	43.8	1.9	4.4	37.0	4.2	11.5
Inicio de maduración de fruto	96.1	5.4	5.6	87.7	6.1	7.0
Número de frutos	22.3	2.6	11.7	28.5	3.1	10.8
Rendimiento por planta (g)	3141.8	327.3	10.4	3963.2	335.7	8.5
Peso individual de fruto (g)	142.6	23.2	16.3	139.6	3.4	2.5
Longitud de fruto (mm)	69.9	4.3	6.1	64.2	7.4	11.4
Ancho de fruto (mm)	59.2	4.6	7.7	55.0	2.7	4.9
Grosor del pericarpio (mm)	8.3	1.0	11.9	7.7	1.6	20.9
Número de lóculos	3.0	0.9	30.5	2.0	0.1	0.1
Luminosidad	28.9	1.3	4.6	30.9	0.6	1.8
Croma	25.5	1.7	6.7	26.4	1.5	5.8
hue	22.7	2.5	11.0	34.3	0.8	2.3
Firmeza (N)	22.1	6.0	27.2	34.9	8.1	23.3
Sólidos solubles totales (° Brix)	6.4	0.6	9.9	5.7	0.4	6.3
Acidez titulable	0.5	0.1	13.6	0.5	0.0	1.7
Relación SST/AT	13.7	2.6	18.6	11.1	0.9	7.8
pH	4.4	0.1	2.0	4.3	0.1	0.5

Las medias de longitud y ancho de fruto de las familias, fueron 69.9 mm y 59.2 mm, respectivamente y el peso individual de fruto de 142.6 g, valores mayores a los que presentaron los testigos. El rendimiento de fruto por planta fue de 3142 g, menor al rendimiento presentado por los testigos y también menor al rendimiento reportado por Alemán-Pérez *et al.* (2016) de 4.5 kg por planta.

Respecto a la fenología, las familias tuvieron el inicio de floración a los 36.9 días después del trasplante (ddt), inicio de la fructificación a los 43.8 ddt e inicio de maduración de fruto a los 96.1 ddt, que son mayores a los presentados por los híbridos. La altura al primer racimo fue de 44.5 cm, mayor a la media presentada por los híbridos 33.4 cm, (Cuadro 2.6). Bonilla-Barrientos *et al.* (2014) encontraron en jitomates arriñonados y tipo pimiento de Puebla y Oaxaca 87.6 días a la floración y 139.7 días a maduración del fruto del tercer

racimo. Estos son valores más altos a los presentados en este estudio por las familias derivadas de poblaciones nativas. Vázquez-Ortiz *et al.* (2010) encontraron en frutos tipo riñón del sur de Puebla y de la región entre Puebla e Hidalgo que la floración inició a los 25 días después del trasplante y que algunas colectas resultaron tardías.

En calidad externa del fruto las familias presentaron promedios de luminosidad de 28.9, croma de 25.5, tono hue de 22.7 y firmeza de 22.1 Newtons, que fueron menores a los presentados por los híbridos. Para calidad interna las familias presentaron promedios mayores en la relación SST/AT de 13.7, sólidos solubles totales de 6.4 y acidez de fruto (pH) de 4.4, los híbridos y las familias tuvieron un acidez titulable similar (ácido cítrico) de 0.5 % (Cuadro 2.6). Luna y Delgado (2014) mencionan que los sólidos solubles son muy importantes ya que indican el contenido de antioxidantes que ayuda a prevenir enfermedades cancerígenas y cardiovasculares,

Hubo familias sobresalientes que tuvieron los promedios más altos para rendimiento por planta, número de frutos por planta y peso individual de fruto, algunos de ellos similares al de los híbridos. Las familias con mayor rendimiento por planta fueron 62.3 (3170 g), 76 (3416 g), 92.1 (3502 g), 102.1 (3464 g), 105.1 (3176 g), 107.3 (3570 g), 119.2 (3584 g), 119.4 (3275 g), 122 (3290 g), 123.7 (3287 g), 130.6 (3977 g), PUETHNE1-107 (3346 g) y PUETHNE1-109 (3997 g), que fueron similares o superiores al de los híbridos comerciales. El mayor número de frutos por planta se presentó en las familias 35 (25), 82 (23), 92.1 (27), 102.1 (24), 107.3 (26), 109.2 (24), 119.1 (23), 119.4 (28), 119.5 (24), 130.6 (25) y PUETHNE1-107 (27), que fueron similares o superiores al de los híbridos comerciales. El mayor peso individual de fruto lo presentó la familia PUETHNE1-109 (252 g), mayor a los presentados por los híbridos comerciales (137.1 y 142.0 g) (Cuadro 2.7).

Cuadro 2.7. Medias de rendimiento por planta (RPL), número de frutos por planta (NFP) y peso individual de fruto (PIFR) de familias derivadas de poblaciones nativas de jitomate y dos híbridos comerciales, Montecillo, Estado de México, 2015.

Familia o híbrido	RPL (g)		NFP		PIFR (g)	
35	3125.7	bcde†	25.0	abcd	125.3	de
36	2655.5	de	22.3	bcde	119.1	e
62.2	3043.5	bcde	21.0	bcde	144.6	bcde
62.3	3169.9	abcde	18.7	de	169.9	b
76	3416.0	abcde	23.0	bcde	148.3	bcde
77	3023.3	bcde	23.0	bcde	131.8	cde
78.2	2904.3	cde	22.0	bcde	132.1	cde
82	3051.5	bcde	23.3	abcde	131.1	cde
90.1	2778.2	cde	21.3	bcde	131.0	cde
92.1	3501.9	abcde	27.0	ab	130.3	cde
96.2	2886.5	cde	20.7	bcde	140.0	bcde
102.1	3463.7	abcde	23.7	abcd	146.3	bcde
105.1	3176.0	abcde	20.3	bcde	156.9	bcd
107.3	3570.3	abcd	25.7	abcd	139.1	bcde
109.2	3104.4	bcde	24.0	abcd	129.5	cde
111.2	3059.4	bcde	22.3	bcde	137.0	bcde
112	2976.7	bcde	23.0	bcde	129.5	cde
113	2489.1	e	19.3	cde	128.7	cde
117.3	2963.9	bcde	20.7	bcde	143.4	bcde
119.1	2870.9	cde	23.3	abcde	123.1	de
119.2	3584.0	abcd	22.0	bcde	164.7	bc
119.4	3275.2	abcde	27.7	ab	118.4	e
119.5	3109.5	bcde	23.7	abcd	131.5	cde
122	3290.3	abcde	22.7	bcde	145.4	bcde
123.7	3287.5	abcde	23.0	bcde	142.7	bcde
124	3001.2	bcde	23.0	bcde	130.9	cde
124.5	2951.7	bcde	19.3	cde	152.4	bcde
130.4	2993.7	bcde	22.7	bcde	132.2	cde
130.6	3977.1	ab	25.3	abcd	156.6	bcd
PUETHNE1-13	2979.9	bcde	19.3	cde	154.2	bcde
PUETHNE1-33	2899.8	cde	19.0	cde	153.0	bcde
PUETHNE1-35	2897.5	cde	19.0	cde	152.3	bcde
PUETHNE1-107	3346.3	abcde	27.0	ab	124.2	de
PUETHNE1-109	3997.2	ab	16.0	e	251.8	a
RESERVA	3725.8	abc	26.3	abc	142.0	bcde
CIDF1	4200.5	a	30.7	a	137.1	bcde

†Valores con diferente letra dentro de cada columna, son estadísticamente diferentes (Tukey,  $P \leq 0.05$ ).

En el Cuadro 2.8 se presentan las medias de características de calidad externa e interna de frutos de las familias e híbridos. En cuanto al color de fruto en el espacio de  $L^*C^*h^*$ , el mayor valor de luminosidad lo presentó la familia 96.2 (31.7), que fue superior al de los híbridos comerciales; el mayor valor de croma lo presentó en la familia 122 (28.5), superior al de los híbridos, y para hue lo presentó la familia PUETHNE1-109 (34.3), que fue similar al de los testigos.

Cuadro 2.8. Medias de características de calidad externa e interna de frutos de familias derivadas de poblaciones nativas de jitomate y dos híbridos comerciales, Montecillo, Estado de México, 2015

Familia o híbrido	L <sup>1</sup>	C <sup>2</sup>	h <sup>3</sup>	Firmeza (N)	Relación SST/AT	pH
35	27.6 p	24.7 m	21.8 jkl	16.1 v	14.1 bcde	4.5 a
36	28.4 m	26.1 hi	20.7 op	16.5 v	14.7 bcd	4.4 ab
62.2	25.8 t	26.3 fghi	20.8 nop	24.5 jk	12.6 efghij	4.3 ab
62.3	26.7 r	26.9 de	20.7 op	14.2 x	14.0 bcdef	4.3 b
76	29.2 h	22.9 p	24.0 ef	19.1 s	9.6 m	4.4 ab
77	28.7 kl	26.1 ghi	20.9 nop	22.6 m	14.1 bcde	4.5 a
78.2	29.2 h	28.2 b	21.7 jklm	28.4 fg	19.7 a	4.5 a
82	26.3 s	26.8 e	22.5 ghi	14.2 x	13.0 defgh	4.4 ab
90.1	29.0 hij	26.4 f	22.6 ghi	24.3 k	12.7 efghij	4.4 ab
92.1	28.9 ijk	27.0 de	23.9 f	15.7 w	18.8 a	4.4 ab
96.2	31.7 a	26.3 fgh	22.6 ghi	26.1 i	14.2 bcde	4.4 ab
102.1	30.9 c	27.1 d	23.1 g	36.9 b	13.1 cdefgh	4.4 ab
105.1	30.0 f	25.8 jk	23.8 f	20.8 p	12.7 efghij	4.5 a
107.3	27.8 op	25.2 l	22.3 hij	28.2 g	11.7 hijkl	4.4 ab
109.2	29.2 h	25.2 l	21.4 klmn	26.1 i	15.0 bc	4.4 ab
111.2	28.6 lm	27.1 d	22.1 hij	13.0 y	15.0 bc	4.4 ab
112	29.7 g	24.7 m	20.5 p	28.3 fg	11.3 hijklm	4.4 ab
113	30.2 e	21.9 q	21.3 lmno	30.5 d	11.0 ijklm	4.3 b
117.3	31.1 bc	26.4 fg	24.6 de	28.6 f	12.5 efghijk	4.4 ab
119.1	28.7 kl	23.3 o	25.1 d	17.2 u	14.7 bcd	4.3 ab
119.2	29.9 fg	23.6 n	24.1 ef	27.3 h	18.6 a	4.4 ab
119.4	29.1 hi	25.4 l	22.7 gh	23.9 l	14.0 bcdef	4.4 ab
119.5	29.1 hi	25.8 jk	20.7 op	19.4 rs	10.9 jklm	4.5 a
122	29.8 fg	28.5 a	22.0 ijk	22.4 m	10.6 klm	4.4 ab
123.7	29.1 hi	23.3 o	21.1 mnop	16.4 v	12.9 defghi	4.4 ab
124	27.9 no	23.9 n	22.0 ijk	17.5 u	20.0 a	4.5 a
124.5	29.1 hi	22.7 p	22.3 hij	12.8 y	11.8 ghijkl	4.4 ab
130.4	28.6 lm	27.1 d	22.2 hij	18.0 t	14.2 bcde	4.4 ab
130.6	28.9 ijk	24.8 l	22.5 ghi	21.4 o	13.7 bcdefg	4.4 ab
PUETHNE1-13	28.8 jkl	26.5 m	20.6 p	19.7 r	12.8 defghi	4.4 ab
PUETHNE1-33	28.1 n	22.0 q	26.9 c	21.9 n	15.2 b	4.5 ab
PUETHNE1-35	27.7 op	25.7 k	22.7 gh	33.8 c	15.2 b	4.4 ab
PUETHNE1-107	27.0 q	26.0 ij	22.2 hij	24.8 j	12.1 fghijkl	4.4 ab
PUETHNE1-109	31.3 b	27.0 de	34.3 ab	20.1 q	9.8 m	4.0 c
RESERVA	30.5 d	25.3 l	33.7 b	40.7 a	10.5 lm	4.3 ab
CIDF1	31.3 b	27.5 c	34.8 a	29.2 e	11.7 hijkl	4.3 ab

<sup>1</sup>L= Luminosidad, <sup>2</sup>C= Croma, <sup>3</sup>h= hue, tono, †Valores con la misma letra dentro de cada columna, son estadísticamente iguales (Tukey,  $P \leq 0.05$ ).

El mayor valor de firmeza lo presentó el testigo Reserva (40.7 N), que fue menor en las familias aunque tres familias presentaron firmeza superior al híbrido El CIDF1 con 29.2 N. Cabe hacer notar que las mediciones se hicieron en frutos con el 75 % de color; los mayores valores de la relación SST/AT lo presentaron las familias 78.2 (19.7 %), 92.1 (8.8 %), 119.2 (18.8 %), 124 (20.0 %), que fueron superiores al de los híbridos comerciales. Vazquez-Ortiz *et al.* 2010 reportan que los jitomates nativos tienen menor firmeza y vida de anaquel que los híbridos comerciales y que su comercio es local. En cuanto a acidez de fruto (pH) no hubo diferencias significativas entre familias e híbridos. (Cuadro 2.8).

En las características de calidad de fruto, algunas familias superaron a los testigos como en luminosidad, cromas, relación SST/AT y pH de fruto; por lo tanto, algunas familias presentaron el color rojo intenso relacionado con un alto contenido de licopeno (Juárez-López *et al.* 2009); los híbridos tuvieron un color rojo menos intenso.

### **Color (Luminosidad, Cromas y hue)**

El mayor valor para para luminosidad lo presentó la familia 96.2, para cromas lo presentó la familia 122, y para hue lo presentó el híbrido CIDF1 y la familia PUETHNE1-109; habiendo familias que tuvieron valores promedio menores o similares a los presentados por los híbridos comerciales (Figura 2.6). Para luminosidad Cantwell *et al.* (2007) encontraron valores de 39 a 41, y para el tono de ángulo hue de 35 a 40 en diferentes variedades de jitomate.

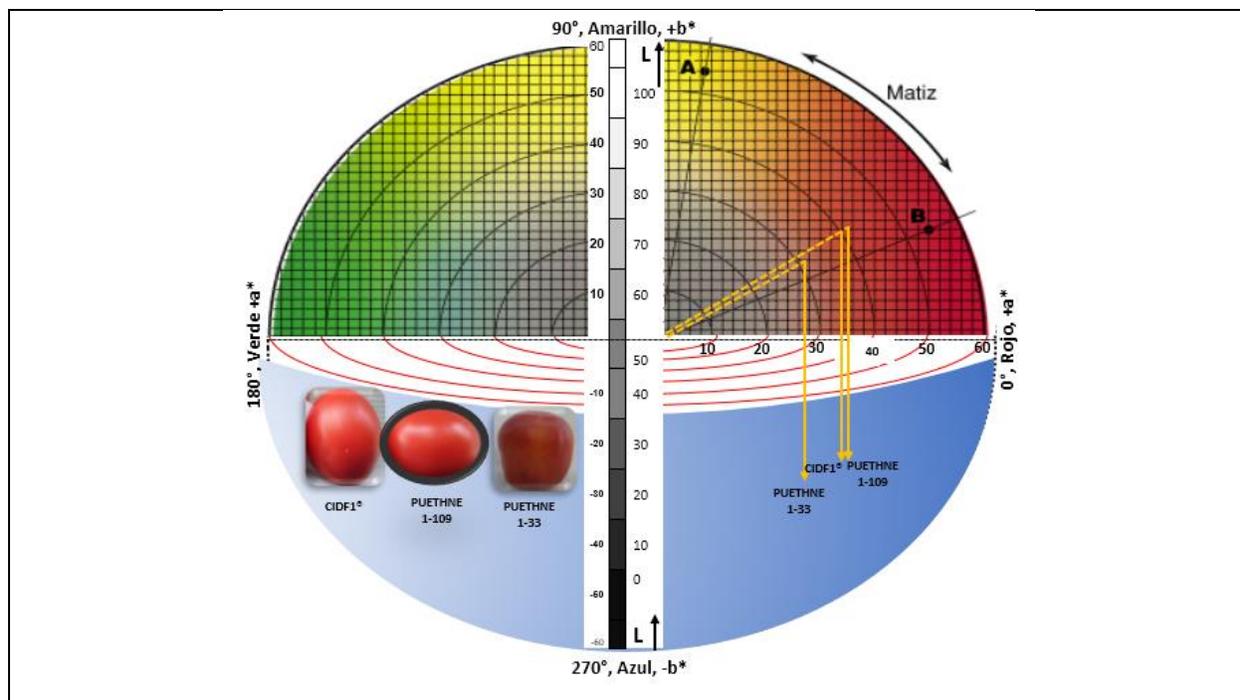


Figura 2.6. Color de fruto de familias derivadas de poblaciones nativas de jitomate y dos híbridos comerciales, en el espacio de color L\*a\*b\*. Montecillo, Estado de México 2015.

### Dispersión de la variación morfológica

En la Figura 2.7 se presenta la correlación de 19 características registradas para 34 familias derivadas de poblaciones nativas de jitomate y dos híbridos comerciales con respecto a los dos primeros componentes principales. Las características Hue, rendimiento por planta (RPL) y número de frutos por planta (NFP), presentaron alta colinealidad. De las variables relacionados con calidad externa e interna de fruto, cromatismo ( $C^*$ ), sólidos solubles totales (SST), firmeza (FRZ), relación sólidos solubles totales y acidez titulable (SST/AT) y acidez de fruto (pH) presentaron correlaciones menores a 0.5, con excepción de pH. Por su naturaleza estas variables de color y sabor de fruto requieren un análisis en conjunto. Con relación al peso individual de fruto (PIFR), este presenta mayor relación con anchura de fruto (AFR) y número de lóculos (NL) con independencia relativa de la longitud de fruto (LFR). El rendimiento por planta se presentó como una resultante de la relación del número de frutos por planta (NFP) y peso individual de frutos (PIFR).

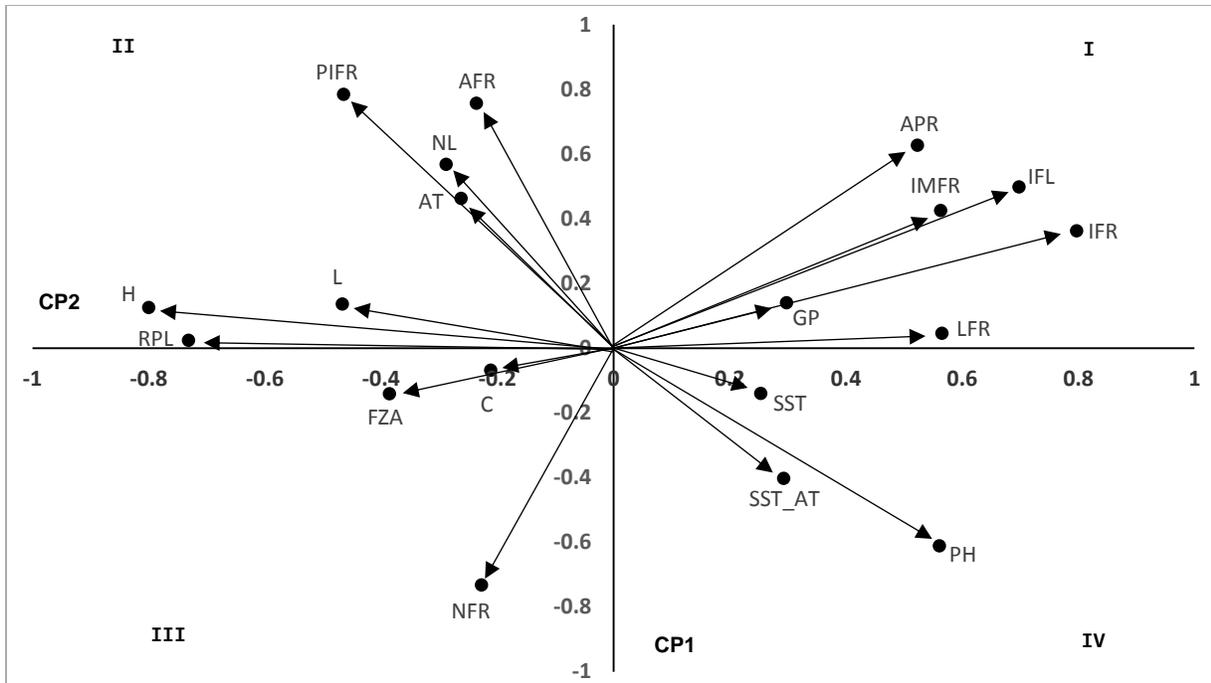


Figura 2.7. Correlación de 19 características registradas para, 34 familias derivadas de poblaciones nativas de jitomate y dos híbridos comerciales con respecto a los dos primeros componentes principales. Montecillo, Estado de México 2015.

Con respecto al diagrama de Gabriel, las variables que tuvieron mayor correlación con con el componente 1 (CP1) fueron: inicio a fructificación (IFR), inicio a floración (IFL), inicio a maduración de fruto (IMFR) y altura al primer racimo (APR) de manera positivo, mientras que hue (h\*) y rendimiento por planta (RPL) de manera negativo . Con el componente 2 (CP2), tuvieron mayor correlacion peso individual de fruto (PIFR) y anchura de fruto (AFR) de manera directa para NFP y pH en relación inversa.

Para valorar la variación morfológica entre las familias nativas de jitomate se aplicó el análisis de componentes principales (ACP) y de conglomerados. En ambas análisis se incluyó la información de las 19 características de fenología de planta, fruto y calidad de fruto. Los dos primeros componentes principales explicaron el 44.72 % de la variación total. El primero explicó 24.46 % y el segundo 20.26 % de la variación global (Cuadro 2.9).

Cuadro 2.9. Valores y vectores característicos del análisis de componentes principales con promedios de 19 características de 34 familias derivadas de poblaciones nativas de jitomate y dos híbridos comerciales, Montecillo, Estado de México, 2015.

Características	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7
Altura al primer racimo	0.2426	0.3194	-0.0348	0.2409	0.0930	0.2212	0.1706
Inicio a floración	0.3237	0.2537	-0.0239	-0.0607	0.1147	0.3371	0.0825
Inicio a fructificación	0.3697	0.1849	0.0554	-0.0902	-0.0766	0.3192	0.1265
Inicio a maduración de fruto	0.2612	0.2168	0.2938	0.0194	0.0920	0.0800	-0.2544
Número de frutos	-0.1055	-0.3728	0.1445	-0.0905	0.1437	0.4701	0.2015
Rendimiento por planta	-0.3394	0.0126	0.0283	-0.0702	0.2754	0.5226	-0.0383
Peso individual de fruto	-0.2156	0.4000	-0.1321	0.0199	0.1059	0.0395	-0.1818
Longitud de fruto	0.2622	0.0235	0.3230	-0.0201	0.2008	-0.1401	-0.3137
Ancho de fruto	-0.1095	0.3857	-0.1541	0.0054	0.0915	-0.1321	-0.0178
Grosor del pericarpio	0.1382	0.0717	0.1781	0.5606	0.1682	-0.0689	0.0185
Número de lóculos	-0.1337	0.2895	-0.4042	-0.0460	-0.0240	-0.0820	0.0699
Luminosidad	-0.2165	0.0696	0.1998	0.3740	-0.1162	0.0925	-0.2835
Croma	-0.0981	-0.0349	-0.0145	0.1888	0.6586	-0.2024	0.4879
Hue	-0.3711	0.0639	0.0983	0.0958	0.0177	0.2488	-0.2924
Firmeza	-0.1788	-0.0718	0.2203	0.4585	-0.1955	-0.0604	0.1543
Sólidos solubles totales	0.1176	-0.0711	-0.3590	0.3631	-0.3541	0.2308	0.1575
Acidez titulable	-0.1218	0.2359	0.3347	-0.0677	-0.3990	0.0247	0.4200
Relación sólidos solubles totales y acidez titulable	0.1360	-0.2053	-0.4552	0.2551	0.0907	0.1254	-0.2658
pH	0.2602	-0.3113	-0.0091	0.0541	-0.0047	-0.0189	-0.0687
Valor propio	4.65	3.85	2.54	1.78	1.31	0.96	0.81
Variación explicada (%)	24.46	20.26	13.39	9.36	6.91	5.06	4.25
Variación acumulada (%)	24.46	44.72	58.11	67.47	74.38	79.44	83.69

CP= Componente principal

La variación explicada por el CP1 es determinada en mayor medida por dos variables de la fenología de la planta (IFL, IFR), dos de fruto (RPL y LFR) y una de calidad externa (hue). En el CP2 la variación se explicó mayormente por una variable de planta (APR), y tres de fruto (NFP, PIFR y AFR).

Las variables más relevantes con base a los coeficientes de determinación en los tres primeros componentes fueron: altura al primer racimo (0.67), inicio a floración (0.74), inicio a fructificación (0.77), inicio a maduración de fruto (0.72), número de fruto por planta (0.64), rendimiento por planta (0.54), peso individual de fruto (0.88), longitud de fruto

(0.59), ancho de fruto (0.69), número de lóculos (0.82), hue (0.68), acidez titulable (0.57), relación sólidos solubles totales y acidez titulable (0.78) y acidez de fruto (pH) con valores superiores a 0.69 (Cuadro 2.10).

Cuadro 2.10. Coeficiente de determinación de 19 características con cada uno de los primeros tres componentes principales, de 34 familias derivadas de poblaciones nativas de jitomate y dos híbridos comerciales, Montecillo, Estado de México, 2015.

Características	CP1	CP2	CP3
Altura al primer racimo	0.2735	0.3927	0.0031
Inicio a floración	0.4869	0.2477	0.0015
Inicio a fructificación	0.6352	0.1316	0.0078
Inicio a maduración de fruto	0.3171	0.1809	0.2196
Número de fruto	0.0517	0.5349	0.0531
Rendimiento por planta	0.5352	0.0006	0.0020
Peso individual de fruto	0.2160	0.6158	0.0444
Longitud de fruto	0.3195	0.0021	0.2654
Ancho de fruto	0.0558	0.5727	0.0604
Grosor del pericarpio	0.0887	0.0198	0.0807
Número de lóculos	0.0831	0.3226	0.4157
Luminosidad	0.2178	0.0186	0.1016
Croma	0.0447	0.0047	0.0005
Hue	0.6399	0.0157	0.0246
Firmeza	0.1486	0.0199	0.1235
Sólidos solubles totales	0.0642	0.0195	0.3278
Acidez titulable	0.0689	0.2143	0.2851
Relación sólidos solubles totales y acidez titulable	0.0859	0.1623	0.5272
pH	0.3146	0.3730	0.0002

CP= Componente principal

La representación gráfica de la dispersión en función de la variación morfológica de las 34 familias nativas de jitomate y dos híbridos comerciales, sobre el plano determinado por los dos primeros componentes muestra la tendencia a integrar cuatro grupos que se separan por las características de fenología de planta, de fruto y calidad externa e interna. Las familias de jitomate se distribuyen en los cuatro cuadrantes; la mayoría se ubicaron aproximadamente al origen del plano (Figura 2.8).

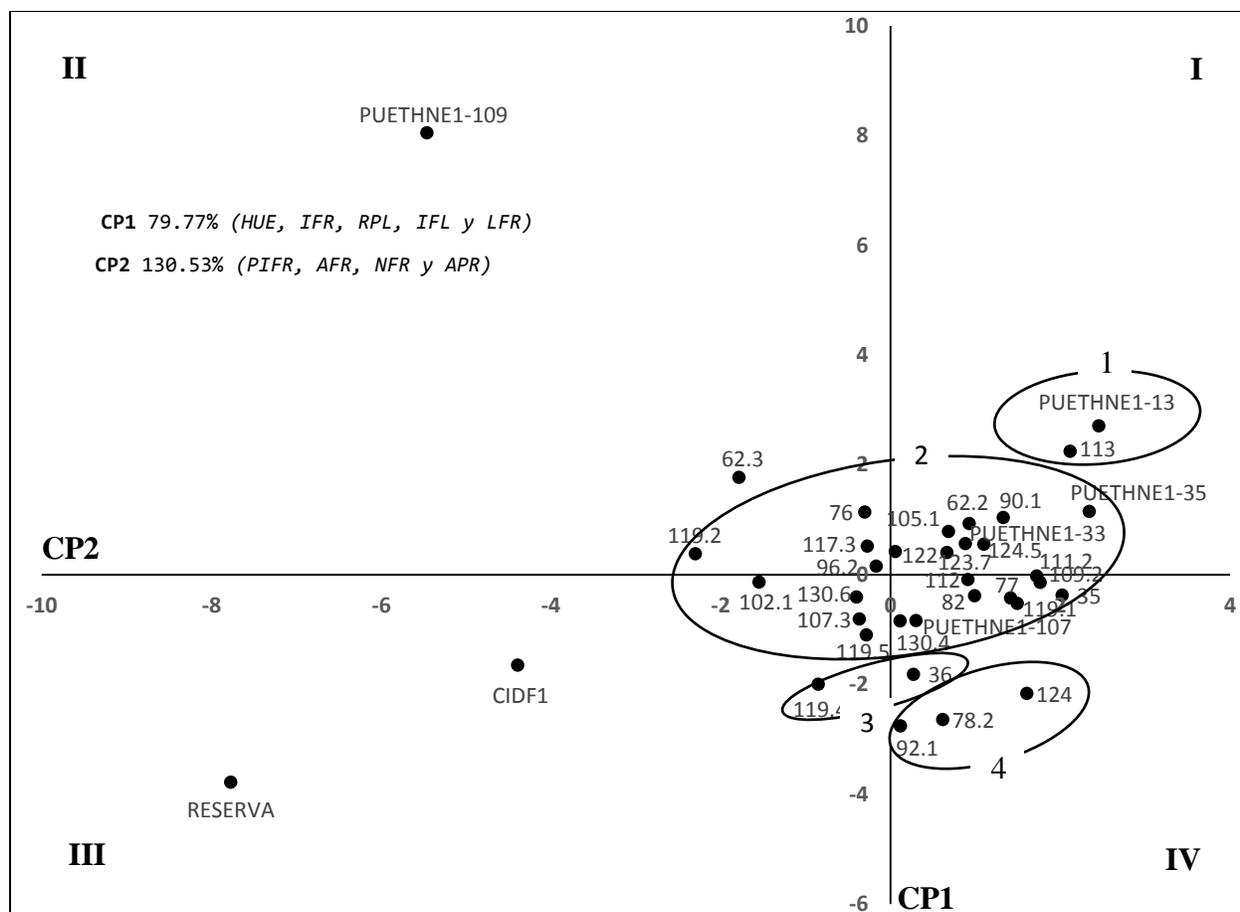


Figura 2.8. Representación gráfica en el plano de los dos primeros componentes principales, de la dispersión de la variación morfológica de familias derivadas de poblaciones nativas de jitomate y dos híbridos comerciales, Montecillo, Estado de México, 2015.

Las familias (PUETHNE1-35, 117.3, 90.1, 105.1, 62.2, 124.5, 111.2, 123.7, 112, 109.2) se ubicaron en el primer cuadrante con valores positivos del CP1 y CP2, las familias PUETHNE1-109, 76, 119.2, 96.2, 102.1, 122, se ubicaron en el cuadrante II con valores negativos para CP1 y positivos para CP2; las familias 130.6, 107.3, 119.5, se ubicaron en el cuadrante III con valores negativos para ambos componentes; las familias 82, 35, 130.4, 119.2, 77, PUETHNE1-107, se ubicaron en el cuadrante IV con valores negativos para CP1 y negativos para CP2. En posición aislada del origen en el cuadrante I se ubicaron dos familias PUETHNE1-13 y 113 dentro del cuadrante II. En el cuadrante III se ubicaron los híbridos comerciales El CID F1 y RESERVA F1 y la familia 119.4. En el cuadrante IV se ubicaron las familias 78.2, 92.1 y 124. La dispersión observada muestra

una variación en las características morfológicas de fenología de planta, de fruto y de calidad externa e interna de fruto e indica la riqueza que poseen las familias de poblaciones nativas de jitomate.

En el grupo 1 se encuentran dos familias (PUETHNE1-13 y 113), que se caracterizan por tener promedios de 51.78 cm altura al primer racimo, 40.83 días después del trasplante (ddt) al inicio de la floración, 46.5 ddt al inicio de la fructificación, 19.33 frutos por planta, 2735 g de rendimiento de frutos por planta, 141.47 g de peso individual de fruto, 71.28 mm de longitud de fruto, 59.8 mm de anchura de fruto y 20.93 para hue.

En el grupo 2 se ubicaron la mayor parte de las familias cerca del origen y se caracterizan por presentar promedios de 44.37 cm de altura al primer racimo, 36.98 ddt al inicio de la floración, 44.06 ddt al inicio de la fructificación, 22.81 frutos por planta, 3179 g de rendimiento de frutos por planta, 140.09 g de peso individual de fruto, 70.24 mm de longitud de fruto, 58.55 g de anchura de fruto y 22.64 para hue.

En el grupo 3 se ubicaron dos familias (36 y 119.4) que se caracterizan por presentar promedios de 40.61 cm de altura al primer racimo, 35.33 ddt al inicio de la floración, 42 ddt al inicio de la fructificación, 25 frutos por planta, 2965 g de rendimiento de frutos por planta, 118.76 g de peso individual de fruto, 68.15 mm de longitud de fruto, 56.61 mm de anchura de fruto y 21.66 para hue.

En el grupo 4 se ubicaron tres familias (78.2, 92.1 y 124) que se caracterizan por presentar promedios de 42.07 cm de altura al primer racimo, 35.44 ddt al inicio de la floración, 42.22 ddt al inicio de la fructificación, 24 frutos por planta, 3136 g de rendimiento de frutos por planta, 131.08 g de peso individual de fruto, 70.03 mm de longitud de fruto, 54.76 mm de anchura de fruto y 22.53 para hue.

Las familias PUETHNE1-109, 62.3 y los dos híbridos comerciales (CIDF1 y Reserva) no se agregaron en los grupos señalados. La familia PUETHNE1-109 se ubicó en el cuadrante II y se caracteriza por presentar 52.4 cm de altura al primer racimo, 37.7 ddt al inicio de la floración, 42 ddt al inicio de la fructificación, 16 frutos por planta, 3997 g de rendimiento de frutos por planta fue la de mayor tamaño de fruto con 252 g de peso

individual de fruto, 64.7 mm de longitud de fruto, 74.2 mm de anchura de fruto y 34.3 para hue. La familia 63.2 se caracteriza por presentar promedios de 39.8 cm de altura al primer racimo, 35 ddt al inicio de la floración, 41 ddt al inicio de la fructificación, 18.6 frutos por planta, 3170 g de rendimiento de frutos por planta, 170 g de peso individual de fruto, 64.2 mm de longitud de fruto, 68.8 mm de anchura de fruto y 20.6 para hue. El híbrido CIDF1 se ubicó en el cuadrante III se caracteriza por presentar promedios de 40.5 cm de altura al primer racimo, 33 ddt al inicio de la floración, 40 ddt al inicio de la fructificación, 30.6 frutos por planta, 4201 g de rendimiento de frutos por planta, 137 g de peso individual de fruto, 69.4 mm de longitud de fruto, 56.9 mm de anchura de fruto y 34.8 para hue. El híbrido reserva se ubicó en el cuadrante III se caracteriza por presentar promedios de 26.3 cm de altura al primer racimo, 25 ddt al inicio de la floración (precoz), 34 ddt al inicio de la fructificación, 26.33 frutos por planta, 3726 de rendimiento de frutos por planta, 142 g de peso individual de fruto, 59 mm de longitud de fruto, 53.1 mm de anchura de fruto y 33.7 para hue.

Las familias derivadas de poblaciones nativas de jitomate evaluadas en los grupos dos, tres y cuatro presentaron menor altura al primer racimo, fueron precoces de acuerdo con los días después del trasplante, inicio a floración y fructificación; en contraparte a las variedades comerciales, las familias de jitomate presentaron menor número de frutos por planta y de rendimiento.

### **Agrupamiento de las familias**

El análisis de conglomerados presentó resultados similares al de los componentes principales. A la distancia euclidiana de 1.16 se observaron cuatro grupos; el primer grupo integraron la mayor parte de las familias nativas de jitomate; en el grupo II se integraron las familias 62.3 y 119.2, en el grupo III se integraron los híbridos comerciales (CIDF1 y Reserva) y el grupo IV se integró una familia PUETHNE1-109. (Figura 2.9).

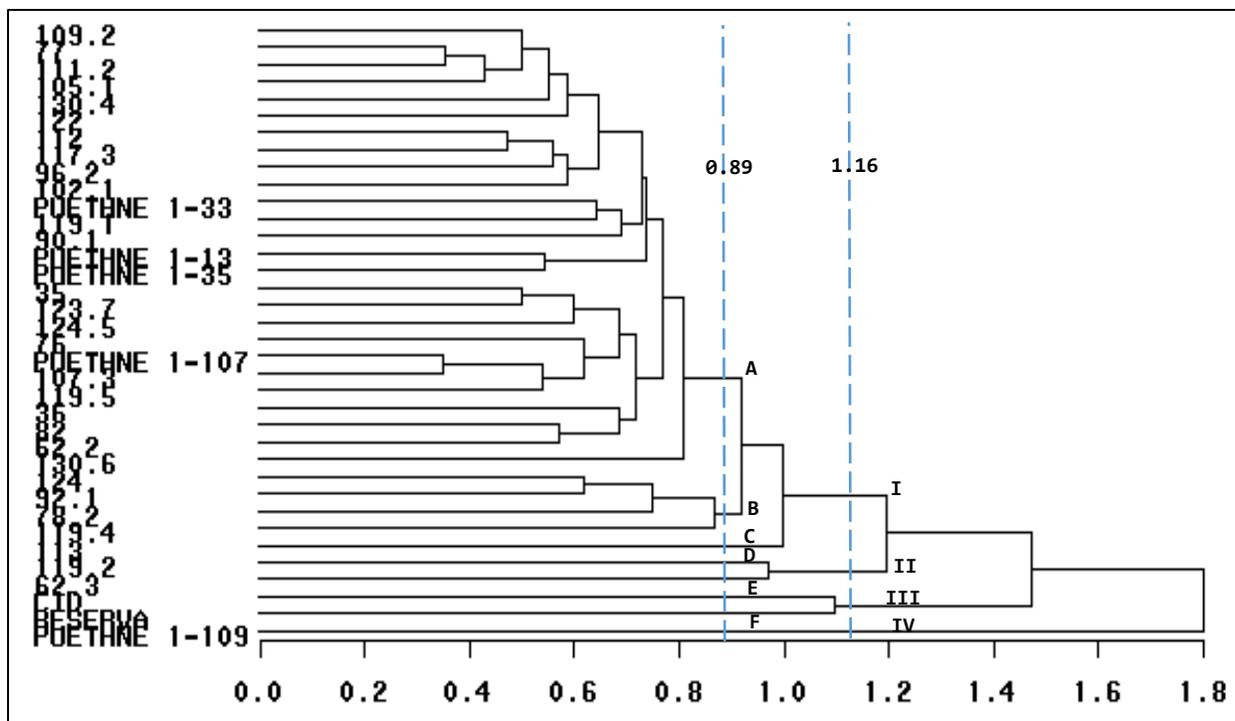


Figura 2.9. Agrupamiento de 34 familias derivadas de poblaciones nativas de jitomate y dos híbridos comerciales con base de 19 características morfológicas cuantitativas. Montecillo, Estado de México, 2015.

A la distancia de 0.89 fue posible identificar ocho grupos que integraron a las 34 familias de jitomate y dos híbridos comerciales. La diversidad morfológica en las familias, permitió diferenciar a los grupos por la fenología y estructura de planta, forma, tamaño de fruto y calidad de fruto.

El grupo A se integró por 25 familias nativas de jitomate que se caracterizan por presentar mayor altura al primer racimo, mayor al inicio a floración y a la fructificación, menor frutos por planta, menor rendimiento de frutos por planta, menor numero de peso individual de fruto, menor longitud y ancho de fruto y menor hue.

En el grupo B se integraron cuatro familias que presentaron mayor altura al primer racimo, menores valores en características de fenología de planta, menor tamaño, mayor número de frutos por planta, valor intermedio en el rendimiento por planta y mayor valor en las características de calidad externa e interna de fruto.

En el grupo C se integró una familia que se caracteriza por tener mayor altura al primer racimo, tardía a la floración y fructificación, con menor rendimiento por presentar bajo número de frutos por planta pero de tamaño considerable, y menor valor para hue.

En el grupo D se ubicaron dos familias nativas de jitomate; se caracterizan por tener menor altura al primer racimo, ser precoces a floración y fructificación, y que produjeron menor número de frutos por planta y con menor valor de hue. Tienen frutos tipo pimienta, también conocido como jitomate chino.

En el grupo E integraron los híbridos comerciales, el CIDF1 que se caracteriza por tener mayor altura al primer racimo, menor tiempo al inicio de floración y fructificación, mayor número de frutos, buen rendimiento por planta y menor peso individual de fruto, menor longitud y anchura de fruto y mayor en hue. El híbrido Reserva que se caracteriza por tener menor altura al primer racimo, menor tiempo al inicio de floración y fructificación (precoces), similar al CIDF1 en el número de frutos por planta, rendimiento por planta y peso individual de fruto, menor longitud y anchura de fruto y mayor en hue.

En el grupo F se ubicó la familia PUETHNE1-109 que se caracteriza por tener mayor altura al primer racimo, mayor inicio a floración y fructificación (tardía), presentó el menor número de frutos pero el mayor rendimiento por planta, mayor peso individual de fruto, los frutos fueron grandes, tipo bola, con mayor número de lóculos, mayor anchura de fruto y mayor valor de hue.

Se han realizado algunas investigaciones sobre poblaciones nativas de jitomate, entre estos estudios está el de Maldonado-Peralta *et al.* (2016) que reportan amplia diversidad en poblaciones de jitomate mexicano, diversidad que demuestra la complejidad genética en atributos agronómicos y de calidad de fruto, que permite mayor posibilidad de selección por tamaño de planta, rendimiento y calidad de fruto; Sanjuan (2015) quien evaluó 48 familias derivados de una población genotipos nativas por su tolerancia a la salinidad, encontró que el 75 % de los genotipos mostraron tolerancia a la salinidad. Flores *et al.* (2012) evaluó diez familias nativos tomando en cuenta su rendimiento y crecimiento en condiciones de salinidad utilizando la solución de Steiner con una

conductividad eléctrica (CE) de 1, 2 y 3 dSm<sup>-1</sup>. Encontró una disminución de altura de la planta a medida que se incrementó la CE y la materia seca se relacionó negativamente con el incremento de la CE. El genotipo PUETHNE1-128 presentó un rendimiento similar al de los híbridos comerciales utilizados como testigos.

Juárez-López *et al.* (2012) evaluaron características agronómicas de siete poblaciones nativas de jitomate y un híbrido comercial Cherry (H-709). Encontraron que cuando menos una población nativa superó al testigo en algunas de las siguientes variables: días a madurez del primer racimo, altura de planta, largo y ancho de fruto, número de lóculos, peso de fruto y rendimiento. En el número de frutos en seis racimos dos genotipos (JCPRV-43 y JCPRV-05) fueron similares al testigo. El testigo superó a los genotipos nativos en el diámetro de tallo. Concluyen que los genotipos nativos por sus características agronómicas poseen potencial para cultivarse como jitomates tipo cherry y algunos como fuente de germoplasma para mejoramiento genético de la especie.

## **2.4. CONCLUSIONES**

En ambos ciclos se encontraron familias derivadas de poblaciones nativas de jitomate con un rendimiento y calidad de fruto estadísticamente iguales a los que presentaron los híbridos comerciales. La firmeza del fruto fue menor en las familias y esto debe mejorarse. Los análisis de componentes principales y de agrupamiento muestran que existe amplia diversidad morfológica que podría aprovecharse en el mejoramiento genético del jitomate.

## 2.5. LITERATURA CITADA

- Agong S.G., Schittenhelm S., Friedt W. 2001. Genotypic variation of Kenyan tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) germplasm. *Journal of Food Technology in Africa*. 6:13-17.
- Agudelo-Agudelo A. G., A. N. Ceballos-Aguirre, y F. Orozco 2011. Caracterización morfológica del tomate tipo cereza (*Solanum lycopersicum* Linnaeus). *Agron. Manizales Colombia* 19 (2): 44-53.
- Alemán-Pérez R. D., J. Domínguez-Brito, Y. Rodríguez-Guerra, y S. Soria Re. 2016. Indicadores morfológicos y productivos del cultivo del tomate en invernadero con manejo agroecológico en las condiciones de la Amazonía Ecuatoriana. *Centro Agrícola* 43 (1): 71-76.
- Álvarez H., J. C., M. Cortez, y R. García. 2009. Exploración y caracterización de poblaciones silvestres de jitomate (*Solanaceae*) en tres regiones de Michoacán, México. *Polibotánica* 28:139-159.
- Arias R., TC. Lee, L. Logendra and H. Jones. 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. *J of Agric Food Chemistry* 48(5): 1697-1702.
- AOAC 1990. Official methods of the Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Vol. 2, 15<sup>th</sup> ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, USA. pp. 685-1298.
- Arora R. K. 1995. Ethnobotanical studies on plant domestication. Global perspective. *In* S. K. Jaid, (ed). *Methods and Approaches in Ethnobotany*. Society Botany. Lucknow, India. 451 p.
- Bai Y., and P. Lindhout. 2007. Domestication and breeding of tomatoes: What have we gained and what can we gain in the future? *Ann Bot.* 100(5):1085-1094.
- Bastias M. E. 2008. Biodiversidad y recursos fitogenéticos en la agricultura. *IDESIA (Chile)* 26 (1): 5-7.
- Bellon M. R. 1996. The dynamics of crop intraspecific diversity: A conceptual framework at the farmer level 1. *Economic Botany* 50(1): 26-39.
- Benito-Bautista P., N. Arellanes-Juárez, y M.E. Pérez-Flores. 2016. Color y estado de madurez del fruto de tomate de cáscara. *Agronomía. Mesoamericana* 27(1): 115-130.
- Bojacá C.R., Luque N.Y., Monsalve O.I. 2009. Análisis de la productividad del tomate en invernadero bajo diferentes manejos mediante modelos mixtos. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*. 3(2):188-198.
- Bonilla-Barrientos O., R. Lobato-Ortiz., J. J. García-Zavala., S. Cruz-Izquierdo., D. Reyes-López., E. Hernández-Leal y A. Hernández-Bautista. 2014. Diversidad agronómica y morfológica de tomates arriñonados y tipo pimiento de uso local en Puebla y Oaxaca, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 37(2): 129-139.

- Cantín C. 2009. Estudio agronómico y de la calidad del fruto del melocotonero (*P. persica* (L.) Batsch) en diferentes poblaciones de mejora para la selección de nuevos cultivares. Tesis de Ph.D. en Tecnología de Alimentos. Universidad de Zaragoza. Zaragoza, Aragón. España.
- Cantwell M., S. Stoddard, M. LeStrange, and B. Aegerter. 2007. Report to the California Tomato Commission. Tomato variety trials: postharvest evaluations for 2006. UCCE Fresh Market Tomato Variety Trial 2006 Postharvest Evaluation. UC Davis, Davis Ca. USA. 16 p.
- Cantwell M., S. Stoddard, M. LeStrange, J. Mickler, R. Mullen and X. Nie. 2006. Report to the California Tomato Commission. Tomato variety trials: postharvest evaluations for 2005. UCCE Fresh Market Tomato Statewide Report 2005 Postharvest. UC Davis, Davis CA. USA. 14 p.
- Carrillo R., J. C. y J. L. Chávez. 2010. Caracterización agromorfológica de muestras de tomate de Oaxaca. Revista Fitotecnia Mexicana 33(4): 1-6.
- Chávez Servia J. L., J. C. Carrillo, A. M. Vera, E. Rodríguez y R. Lobato. 2011. Utilización Actual y Potencial del Jitomate Silvestre Mexicano. Subsistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (SINAREFI), Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, CIIDIR-Unidad Oaxaca del Instituto Politécnico Nacional e Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, México. 72 p.
- Crisanto-Juárez A. U., A. M. Vera-Guzmán, J. L. Chávez-Servia y J. C. Carrillo-Rodríguez. 2010. Calidad de frutos de tomates silvestres (*Lycopersicon esculentum* Var. *Cerasiforme Dunal*) de Oaxaca, México. Revista Fitotecnia Mexicana 33(4):7-13.
- Doebley J. F., S. Gaut and B. Smith. 2006. The molecular genetics of crop domestication. Cell. 127: 1309-1321.
- Engels J. M. M., A. W. Eber, I. Thormann and M. C. de Vicente. 2006. Centers of crop diversity and/or origin, genetically modified crops and implications for plant genetic resources conservation. Genetic Resources and Crop Evolution 53(8): 1675-1688.
- Flores-González D., M. Sandoval-Villa., P. Sánchez-García., P. Ramírez-Vallejo. and M. N. Rodríguez-García 2012. Yield of native genotypes of tomato as affected by electrical conductivity of nutrient solution. Acta Horticulture 947(947):69-76.
- Flores-González D. 2011. Conductividad eléctrica de la solución nutritiva en el rendimiento y calidad de tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill.), nativos cultivados en invernadero. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo Estado de México. 60 pp.
- Foolad R. M. 2007. Genome Mapping and Molecular Breeding of Tomato. International Journal of Plant Genomics. 52 p.
- Gaspar-Peralta P., J.C. Carrillo-Rodríguez, J. L. Chávez-Servia, A. M. Vera-Guzman y I. Pérez-León. 2012. Variación de caracteres agronómicos y licopeno en líneas avanzadas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Revista Internacional de Botánica Experimental. Argentina 81(1): 15-22.

- Grandillo S., H. Ku and S. D. Tanksley. 1996. Characterization of *fs8.1*, a major QTL influencing fruit shape in tomato. *Molecular Breeding* 2(1): 251-260.
- IPGRI 1996. Descriptores para el jitomate (*Lycopersicon spp*). Rome.
- Jain S. K. 2000. Human aspects of plant diversity. *Economic Botany* 54(4): 459-470.
- Jenkins J. A. 1948. The origin of the cultivated tomato. *Economic Botany* 2 (4): 379-292. Published by: Springer on behalf of New Yourk Botanical Garden Press Stable URL: <http://www.jstor.org/stable/4251913>. Accessed: 02/05/2009 16:47.
- Jones J. B., P. Jones J., E. Stall, y T. Zitter. 2000. Plagas y enfermedades del tomate. Ed. Mundi Prensa. Madrid, España. Pp. 2-3.
- Juárez-López P., R. Castro-Brindis, T. Colinas-León, P. Ramírez-Vallejo, M. Sandoval-Villa, D. W. Reed, L. Cisneros-Zevallos y S. King 2012. Evaluación de características de interés agronómico de siete genotipos nativos de jitomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) cultivados en hidroponía. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 18(2): 207-216.
- 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 de frutos de siete genotipos nativos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*). *Revista Chapingo. Serie Horticultura* 15(2):5-9.
- López-Camelo. A. F., and P. A. Gómez 2004. Comparison of color indexes for tomato ripening. *Hort. Bras.* 22(3): 534-537.
- Luna G.M.L., Delgado A.A. 2014. Importancia, contribución y estabilidad de antioxidantes en frutos y productos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Revista de Investigación y Difusión Científica Agropecuaria* 18(1): 51-66.
- Maldonado-peralta R., P. Ramirez-Vallejo., V.A. González-Hernández., F. Castillo-González., M. Sandoval-Villa., M. Livera-Munoz., y N. Cruz-Huerta. 2016. Riqueza agronómica en colectas mexicanas de tomates (*Solanum lycopersicum* L.) nativos. *Agroproductividad* 9(12): 68-75.
- Méndez I. I., M. Areli, G. Vera, J. L. Chávez, y J. C. Carrillo R. 2011. Calidad de frutos en variedades nativas Mexicanas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Revista de la facultad de Química Farmacéutica* 18(1): 26-32.
- Minolta K. 2007. Precise color communication. Kónica Minolta Sencng. Inc. Japan. 59 p.
- Peralta I. E. and D. M. Spooner 2007. History, origin and early cultivation of tomato (*Solanaceae*). *In: Genetic Improvement of Solanaceous Crop, 2: Tomato*. M.K. Razdan, A K Mattoo (Eds). Science Publishers. Enfield, New Hampshire, USA. pp: 1-24.
- Ramirez-Vallejo, P. 2010. Conservación y aprovechamiento de la diversidad de poblaciones nativas de jitomate. 6to. Simposio Nacional de Horticultura, Producción de Tomate en el Norte de México. Memorias. Celebrado del 8 al 10 de noviembre de 2010 en Saltillo, Coahuila, México.

- Ramírez-Vallejo P., M. N. Rodríguez, F. Castillo. 2006. Diversidad morfológica en poblaciones de jitomate nativas de México. Instituto de Recursos Genéticos y Productividad. Colegio de Postgraduados. Memorias SIRGEAL.
- Rick M. C. 1978. El Tomate. Investigación y Ciencia. Ed. Scientific American. Barcelona, España. 60p.
- Rick M.C, and M. Holle. 1990. Andean *Lycopersicon esculentum* var. *Ceraciforme*: genetic variation and its evolutionary significance. Econ. Bot. 44(3): 69-78.
- Rick C. M. 1986. Germplasm resources in the wild tomato species. Acta Horticulturae 190:39-48.
- Sanjuan-Lara, F., M. Livera-Muñoz, J.C. Carrillo., M. Sandoval-Villa., C. Perales., P. Ramírez-Vallejo, P. Sánchez. 2015. Tolerancia de líneas nativas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) a la salinidad con NaCl. Interciencia 40(10): 704-709.
- Sanjuan-Lara F.; P. Ramírez V., P. Sánchez G., M. Livera M., M. Sandoval V., J.C. Carrillo R., C. Perales, S. 2014. Variación en características de interés agronómico dentro de una población nativa de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Revista Fitotecnia Mexicana 37(2): 159-164.
- Sanjuan-Lara F. 2013. Portainjertos de tomates nativos (*Solanum lycopersicon* L.) tolerantes a niveles altos de conductividad eléctrica en la solución nutritiva. Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México. 75 pp.
- Santamaría-Basulto F., E. Sauri-Duch, F. Espadas y Gil, R. Díaz-Plaza, A. Larqué-Saavedra, and J.M. Santamaría. 2009. Postharvest ripening and maturity indices for Maradol papaya. Interciencia 34(8):583-588.
- Santiago J., Mendoza M., Borrego F. 1998. Evaluación de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero: criterios fenológicos y fisiológicos. Agronomía Mesoamericana 9(1): 59-65.
- S.A.S. 2002. Statal Análisis System. SAS. Institute Inc, Cary, North Carolina, USA.
- Schauer N., D. Zamir, and A.R. Fernie. 2005. Metabolic profiling of leaves and fruit of wild species of tomato: A survey of the *Solanum lycopersicon* complex. Journal of Experimental Botany 56(410): 297-307.
- Soltani M., R. Alimardani, and M. Omid. 2011. Changes in physico-mechanical properties of banana fruit during ripening treatment. Journal of American Science 7(5):14-19.
- Turhan A. and V. Seniz. 2009. Estimation of certain chemical constituents of fruits of selected tomato genotypes grown in Turkey. Afr. J. Agric. Res. 4(10): 1086-1092.
- Utria E. R. I., A. Cabrera, D. Morales y A. Lores 2005. Crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivadas en diferentes sustratos y niveles de abastecimiento hídrico. Cultivos Tropicales 26(3):31-38.
- Vaughan D. A., E. Balázs and J. S. Heslop-Harrison. 2007. From crop domestication to Super-domestication. Annals of Botany 100(5): 893-901.

Vásquez-Ortiz R., J.C. Carrillo R., y P. Ramírez V. 2010. Evaluación morfo-agronómica de una muestra de jitomate nativo del Centro y Sureste de México. *Naturaleza y Desarrollo*. CIIDIR-IPN Unidad Oaxaca 8(2): 49-64.