

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente A MI PADRE DIOS por darme la vida para llegar a este momento importante de mi formación profesional.

Un fragmento de la oda al tomate:

La calle se llenó de tomates, mediodía, verano, la luz se parte en dos mitades de tomate, corre por las calles el jugo. Tiene luz propia, majestad benigna. El tomate, astro de tierra estrella repetida y fecunda, nos muestra sus circunvoluciones, sus canales, la insigne plenitud y la abundancia sin hueso, sin coraza, sin escamas ni espinas, nos entrega el regalo de su color fogoso y la totalidad de su frescura.

Pablo Neruda

AGRADECIMIENTOS

A mis padres y mi familia que son el pilar en el cual me apoyo siempre, por dotarme de fortaleza y cariño necesarios para salir adelante siempre.

Al Biol. Jorge compañero y amigo por sus consejos y apoyo incondicional.

Al Dr. Eduardo Rodríguez Guzmán por sus valiosos conocimientos y muy atinada guía por confiar en mí para el desarrollo y culminación de la presente investigación. Es un excelente maestro pero sobre todo un gran ser humano.

Al Dr. José Ron, Dr. Jesús Sánchez, Dra. Martha Escoto y Dr. Lino de la Cruz por sus importantes observaciones que contribuyeron a la realización y mejoramiento del trabajo de tesis.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la Beca otorgada.

A todos los que contribuyeron de una manera u otra en mi proceso profesional dentro del posgrado de Biosistemática y Manejo de Recursos Naturales y Agrícolas (BIMARENA). En el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y agropecuarias (CUCBA) de la Universidad de Guadalajara.

RESUMEN

La abundante diversidad del tomate se encuentra en especies silvestres que generalmente mantienen niveles superiores de variación genética, aprovechable para el mejoramiento genético de la especie cultivada. Los parientes silvestres gozan de diversidad genética cuantiosa que supera por mucho a la especie domesticada. Ambas, silvestres y domesticadas, en muchas ocasiones interaccionan para dar lugar al llamado flujo genético, por lo que es urgente evaluar tales parientes silvestres, su estado presente y diseñar trabajos para conservarlas. Las especies silvestres de tomate se encuentran en reservas y asociados a cultivos; en algunas zonas no son consumidas y se les consideran malezas pero es bien sabido que estas son una fuente sustancial de genes. Así pues México es considerado uno de los reservorios más importantes de diversidad de *Solanum lycopersicum* variedad. *cerasiforme*. La presente investigación tuvo como objetivo identificar la diversidad morfológica de poblaciones silvestres de *S. lycopersicum* var. *cerasiforme* provenientes de ocho estados de México por medio de su caracterización en condiciones de invernadero con base en descriptores morfológicos del International Plant Genetic Resources Institute (por sus siglas en inglés, IPGRI). Análisis multivariados permitieron determinar que existió variación morfológica en las 58 accesiones estudiadas provenientes de ocho estados de la República Mexicana (Colima, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Querétaro y Tabasco). Los descriptores morfológicos cuantitativos y cualitativos de hojas, flores, tallo y fruto detectaron cuatro grupos que indican la existencia de características diferentes entre las accesiones estudiadas. Permitieron distinguir entre plantas de mayor follaje, con foliolos más grandes y tallos más gruesos así como frutos de color rojo más intenso, aspectos que se destacaron en las accesiones del grupo I; en contraste las accesiones del grupo IV se distinguen por frutos de color amarillo, follaje de color verde más claro y más reducido en tamaño. El grupo III plantas de menor longitud, entrenudos más cortos, hojas verde oscuro y menor contenido de azúcares en fruto que variaron de color naranja a rojo naranja. En el grupo II se presentaron plantas de menor porte, foliolos más anchos, hoja verde brillante, flores más grandes, eje de los racimos florales más largos; frutos de mayor peso, de color naranja a rojo naranja. En un aspecto interesante es que los grupos no estuvieron constituidos por accesiones procedentes de una sola región.

ABSTRACT

The rich diversity of the tomato is located in wild species that generally maintain higher levels of genetic variation usable for the genetic improvement of farmed species. Wild relatives have considerable genetic diversity that exceeds by far the domesticated species. Both wild and domesticated, often interact to result in so-called gene flow, so it is urgent to assess such wild relatives, its present state and design works to keep them. Tomato wild species are found in reserves and associated crops; in some areas they are not consumed and are considered weed, but it is well known that these are a substantial source of genes. Mexico is considered one of the most important reservoirs of diversity of *S. lycopersicum* var. *cerasiforme*. This research aimed to identify the morphological diversity of wild populations of *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* variety coming from eight States of Mexico through its characterization under greenhouse conditions based on morphological descriptors of the International Plant Genetic Resources Institute (for its acronym in English, IPGRI). Multivariate analyses allowed to determine that morphological variation in 58 accessions studied, They proceed from eight States of Mexico existed (Colima, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Queretaro and Tabasco). Qualitative and quantitative morphological descriptors of leaves, flowers, stems, and fruit led to detected four groups that indicate the existence of different characteristics among the accessions studied. They allowed distinguishing between plants of greatest foliage, with larger leaflets and thicker stems and fruits of more intense red color, issues that were highlighted in the accessions of Group I; In contrast, fruits yellow, green foliage lighter and smaller distinguish the accessions of Group IV. Group III plants shorter, shorter internodes, leaves dark green and lower sugar content in fruit that varied from Orange to red-orange. In Group II were plants of smaller size, wider leaflets, bright green leaf, larger flowers, floral clusters longer shaft; fruits of greater weight, of Orange to red-orange. An interesting aspect is that the groups were not composed of accessions from a single region.

ÍNDICE

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTOS	II
RESUMEN	III
ABSTRACT	IV
I. INTRODUCCIÓN	10
1.1. OBJETIVOS	12
1.1.1. <i>Objetivo general</i>	12
1.1.2. <i>Objetivo específico</i>	12
1.2. HIPÓTESIS	12
II. REVISION DE LITERATURA	13
2.1. IMPORTANCIA DEL TOMATE	13
2.2. ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN	15
2.3. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA	15
2.4. HISTORIA TAXONÓMICA	16
2.5. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DEL TOMATE.....	25
2.6. DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DEL TOMATE SILVESTRE (<i>CERASIFORME</i>).....	28
2.7. FISIOLÓGÍA DEL TOMATE	28
2.8. REPRODUCCIÓN DEL TOMATE	30
2.9. CONDICIONES CLIMÁTICAS PARA EL TOMATE SILVESTRE.....	33
2.10. FUENTES DE VARIABILIDAD	35
2.11. CARACTERES BOTÁNICOS-TAXONÓMICOS	36
2.11.1. <i>Morfoagronómicos</i>	36
2.11.2. <i>Evaluativos</i>	37
2.12. CARACTERIZACIÓN DE LA VARIABILIDAD	38
2.12.1. <i>Caracterización morfológica</i>	40
III. MATERIALES Y METODOS	42
3.1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL EXPERIMENTO	42
3.2. GERMOPLASMA EVALUADO	42
3.3. ESTABLECIMIENTO	46
3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL	48
3.5. VARIABLES MEDIDAS.....	48
3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	52
3.6.1. <i>Análisis de los descriptores cuantitativos-cualitativos</i>	52
3.6.2. <i>Análisis de clasificación conjunto</i>	53
3.6.3. <i>Caracterización climática de los sitios de obtención de las poblaciones</i>	53

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	54
4.1. COMPONENTES PRINCIPALES	54
4.2. ANÁLISIS DE AGRUPAMIENTO	60
4.3. ANÁLISIS BIPLLOT.....	66
4.1. ANÁLISIS DISCRIMINANTE	68
V. CONCLUSIONES.....	69
VI. LITERATURA CITADA	70
APÉNDICE	78

Cuadro 1. Especies de plantas silvestres parientes del tomate cultivado, equivalencias entre *Solanum* y *lycopersicon*; distribución y hábitat (traducido y modificado de Peralta et al. (2006); Peralta et al. (2008), complementado de Vallejo (1999). **19**

Cuadro 2. Localidad, municipio, estado, coordenadas y altitud de lugares de colecta de 58 poblaciones de tomate silvestre de ocho estados de México. **43**

Cuadro 3. Características cuantitativas para la evaluación morfológica de poblaciones silvestres de *Solanum lycopersicum* variedad *cerasiforme* de México. **49**

Cuadro 4. Características cualitativas para la evaluación morfológica de poblaciones silvestres de *Solanum lycopersicum* variedad *cerasiforme* de México. **51**

Cuadro 5. Caracteres que se manifestaron uniformes en todas las accesiones estudiadas de *Solanum lycopersicum* variedad *cerasiforme*. Las Agujas, Nextipac, Zapopan, Jalisco, México. Otoño-invierno 2014. **54**

Cuadro 6. Valores propios y proporción explicada de nueve componentes principales obtenidos a partir de 39 caracteres, en poblaciones silvestres de *Solanum lycopersicum* variedad *cerasiforme* provenientes de ocho estados de México. Las Agujas, Nextipac, Zapopan, Jalisco, México. Otoño-invierno 2014. **56**

Cuadro 7. Vectores propios de nueve componentes principales y suma de coeficientes absolutos por variable, en poblaciones silvestres de *Solanum lycopersicum* variedad *cerasiforme* de México. Las Agujas, Nextipac, Zapopan, Jalisco, México. Otoño-invierno 2014. **57**

Cuadro 8. Grupos de accesiones con base en el método de dGower y la y la técnica mínima varianza de Ward. Para 39 atributos morfológicos en 58 accesiones de *Solanum lycopersicum* variedad *cerasiforme* de México. Las Agujas, Nextipac, Zapopan, Jalisco, México. Otoño-invierno 2014. **62**

Cuadro 9. Estadísticos de temperaturas por grupos de accesiones (Hijmans et al., 2005 (<http://www.worldclim.org/bioclim.htm>)). **64**

Cuadro 10. Estadísticos de precipitaciones por grupos de accesiones (Hijmans et al., 2005 (<http://www.worldclim.org/bioclim.htm>)). **65**

Cuadro 11. Grupos de accesiones de *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* obtenidos a partir de caracterización morfológica. Las Agujas, Nextipac, Zapopan, Jalisco, México. Otoño-invierno 2014. **68**

Cuadro A1. Parámetros estadísticos de 39 caracteres de las 58 poblaciones de tomate silvestre utilizadas en la caracterización morfológica. Las Agujas, Nextipac, Zapopan, Jalisco, México. Otoño-invierno 2014. **79**

Cuadro A2. Parámetros climáticos (temperatura) de 58 localidades de colecta de poblaciones de tomate silvestre utilizadas en la caracterización morfológica. Las Agujas, Nextipac, Zapopan, Jalisco, México. Otoño-invierno 2014. **81**

Cuadro A3. Parámetros climáticos (precipitación) de 58 localidades de colecta de poblaciones de tomate silvestre utilizadas en la caracterización morfológica. Las Agujas, Nextipac, Zapopan, Jalisco, México. Otoño-invierno 2014. **84**

Figura 1: Representación del tono de un color, hay una escala de 10 tonos fundamentales (5 principales y 5 intermedios). La notación de colores y sus valores de escala son: rojo (5r), amarillo-rojizo (15yr), amarillo (25y), amarillo-verdoso (35gy), verde (45g), verde-azulado (55bg), azul (65b), violeta (75pb), púrpura (85p) y rojo-púrpura (95rp)..... **50**

Figura 2. Conformación de grupos de acuerdo al criterio de la pseuestadística f del dendograma para 39 atributos morfológicos en 58 accesiones de *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* de México..... **60**

Figura 3. Dendograma resultado del análisis de agrupamiento bajo el método mínima varianza de ward y distancia de gower para 39 atributos morfológicos en 58 accesiones de *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* de México. Las Agujas, Nextipac, Zapopan, Jalisco, México. Otoño-invierno 2014.**61**

Figura 4. Gráfico biplot para los dos primeros componentes principales de 39 variables y 58 accesiones de *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* de México. Las Agujas, Nextipac, Zapopan, Jalisco, México. Otoño-invierno 2014.....**67**

INTRODUCCIÓN

El tomate cultivado (*Solanum lycopersicum* sinónimo *Lycopersicon esculentum*) es la hortaliza más difundida y es considerada la de mayor importancia en el mundo en términos económicos (Nuez, 2001). La superficie anual sembrada con tomate a nivel mundial es de cuatro millones de hectáreas, es el segundo vegetal más cultivado en el mundo después de la papa (*Solanum tuberosum* L). A nivel mundial el consumo per cápita es de 12 kg, mientras que en países como Egipto, Italia, Israel, Turquía y los Emiratos Árabes alcanza 60-70 kg per cápita (Peralta and Spooner, 2007). En México se siembra una superficie de 48,234.01 hectáreas (ha) a nivel nacional donde se producen 2, 694, 358. 19 toneladas (t) con un rendimiento promedio de 57.2 t/ha y un valor de producción de \$ 15, 045,508.72 pesos (Sistema de Información Agropecuaria y Pesquera, 2013) México sólo consume 37% de lo que produce de tomate rojo, el resto se exporta a Estados Unidos y Canadá, con 95 y 5% de participación, respectivamente, lo que significa que la red de valor de tomate rojo depende en su mayoría de las exportaciones y está supeditado a sólo un mercado, es por ello que sus retos más importantes para lograr su expansión son: 1) Desarrollar el mercado interno que tiene un consumo aparente per cápita de 13 kilogramos (kg), por debajo del consumo mundial per cápita de 17 kg al año, 2) diversificación de mercados y 3) diferenciación de productos.

Durante el periodo de 2003 a 2013, la superficie sembrada bajo riego registró una Tasa de Crecimiento Media Anual (TCMA) negativa de -3.41%, con un promedio en dicho periodo de 52,185 ha del volumen de la producción; no obstante, tuvo un crecimiento positivo de 2.39%, con un promedio de 2.10 millones t, ello derivado de un incremento de los rendimientos en el mismo periodo, a un ritmo positivo de 8.33% y un promedio de 42.39 t/ha, teniendo un incremento espectacular en el 2012 y el 2013 con 63.94 t/ha y 67.39 t/ha, respectivamente, en las zonas de riego. Dicho incremento ha sido por la emigración hacia la agricultura protegida, que aparte de mejorar los rendimientos unitarios, permite administrar los riesgos que el cultivo puede sufrir durante su ciclo productivo, como heladas, granizadas, plagas y enfermedades. En el periodo analizado, Sinaloa fue el que más superficie cosechó, con un registro de 18,088 ha y una TCMA negativa de -3.23%, le siguen en importancia Michoacán; Baja California; San Luis Potosí, y Baja California Sur, que también registran tendencias decrecientes en las superficies sembrada y

cosechada. El estado que registra los rendimientos más altos es Querétaro, con un promedio de 118.57 t/ha y una TCMA de 11.82%. En el 2013 tuvo un rendimiento promedio de 204.4 t/ha, lo anterior por el incremento que se ha tenido en la superficie establecida con invernaderos de alta tecnología en el agroparque de Ajuchitlán y otros polos de desarrollo, donde FIRA (Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura), mediante acciones de promoción de la Residencia Estatal Querétaro, ha financiado varios proyectos a través de la banca participante, con una cartera acumulada de 500 millones de pesos. De las 111.5 hectáreas establecidas con invernaderos de alta tecnología, FIRA ha financiado 75.5 ha, que representan 67% de la superficie beneficiada con este tipo de inversiones (Michel, 2014).

El tomate silvestre (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* sinónimo *Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*) conocida vulgarmente también como tomate cereza, jaltomate, pajarito, ojo de venado, tinguaraque, chaltomate, tomatillo, ojo de liebre, jitomatillo entre otros (Rodríguez et al., 2009), es considerada como la forma ancestral del tomate cultivado y se encuentra distribuido en las regiones tropicales y subtropicales del mundo. La abundante diversidad del tomate se encuentra en especies silvestres, las que generalmente mantienen niveles superiores de variación genética que puede ser aprovechable para el mejoramiento genético de la especie cultivada. Los parientes silvestres gozan de diversidad genética cuantiosa que supera por mucho a la especie domesticada. Ambas, silvestres y domesticadas, en muchas ocasiones interaccionan para dar lugar al llamado flujo genético, por lo que es urgente evaluar tales parientes silvestres, su estado presente y diseñar trabajos para conservarlas. Las especies silvestres de tomate se encuentran en reservas y asociados a cultivos; en algunas zonas no son consumidas y se les consideran malezas pero es bien sabido que estas son una fuente sustancial de genes. Así pues México es considerado uno de los reservorios más importantes de diversidad de *S. lycopersicum* var. *cerasiforme*.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura mundialmente conocida por sus siglas en inglés: Food and Agriculture Organization (FAO) ya ha mencionado que a principios del siglo se ha perdido 75% de la diversidad genética en especies de importancia agrícola debido a la llamada mejora tecnológica y recomienda que la producción agrícola debe ser sostenible: explotar los recursos sin comprometer el capital natural, como es la

biodiversidad. La comunidad científica ha destacado el problema que hay con la falta de investigación en la caracterización morfológica y evaluación agronómica de las colecciones de germoplasma (Ordás et al., 1994), por lo cual esta investigación contribuye a consolidar el rescate, conservación y la utilización de la especie silvestre de *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* en México

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Caracterizar morfológicamente las poblaciones silvestres *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* provenientes de ocho estados de México.

1.1.2. Objetivo específico

Identificar la diversidad morfológica de poblaciones *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* provenientes de ocho estados de México.

1.2. Hipótesis

Existe variabilidad morfológica entre poblaciones silvestres de *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* provenientes de ocho estados de México.

REVISION DE LITERATURA

1.3. Importancia del tomate

La oferta de tomate es grande y diversificada en toda la región de Norteamérica (Estados Unidos, Canadá y México), se comercializan variedades producidas a cielo abierto, en casas sombra e invernaderos; tomates cultivados tradicionalmente en suelo, tomates hidropónicos y orgánicos, cuya presencia en el mercado es cada vez mayor. Además es un importante componente en la dieta de los mexicanos y de otras naciones. A nivel mundial el consumo per capita por año de tomate promedia 12 kg, mientras que en países como Egipto, Italia, Israel, Turquía y los Emiratos Árabes es de 60-70 kg per cápita por año (Peralta y Spooner, 2007). Es una rica fuente de nutrientes especialmente de vitaminas A y C, y minerales como potasio, fósforo, y magnesio (Ensminger et al., 1995).

En el tomate maduro, el carotenoide mayoritario es el licopeno un importante antioxidante celular que lo contiene en aproximadamente en un 83% y en porcentaje también importante, se encuentra el β -caroteno, entre un 3-7%, y otros como son el γ -caroteno, tienen actividad pro-vitamínica A, fitoeno, fitoflueno, etc. (CONABIO 2015). El licopeno también ha mostrado un efecto benéfico sobre la próstata o dificultades en la orina que acompañan a este problema. Un medicamento homeopático se elabora a partir de la planta, usado en reumatismo y dolores de cabeza severos. El aprovechamiento del tomate y de sus propiedades nutritivas parece cobrar una nueva dimensión. A las distintas investigaciones orientadas a valorar el beneficio del licopeno contenido en su piel, compuesto asociado a la prevención de cáncer de próstata y de enfermedad cardiovascular, ahora debe añadirse el interés por incrementar la presencia de vitamina C y antioxidantes (Agarwal y Rao, 2000).

En México, como en otras partes del mundo, se prefiere consumir el tomate fresco, pero también es utilizado como producto industrializado para elaborar pastas, salsas, purés, jugos, etc., gracias a los avances tecnológicos para su procesamiento y a las modificaciones en los gustos, lo que exige calidad en cuanto a su distribución y venta en fresco, determinando y condicionando nichos de mercado.

Existen varias clasificaciones del tomate, de acuerdo a su crecimiento, color o forma, siendo ésta última la que ha predominado para su comercialización en nuestro país; destacan principalmente el "tomate bola" y "saladete o guajillo" que son las de mayor producción, sin olvidar el "cherry" cuya participación en la producción es reducida (Sistema de Información Agropecuaria y Pesquera, 2002).

México, junto con otros 17 países, alberga entre el 60 y el 70 % de la biodiversidad total del planeta, considerándosele por esta razón como país megadiverso (Mittermeier et al., 1997). Además, es considerado como el centro de domesticación de cultivos como el maíz *Zea mays* subsp. *parviglumis* –teosinte- (Hernández, 1998), el chile *Capsicum annuum* var. *aviculare* (Pozo et al., 1991), Calabaza *Cucurbita moschata* (Vavilov, 1992), papa *Solanum demissum* (Ross, 1986), entre otros.

Los cambios evolutivos más importantes debido a la domesticación son reducción de la base genética, modificación del sistema reproductivo e incremento del tamaño del fruto. De acuerdo con Nuez et al. (1996) el tomate cultivado presenta una estrecha base genética. Los parientes silvestres de las plantas cultivadas generalmente mantienen elevados niveles de variación genética (Doebley, 1989). El conocimiento de los niveles de variación genética y de su distribución dentro de las poblaciones es un aspecto básico para la conservación, aprovechamiento y utilización racional de esta variación; este conocimiento es de gran importancia no solo para los fitomejoradores sino para todos los interesados en el uso, manejo y conservación de los recursos genéticos.

El germoplasma de los parientes silvestres y los materiales nativos de las plantas cultivadas son un recurso genético de gran utilidad dado que en él encontramos un acervo de genes que pueden contribuir en la solución de problemas que enfrenta la agricultura moderna, tales como tolerancia o resistencia a sequía, plagas o enfermedades, incremento de la calidad y cantidad de la producción (Harlan, 1976; Stalker, 1980; Sánchez Peña, et al., 1995; Sánchez Peña et al., 2006; O'Connell et al., 2007).

México junto con Perú, cuentan con importantes recursos fitogenéticos de tomate (principalmente materiales criollos) que se pueden usar como fuente de nuevos y novedosos caracteres agronómicos y hortícolas. Programas de mejoramiento actuales buscan incorporar

características de resistencia a factores bióticos, abióticos y alta calidad nutricional, a través de retrocruzamientos e introgresión; en el pasado varios de los nuevos caracteres que hoy en día podemos encontrar en las variedades comerciales de tomate fueron tomados de variedades criollas o parientes silvestres debido a que el tomate a través del proceso de domesticación ha sufrido lo que es llamado “bottlenecks” o cuellos de botella, donde gran parte de la diversidad genética de la especie se ha perdido a través del proceso de domesticación y selección (Rick and Yoder, 1988).

La pérdida de la variación genética, presente de manera natural en las poblaciones silvestres es el costo de la modernidad en la agricultura. Como ejemplo de la rápida pérdida de la diversidad genética se puede mencionar que en Estados Unidos la mayoría de variedades silvestres de plantas cultivadas históricamente, actualmente ya no se localizan, En el caso de tomate se ha perdido el 81% de las variedades tradicionales (Hawkes et al, 2000).

1.4. Origen y distribución

La palabra tomate surge a partir de 1695 por viajeros botánicos quienes retomaron la palabra tomate proviene del náhuatl xitomatl, como era nombrada por los aztecas.

El centro de origen del tomate es la región andina que hoy comparten Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Chile. Pero su domesticación se inició en el sur de México y norte de Guatemala. Las representaciones silvestres de “tomate cereza”, *S. lycopersicum* var. *cerasiforme*, originarias de Perú, migraron a través del Ecuador, Colombia, Panamá y América Central hasta llegar a México, donde fue domesticado (Jaramillo et al., 2007).

1.5. Clasificación taxonómica

Se acepta la denominación de *Lycopersicum esculentum* Mill. en correspondencia al Código Internacional de Nomenclatura Botánica pero se ha propuesto *Lycopersicum* dentro del género *Solanum* debido a su parentesco genético (Peralta y Spooner 2000,2001). Y aceptado como sinónimos *Lycopersicum esculentum* Mill. y *Solanum lycopersicum* L. (Spooners et al., 1993, 2005).

Su actual clasificación taxonómica es la siguiente:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida (dicotiledónea)

Subclase: Asteridae

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Género: *Solanum*

Especie: *S. lycopersicum*

Variedad: *cerasiforme*

Esta clasificación está de acuerdo con el Sistema Integrado de Información Taxonómica de Norteamérica (Integrated Taxonomic Information System of North América, ITIS).

1.6. Historia taxonómica

Inicialmente el tomate cultivado fue designado como *Solanum lycopersicum* L. por Karl Von Linnaeus, en 1753 (Peralta *et al.* 2006); clasificación que mantuvieron autores como Jussieu (1789) (Peralta y Spooner, 2000); Wettstein, (1895); MacBride, (1962); Seithe, (1962); Heine, (1976); Fosberg, (1987); D'Arcy, (1972); Child, (1990) (citados por Spooner *et al.*, 1993).

En 1694, J. P. Tournefort fue el primero en considerar al tomate cultivado distinto de *Solanum* y empleó el término griego *Lycopersicon*. En 1731, Philip Miller empleó este mismo nombre y en 1754 lo estableció como género (Peralta *et al.*, 2006); esta clasificación fue reconocida por autores como Dunal (1813 y 1852); Bentham & Hooker (1873); Muller (1940); Luckwill (1943); Correll (1958); D'Arcy (1972, 1987, 1991); Hunziker (1979); Rick (1979, 1988); Rick *et al.* (1990); Symon (1981, 1985); Taylor (1986); Warnock (1988); Hawkes (1990) (citados por Peralta y Spooner, 2000).

La diferencia inicial entre los dos géneros se basó en la morfología de la antera de la flor, normalmente con cinco anteras. El género *Solanum* presenta los sacos de las anteras sin un apéndice estéril, dehiscentes por un poro apical que eventualmente puede extenderse en una abertura hacia abajo, cercana a la mitad. En tanto que *Lycopersicon* presenta los estambres

fusionados en un cono y los sacos de las anteras prolongados en un apéndice sésil elongado y aplanado, dehiscente a lo largo de su superficie interna desde el ápice hasta o cercano a la base (Correll, 1962; Taylor, 1986).

Algunos autores como Rick (1973, 1976); Esquinas-Alcazár (1981); Hancock (1992), han reconocido a la variedad *cerasiforme*, la forma silvestre, como ancestro del tomate cultivado con base en su amplia distribución en Centroamérica y la presencia de un estilo corto en las flores. Esta planta se ha identificado a través del tiempo con diferentes denominaciones taxonómicas:

Lycopersicon esculentum P., *L. e.* var. *cerasiforme* (Dunal) A. Gray,

Lycopersicum esculentum Mill. var. *cerasiforme* (Dun.) Mill., (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [Conabio], 2008);

Solanum lycopersicum L. (D'Arcy, 2001);

Lycopersicon cerasiforme Dunal,

L. esculentum ssp. *galenii* (P. Mill) Luckwill var. *cerasiforme* (Dunal) Alef. , var. *leptophyllum* (Dunal) D'Arcy,

L. lycopersicum var. *cerasiforme* (Dunal) Alef (Integrated Taxonomic Information System [ITIS], 2008);

L. lycopersicum (L.) Karst. ex Farw. var. *cerasiforme* (Dunal) Alef (Natural Resources Conservation System [NRCS], 2008).

En la actualidad, ITIS y el sistema de conservación de recursos naturales (NRCS), emplean el nombre *Solanum lycopersicum* L. var. *cerasiforme* (Dunal) Spooner, G.J. Anderson & R.K. Cansen.

La clasificación taxonómica del tomate propuesta por Muller (1940) subdividió al género *Lycopersicum* en:

- a) *Eulycopersicon*, especies de fruto de colores, principalmente rojo;
- b) *Eriopersicon*, especies de fruto verde;

La clasificación realizada por Brezhnev (1958, 1964) estuvo repleta con taxa subespecíficos, clasificó plantas con fruto pequeño como “subsp. *subspontaneum*”, indicando su creencia de que éstas plantas representaron formas ruderales o menos desarrolladas del tomate cultivado. Reconoció seis variedades de ésta subespecie: “*cerasiforme*”, “*pyriforme*”, “*pruniforme*”, “*elongatum*”, “*humboldtii*” y “*succenturiatum*” (Natural History Museum, 2009)

Rick (1976) lo dividió en:

- a) Especies que fácilmente se cruzan con el tomate comercial (Complejo *esculentum*);
- b) Aquellas que no pueden cruzarse (Complejo *peruvianum*).

Taylor (1986) consideró al género constituido por la especie cultivada *esculentum* y siete especies silvestres relacionadas.

Harlan y De Wet (1971) (citados por Vallejo, 1999), reconocieron al tomate y a sus parientes silvestres dentro del género *Lycopersicon* y basados en el concepto biológico de especie lo dividieron en tres conjuntos génicos:

- i. Conjunto primario (GP1), al cual pertenecen *L. esculentum*, *L. esculentum* var. *cerasiforme*, *L. pimpinellifolium* y *L. cheesmanie*;
- ii. Conjunto secundario (GP2), que incluye a *L. hirsutum*, *L. parviflorum*, *L. chmielewskii*, *L. pennelli*; y
- iii. Conjunto terciario (GP3) que contempla a *L. peruvianum* y *L. chilense*.

Peralta y Spooner (2006) y Peralta et al. (2005, 2008), con base en estudios moleculares reagruparon al tomate y sus parientes silvestres en el género *Solanum* sección *lycopersicum*.

En sus últimos estudios Peralta et al. (2008) ya no reconocen un taxón por debajo de la categoría de especie, debido a que consideran que es imposible diferenciar entre la forma silvestre y la cultivada a partir de especímenes de herbario, por lo que muchos ejemplares catalogados como var. *cerasiforme* (Cuadro 1), en realidad podrían ser formas revertidas de la especie cultivada o posibles híbridos de las plantas silvestres con taxa tipo maleza (Ranc et al., 2008).

Cuadro 1; **Error! Marcador no definido.** Especies de plantas silvestres parientes del tomate cultivado, equivalencias entre *Solanum* y *Lycopersicon*; distribución y hábitat (traducido y modificado de Peralta et al. (2006); Peralta et al. (2008), complementado de Vallejo (1999).

<i>Solanum</i>	<i>Lycopersicon</i>	Distribución; hábitat	Sistema y caracteres de interés para mejoramiento
Sección <i>Lycopersicon</i> Grupo <i>Lycopersicon</i>			
<i>S. lycopersicum</i> L.	<i>L. esculentum</i> Miller	Distribución mundial en variedad de hábitats, desde nivel del mar hasta 4000 m, en cultivo o dispersa fuera del cultivo, muchas tienen fruto pequeño. Se considera en esta especie a <i>cerasiforme</i> como una forma que no se diferencia del cultivado.	Autocompatible y alógama facultativa. Tolerancia a la humedad, Resistencia a <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>radidicis-lycopersici</i> , <i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i> , <i>Alternaria solani</i> . <i>Cerasiforme</i> se cruza fácilmente con el tomate cultivado, se ha encontrado resistencia a <i>Pseudomonas solanacearum</i> , <i>Fulvia fulva</i> , <i>Phytophthora infestans</i> , <i>Alternaria solani</i> y <i>Verticillium albo-atrum</i> , nemátodos.
<i>S. pimpinellifolium</i> L.	<i>L. pimpinellifolium</i> (L.) Miller	Centro de Ecuador a centro de Chile; hábitats costeros secos; 0–500 m, excepcionalmente arriba de 1400 m.	Estrechamente relacionada con <i>S. lycopersicum</i> (con algunas introgresiones naturales), autocompatible, autógena, se cruza de manera recíproca. Contribuye a mejorar color y calidad de fruto. Resistencia a insectos, nemátodos, <i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i> (Raza 0), <i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i> (Raza 1), <i>Fulvia fulva</i> , (Cf-2, Cf-3, Cf-5, Cf-6), <i>Stemphyllium solani</i> , <i>Verticillium dahliae</i> y <i>V. albo-atrum</i> , <i>Phytophthora infestans</i> , Virus TSW, <i>Corynebacterium muchiganense</i> , <i>Pseudomonas solanacearum</i> , <i>Didymella lycopersici</i> , <i>Septoria lycopersici</i> .

<i>S. cheesmaniae</i> (L. Riley) Fosberg	<i>L. cheesmaniae</i> L. Riley (incorrectamente <i>cheesmanii</i>)	Endémica de Islas Galápagos, Ecuador; amplia variedad de hábitats; de nivel del mar a 500 m.	Estrechamente relacionada a <i>S. galapagense</i> . Presenta autogamia completa, muchas poblaciones son prácticamente líneas puras sin embargo otras tienen variabilidad. En el cruzamiento se pueden presentar barreras pos-cigóticas, resultando híbridos F1 poco vigorosos con fructificación baja. Se cruza de manera recíproca con la especie cultivada. Presenta tolerancia a sales (alta tolerancia de las células al sodio), lepidópteros y virus. Además presenta genes involucrados en la retención de frutos (ausencia de la capa de abscisión) y del grosor del pericarpio del fruto.
<i>S. galapagense</i> Darwin & Peralta	Parte de <i>L. cheesmaniae</i> Riley (antes <i>minor</i>)	Endémica de Islas Galápagos; ocurre en lava costera hasta 1 m de la marca de la marea alta, dentro de la zona de brisa del mar, de vez en cuando tierra adentro; de nivel del mar a 50 m.	Especie estrechamente relacionada a <i>S. cheesmaniae</i> . La subespecie <i>minor</i> considerada como parte de <i>L. cheesmaniae</i> prefiere bajas altitudes, crece muy bien en litoral salino (playas) de las islas. Fuente de resistencia a salinidad.

Grupo Neolycopersicon

<i>Solanum pennellii</i> Correll	<i>Lycopersicon pennellii</i> (Correll) D'Arcy	N Perú (Piura) a N Chile (Tarapaca) – 8 a 16 ° S-; laderas rocosas áridas y áreas arenosas; hábitats cálido seco pero sujeto a rocío y niebla (tiene muchos estomas adaxiales y pobre sistema radicular); del nivel del mar a 2300 m.	Autoincompatible, con pocas excepciones, altamente variable. Es posible obtener híbridos con <i>L. esculentum</i> . Se adapta a ambientes de sequía extrema, debido a su capacidad de absorber humedad atmosférica y retenerla en los tejidos foliares.
----------------------------------	--	---	---

Grupo Eriopersicon

<p><i>S. habrochaites</i> S. Knapp & Spooner <i>S. L. hirsutum</i> Dunal</p>	<p>Centro de Ecuador a centro de Perú, en inclinaciones occidentales de los Andes; en variedad de bosque premontano a bosques secos; 200-3300 m, típicamente en elevaciones altas en suelos húmedos bien drenados.</p>	<p>Obligatoriamente alógama por autoincompatibilidad, presenta sub-especies autocompatibles; en cruzamiento con tomate cultivado puede actuar como planta macho. Variabilidad genética relacionada con diferencias regionales. Se caracteriza por plantas robustas, de gran tamaño, vellosidades muy densas y olor fuerte característico que la distingue de las demás especies. En <i>L. hirsutum</i> se consideran <i>tipicum</i> y <i>glabratum</i>, que se diferencian por densidad de tricomas. Presenta tolerancia al frío y daños por congelamiento; resistencia a insectos (pelos glandulares), Virus del mosaico del tabaco (TMV), <i>L. hirsutum</i> (Cf-4), <i>Corynebacterium michiganense</i>, <i>Alternaria solani</i>.</p>
<p><i>S. huaylasense</i> Peralta Parte de <i>L. peruvianum</i> Miller</p>	<p>N Perú (Ancash); pendientes rocosas de Callejón de Huaylas a lo largo del Río Santa y en el drenaje adyacente al Río Fortaleza; 1700–3000 m.</p>	
<p><i>S. corneliomuelleri</i> J.F. Macbr Parte de <i>L. peruvianum</i> Miller; conocida como <i>L. glandulosum</i> Mull.</p>	<p>Centro a S. de Perú, inclinaciones Occidentales de los Andes; deslaves de tierra e inclinaciones rocosas; (40)200–3300 m.</p>	<p>Autoincompatible, alógama y no se cruza con la especie cultivada.</p>

<i>S. peruvianum</i> L. Miller	<i>L. peruvianum</i> (L.) Miller	Centro de Perú (Ancash) a N Chile (Región II); en lomas en formaciones costeras y ocasionalmente en desiertos costeros, a veces como maleza en borde de campos de cultivo en valles en riberas de ríos; de nivel del mar a 600 m.	Exhibe alogamia con estricta autoincompatibilidad, se encuentra completamente separada de las demás especies, no se cruza con la especie cultivada salvo que en ocasiones ha sido posible superar las dificultades técnicas lo que repercute en dificultades para producir híbridos interespecíficos. Resistencia a <i>Pyrenochaeta</i> , <i>Meloidogyne</i> spp. Virus del mosaico del tabaco (TMV), Virus TSWV y TYLCV y <i>Fulvia fulva</i> .
<i>Solanum chilense</i> (Dunal) Reiche	<i>Lycopersicon chilense</i> Dunal	En la vertiente oeste de los Andes desde el departamento de Tacna en el sur de Perú hasta el Norte de Chile, en zonas muy áridas, planicies rocosas y desiertos costeros desde el nivel del mar hasta los 2000 m.	Economía hídrica basada en un sistema radicular profundo. Autoincompatible. Alógama
<i>S. legama</i> (Dunal) Reiche	<i>L. legama</i> Dunal	S Perú (Tacna) a N Chile (Región II); en llanos rocosos muy áridos y desiertos costeros, crece en el lecho de ríos secos; de nivel del mar a 3250 m.	Alógama, autoincompatible con pocas excepciones. Tradicionalmente se ha agrupado con <i>L. peruvianum</i> en un sub-género, separada de las demás especies por una severa barrera de incompatibilidad. La hibridación con <i>L. esculentum</i> , donde puede actuar como planta macho, es relativamente mejor que con <i>L. peruvianum</i> , debido a barreras post-singámicas. Resistente a la sequía, prefiere los sitios muy secos y presenta un sistema radical muy profundo que incrementa su capacidad de absorción de agua.

Grupo Arcanum

<i>S. arcanum</i> Peralta	Parte de <i>L. peruvianum</i> (L.) Miller	N Perú, valles costeros y tierra adentro en los Andes; lomas, valles áridos y pendientes rocosas áridas; de 100 a 2800 m.	
<i>S. chmielewskii</i> (C.M. Rick, Kesicki, Fobes & M. Holle) D.M. Spooner, G.J. Anderson & R.K. Jansen	<i>L. chmeilewskii</i> C.M. Rick, Kesicki, Fobes & M. Holle	S Perú (Apurímac) a N Bolivia (La Paz); Valles altos áridos en los Andes; 600–3200 m.	Simpátrica con <i>S. neorickii</i> . Es autocompatible con algo de polinización cruzada, moderadamente variable, se puede cruzar de manera recíproca con <i>L. esculentum</i> ; es fuente de alto contenido de azúcar en frutos.
<i>S. neorickii</i> (C.M. Rick, Kesicki, Fobes & M. Holle) D.M. Spooner, G.J. Anderson & R.K. Jansen	<i>L. parviflorum</i> C.M. Rick, Kesicki, Fobes & M. Holle	S Ecuador (Azuay) a S Perú (Apurímac); Valles áridos inter Andinos, frecuentemente postradas sobre bancos de piedras y en bordes de carreteras; (920)1950–2600 m.	Simpátrica con <i>S. chmielewskii</i> , probablemente evolucionó de esta especie. Aún no se ha reportado introgresión natural entre ellas.

Sección Lycopersicoides

<i>Solanum</i>	<i>Lycopersicon</i>	S de Perú a N de Chile. Desiertos muy altos y secos en las pendientes occidentales de los Andes
<i>Lycopersicoides</i> Dunal	<i>Lycopersicoides</i> (Dunal in DC.) A. Child ex J.M.H. Shaw	

<i>Solanum sitiens</i>	<i>Lycopersicon sitiens</i>	(I.M. Johnst.)	S de Perú a N de Chile. Desiertos muy altos y secos en las pendientes occidentales de los Andes
I.M. Johnst.	Johnst.)	J.M.H.	
	Shaw		

Sección Juglandifolia

<i>Solanum juglandifolium</i>	<i>Lycopersicon ochranthum</i>	(Dunal)	Colombia, Ecuador, y Perú, Bosques con neblina, plantas en áreas abiertas, árboles caídos o a lo largo de riachuelos o caminos donde es elevada la intensidad de luz.
Dunal	Shaw	J.M.H.	

<i>Solanum ochranthum</i>	<i>Lycopersicon juglandifolium</i>	(Dunal)	Colombia, Ecuador, y Perú, Bosques con neblina, plantas en áreas abiertas, árboles caídos o a lo largo de riachuelos o caminos donde es elevada la intensidad de luz.
Dunal	Shaw	J.M.H.	

1.7. Descripción botánica del tomate

Planta perenne de porte arbustivo, pero que se cultiva como planta anual. Puede desarrollarse de forma rastrera, semierecta o erecta. Existen variedades de crecimiento limitado (determinadas) y otras de crecimiento ilimitado (indeterminadas).

2.5.1 Raíz

El tomate presenta una raíz principal (corta y débil), raíces secundarias (numerosas y potentes) y raíces adventicias. Seccionando la raíz principal y observando de fuera hacia dentro se observa la epidermis, donde se ubican los pelos adsorbentes especializados en extraer agua y nutrientes.

La planta de tomate tiene un sistema radical notablemente desarrollado y extendido. El patrón de distribución varía entre plantas establecidas en siembra directa donde la raíz principal es más larga y gruesa, o en plantas trasplantadas donde la raíz principal es débil y corta, pero el sistema secundario es muy ramificado; algunas raíces alcanzan 150 cm de longitud, la mayor parte se sitúan en la capa arable, que va desde los 5 hasta los 60-70 cm (González, 1991).

2.5.2 Tallo

El tallo es de consistencia herbácea, tiende a lignificarse en plantas viejas (León, 1987). En las plantas jóvenes inicialmente es cilíndrico, pero luego se torna angular; en las ramas jóvenes es triangular.

La estructura de la planta es de un simpodio. El tallo principal forma de 6 a 12 hojas, que crecen lateralmente con un filotaxia 2/5, antes de que la yema principal se transforme en una inflorescencia. El crecimiento subsiguiente se produce a partir de la yema axilar de la última hoja, la cual desarrolla un tallo secundario que crece como una prolongación del tallo primario y desplaza lateralmente a la inflorescencia. Los sucesivos segmentos del tallo se desarrollan de forma similar, produciendo una inflorescencia cada tres hojas. El aspecto es el de un tallo principal, que crece de forma continua con inflorescencias internodales laterales cada tres hojas. Los segmentos sucesivos del eje principal soportan, de forma progresiva, un número inferior de hojas que terminan en una

inflorescencia. El sistema de ramificación lateral, como el sistema primario, experimentan crecimiento, dando a la planta un aspecto arbustivo con simetría circular (Chamarro, 1995; Curtis, 1996).

2.5.3 Hoja

La forma de la hoja del tomate es muy variada y depende en gran parte de las condiciones ambientales, además del control genético directo; se ha observado que mutaciones simples en tomate dan como resultado grandes cambios en la forma de las hojas (Weier et al., 1980). Las hojas son suaves y carnosas, con una capa de células en empalizada debajo de la epidermis superior y numerosos estratos de parénquima, con abundantes espacios intercelulares (León, 1987). Chamarro (1995) reporta que las hojas de tomate son pinnado compuestas. Una hoja típica de las plantas cultivadas tiene aproximadamente 0.5 m de largo y un poco menos de ancho, con un gran folíolo terminal y hasta grandes folíolos laterales que pueden ser compuestos.

2.5.4 Flor

Las flores del tomate son hermafroditas, hipóginas, regulares, de corola color amarillo verdoso, amarillo canario o naranja, con seis pétalos persistentes de forma estrellada, que forman un tubo corto en la base y se abren en un solo plano, con el ápice hacia fuera cuando la flor está completamente abierta; carecen de vellos glandulares. Miden aproximadamente 2 cm de diámetro con pedicelos de 1 a 2 cm de largo, con un engrosamiento a la mitad que corresponde a la superficie de abscisión. El cáliz es verde y persistente en forma de tubo corto terminado en 5 a 10 estambres, generalmente 6 en los cultivares comerciales, están insertados sobre el tubo corto de la corola, con filamentos cortos, forman una columna irregular. Las anteras miden aproximadamente 5 mm de largo, son verticales, unidas y de color amarillo brillante (González, 1991; Curtis, 1996; León 1987).

Estructura floral modelo $K(5) \{C(5) A(5) \underline{G} (2)\}$. El cáliz y la corola están compuestos de cinco sépalos y cinco pétalos. El ovario súpero bicarpelar, contiene

numerosos primordios seminales, produciendo bayas polispermas. Los carpelos se presentan en posición oblicua con respecto al plano mediano de la flor (Nuez, 1995).

2.5.5 Fruto

Curtís (1996) menciona que un fruto de tomate, botánicamente es una baya consistente de semillas dentro de un pericarpio carnoso, desarrollado de un ovario; en tanto que, González (1991) indica es una baya carnosa pubescente cuando es joven, pero glabra y brillante cuando madura, de color rojo, a veces amarillo o colores intermedios, de forma variada: oblonga, globosa, cuadrada, piriforme, cilíndrica o acorazonada, lisa o surcada con lóbulos y hombros. En su interior presenta lóculos (en número de 2 a 30) de tamaño inversamente proporcional a su número, donde se encuentran las semillas. El número y extensión de los lóculos en los frutos es una característica diferencial en los cultivares y la distribución de éstos en el fruto determinan su calidad para el consumo fresco o para la industria y la firmeza para el transporte. Por otra parte, se reporta que muchos de los cultivares populares producen frutos con dos lóculos y desarrollan frutos de forma redonda uniforme preferidos en algunos mercados. Otros cultivares tienen, por naturaleza, frutos multiloculares de gran tamaño y de forma irregular. El número de lóculos puede ser influenciado por las condiciones ambientales (Calvert, 1969).

2.5.6 Semilla

El fruto de tomate consta de numerosas semillas de tamaño pequeño (3-5 mm de largo por 2-4 mm de ancho), discoidales o reniformes, aplastadas y pubescentes. Cuando son recién extraídas del fruto son de color amarillo, con una capa mucilaginosa que contiene alta concentración de ácido absícico que inhibe la germinación (así existan las condiciones ambientales propicias no germinan), al secarse adquieren coloración café claro o grisácea con vellosidad constituida por falsos pelos originados de los tegumentos seminales y no son sino paredes celulares suberificadas sobre la testa. Esta última es la capa que envuelve y protege la semilla contra daños del medio externo y le permite pasar por el extracto digestivo humano y continuar siendo viable, cosa que lejos de afectar la germinación, la promueve (González, 1991).

Está calculado que puede haber hasta 350 semillas por gramo (George, 1989), su capacidad germinativa dura de 4 a 6 años en condiciones normales de almacenamiento y aún más si se almacenan en temperaturas frescas, pero con baja humedad relativa.

El número de semillas en el fruto varía entre 50 y 200, la correlación entre el número de semillas y el peso final del fruto es significativo para cada cultivar, pero las relaciones son distintas entre racimos de la misma planta dependiendo también de las condiciones de cultivo.

1.8. Descripción morfológica del tomate silvestre (*cerasiforme*)

Muller en 1940 describió a *Lycopersicum esculentum* Mill. var. *cerasiforme* (Dun.) Gray como:

Planta anual o bianual, enredadera, con ramificaciones más delgadas que el tomate cultivado.

Hojas largas, pinnadas, sin pseudo estipulas en la base de los pecíolos. Todos los folíolos con pecíolo; los mayores, casi 4 pares, ovados a lanceolados, cordados o redondeados a la base, ápice agudo, subentero o basalmente lobado a dividido o dentado de 2.5 a 7 cm de largo y 1 a 3 cm de ancho; folíolos menores subredondeados a lanceolados, subenteros, obtusos a agudos, de 0.5 a 1.5 cm de largo.

Flores pentámeras de 5 a 10, en un racimo cortó. Cáliz de 5 mm de largo, marcadamente acrescente al fruto. Corola de 1 cm de largo dividida en lóbulos de 6 mm de largo, cercanamente lanceolados y deflexos como en *L. pimpinellifolium*. Columna estaminal estrechada en forma de botella, sacos polínicos de 2 mm de grueso.

Fruto bilocular, globoso, de 1.5 a 2.5 cm de diámetro, rojo o amarillo.

Semillas de tamaño menor o similar a la del tomate cultivado, menos aplanadas y la pubescencia confinada a la periferia.

1.9. Fisiología del tomate

Los procesos fisiológicos de crecimiento y desarrollo del tomate dependen de las condiciones del clima, suelo y de las características de la variedad.

En relación al desarrollo del fruto, se distinguen seis estadios:

- 1) ovario fecundado hasta la caída de la corola,
- 2) mitad del crecimiento,
- 3) verde inmaduro,
- 4) verde maduro, momento en el que ya ha adquirido su máximo tamaño cambiando a color verde claro,
- 5) pintón (parcialmente rosado) y
- 6) rojo maduro.

Los azúcares aumentan rápidamente en los estadios primero, segundo y se estabilizan en el tercero, para incrementarse notablemente en el sexto. La proteína cruda disminuye gradualmente desde el primero hasta el sexto estadio.

El pH de reacción ácida; es más ácido en el fruto verde (estadios 2 a 4), menos ácido en el estadio 5 y disminuye rápidamente al alcanzar plena maduración (estadio 6). La reacción ácida se debe a los ácidos orgánicos, cítrico y málico (9 y 4 g, respectivamente, por cada 100 g de materia seca del fruto maduro) (Rick, 1978).

Las flores se agrupan en racimos con número variable de frutos, que a veces iguala al número de flores. Con respecto al tamaño del fruto, aparte de las características varietales de origen hereditario, se han determinado una serie de factores que tienden a aumentarlo. Los más importantes son:

- 1) Nutrición mineral,
- 2) Humedad del suelo próxima a la capacidad de campo,
- 3) Sombreado cuando hay exceso de luz y temperatura,
- 4) Luz suplementaria en días de fotoperiodo corto (invierno en grandes latitudes),
- 5) Enriquecimiento de CO₂ en invernadero y
- 6) Prácticas de poda, desbrote, eliminación de hojas viejas, frutos y flores en exceso (González, 1991).

El color del fruto está determinado por el pigmento predominante, el licopeno determina el color rojo; el caroteno al amarillo, la xantofila el naranja y la clorofila el verde; el color característico del fruto depende del cultivar en cuestión (González, 1991). La variación en el tono o intensidad del color está determinada por la distribución de cada

pigmento en los tejidos del pericarpio y por sus cantidades relativas (Hayward, 1953), en los tejidos externos del pericarpio, el color está determinado por varios genes que favorecen o impiden la formación de carotina, mientras que el de la pulpa es debido a un factor dominante del rojo (León, 1987).

La semilla del tomate cultivado no posee períodos de latencia, lo que quiere decir, que puede sembrarse y germinar inmediatamente después de ser extraída del fruto, siempre y cuando se le quite la capa mucilaginosa que la envuelve o de lo contrario la germinación es más tardada y dispereja; de ahí la importancia del proceso de lavado y beneficio en la industria semillera.

Todavía no se sabe con certeza si el crecimiento del fruto está regulado directamente por las semillas o indirectamente por las auxinas producidas por ellas, pero se considera que el crecimiento del pericarpio está relacionado positivamente con la actividad de auxinas en el fruto; mientras que, el crecimiento de la cavidad locular, es afectado por el desarrollo de la semilla (Chamarro, 1995).

1.10. Reproducción del tomate

La flor del tomate es perfecta, regular e hipógina y consta de 5 o más sépalos, de igual número de pétalos de color amarillo y dispuestos de forma helicoidal a intervalos de 135°, de igual número de estambres soldados que se alternan con los pétalos y forman un cono estaminal que envuelve al gineceo, y de un ovario bi o plurilocular. Las flores se agrupan en inflorescencias de tipo racimoso (dicasio), generalmente en número de 3 a 10 en variedades comerciales de tomate calibre Mediano y Grande; es frecuente que el eje principal de la inflorescencia se ramifique por debajo de la primera flor formada dando lugar a una inflorescencia compuesta, de forma que se han descrito algunas con más de 300 flores. La primera flor se forma en la yema apical y las demás se disponen lateralmente por debajo de la primera, alrededor del eje principal. La flor se une al eje floral por medio de un pedicelo articulado que contiene la zona de abscisión, que se distingue por un engrosamiento con un pequeño surco originado por una reducción del espesor del córtex. Las inflorescencias se desarrollan cada 2-3 hojas en las axilas.

Las características mencionadas de la flor, sobre todo en lo relacionado a la posición del estigma y el cono estaminal, favorecen que la especie sea altamente autógama. La posibilidad de hacer cruzamiento artificial radica en la facilidad con que se puede desprender el cono estaminal junto con la corola, a la cual se encuentra fusionado, eliminando de esta manera el órgano masculino. Este proceso es comúnmente conocido como emasculación.

La obtención de polen de la planta que se empleará como donadora de polen (macho) también se facilita por al menos dos métodos:

Retirar el cono estaminal y colocar sobre el estigma de la flor emasculada, cubriendo la flor con un sobre de papel glassine. Colectar el polen de la flor donadora con un aparato vibrador y una cápsula donde se almacena el polen, la cápsula se pone en contacto con el estigma de la flor hembra y posteriormente se cubre la flor.

La emasculación con el propósito de hacer polinización controlada puede hacerse un día antes de la anthesis, procurando evitar la autofecundación. En la etapa previa a la maduración de la flor, los pétalos se observan de un color verde amarillento tornando a amarillo, además de que inician la separación entre ellos. El estigma aparece totalmente receptivo permitiendo la inmediata polinización. Con condiciones favorables es posible obtener 200 o más semillas de una sola polinización.

En invernadero generalmente no se requiere proteger la flor emasculada y polinizada. A campo abierto el cruzamiento tiene mayor riesgo por el calor, por el viento que puede desecar el estigma antes de que se logre la fertilización. Se prefiere para campo un ambiente fresco, seco y relativamente libre de viento y proteger las flores con bolsas de glassine, además de que ayuda a evitar cruza indeseables.

Bajo condiciones óptimas de temperatura y crecimiento, el tomate completa su ciclo reproductivo en 95 a 115 días, dependiendo de la variedad. Las primeras flores abren 7 a 8 semanas después de la siembra y en 6 a 8 semanas el fruto de la primera flor alcanza la madurez. La semilla es fisiológicamente madura cuando el fruto alcanza su madurez completa. Por estas razones es posible completar hasta 3 ciclos reproductivos por año, usando el invernadero para ciclos de producción fuera de la temporada.

La autoincompatibilidad es un fenómeno común en los parientes silvestres y se transmite a los híbridos realizados con el tomate cultivado. Esta incompatibilidad está condicionada por un solo gen. También se ha reportado la presencia de androesterilidad génica y son varios los loci identificados y descritos con esta característica. La inflorescencia produce de 4 a 8 flores en el tomate cultivado cuando el racimo es simple o, 14 o más cuando llega a bifurcar. Una sola planta puede producir 20 o más inflorescencias durante su ciclo de vida, esto facilita la realización de cruzamientos dado que la floración y maduración se da en un lapso de tiempo amplio.

De manera natural la polinización es favorecida por el viento, sobre todo en condiciones de campo, y en invernadero el sistema de tutoreo permite agitar la planta para que libere el polen de los sacos y dado que la flor se encuentra en posición colgante el polen entra en contacto con el estigma.

Los parientes silvestres aportan muchos genes útiles a las plantas cultivadas de importancia mundial. De hecho, casi todas las variedades nuevas contienen genes derivados de algún pariente silvestre. Estos genes de parientes silvestres también se están usando para incrementar el valor nutricional de algún cultivo. Por ejemplo, el de provitamina A del tomate, con genes de *Lycopersicon pennellii*. Un tomate silvestre ha contribuido a aumentar el contenido de sólidos en 2.4%, lo cual se ha traducido en ahorros en costo de producción de 250 millones de dólares.

Los taxones silvestres han sido evaluados y utilizados como fuente de resistencia y aumento de la calidad nutritiva de los frutos (Stevens, 1986). La especie *L. pimpinellifolium* se caracteriza por presentar frutos de alta calidad nutritiva, con tamaño y peso menores que las cultivares comerciales de *L. esculentum* y se cruza en ambos sentidos con la especie cultivada dando lugar a híbridos fértiles (Rick, 1976). No existen antecedentes sobre la evaluación de la vida postcosecha de los frutos en los taxones silvestres.

Los taxones silvestres *L. esculentum* var. *cerasiforme* y *L. pimpinellifolium* poseen frutos de menor tamaño y peso que los cultivares comerciales, pero de alta calidad, siendo además de fácil cruzamiento con la variedad doméstica (Rick, 1973).

Pratta et al. (2000), señalan la importancia de considerar al germoplasma silvestre de *Lycopersicon* como fuente de genes para incrementar la variabilidad en el número de

flores por inflorescencia, peso, forma, contenido en materia seca y color Rick (1973); Lindhout et al. (1991); Vallejo y Cabrera et al. (1994); citados por Pratta et al. (2000), y principalmente para demorar la maduración de los frutos, que en este trabajo está representada por la vida en anaquel.

Peteira et al. (1999), reportan 49 productos polimórficos de *Lycopersicon* silvestres mediante RAPD, debido a la existencia de mayor diferenciación entre ellas. Además, sugieren realizar estudios con mayor cantidad de variables y accesiones silvestres para obtener mayor información sobre diversidad y de relaciones del género *Lycopersicon*.

Las accesiones silvestres de las especies *L. hirsutum* y *L. peruvianum* presentaron resistencia de campo al gusano pasador o perforador del fruto, *Neoleucinodes elegantalis*. Los coeficientes de variación de los descriptores cuantitativos usados en la evaluación morfo-agronómica fluctuaron entre 22.88 y 51.89%, indicando que el potencial genético del germoplasma silvestre de *Lycopersicon spp.*, disponible para los programas de mejoramiento depende del carácter que se pretenda mejorar (Restrepo et al., 2006).

1.11. Condiciones climáticas para el tomate silvestre

El tomate *S. lycopersicum* L. (*Lycopersicon esculentum* Miller) es nativo del trópico americano, entre Ecuador y Perú (Peralta y Spooner, 2000) y posteriormente distribuido a Colombia, Bolivia y México; en este último país se considera que fue domesticado (Rick y Holle, 1990; Pérez et al., 1997).

La especie *Solanum lycopersicum* = *Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme* se desarrolla de manera espontánea en América tropical y subtropical, considerándose como la única del género *Lycopersicon* que se encuentra fuera de la zona sudamericana de origen (Rick, 1978). Esta forma silvestre tolera diversas condiciones adversas tanto ambientales como provocadas por el hombre sobre todo en la práctica de la agricultura intensiva. Siendo nativa de la parte oeste de Sudamérica emigró como maleza hacia Centroamérica y México encontrándose actualmente dispersa en toda América tropical y en la mayoría de las regiones tropicales del mundo como incluso en regiones subtropicales del mismo. En esta gran dispersión la forma silvestre tolera un amplio rango de condiciones ambientales, algunos biotipos sobreviven en partes desérticas del occidente de Perú, mientras otras se

establecen exitosamente en condiciones más húmedas que cualquier otra especie de tomate (Rick, 1978).

Por lo que se refiere a México, se distribuye con mayor abundancia al sur del trópico de cáncer, siendo menor su presencia en la parte norte, manifestándose sobre todo en áreas costeras con lluvias moderadamente fuertes (Jenkins, 1948).

Lo anterior coincide con lo señalado por Ramírez et al. (2000), ya que indican una mayor distribución de la especie en sitios con buena humedad y sin presencia de heladas, en zonas de reserva ecológica y asociado a campos de cultivos donde eventualmente suele convertirse en maleza (Rodríguez et al., 2003; Sánchez et al., 2006).

Las mayores poblaciones de tomate silvestre se han colectado a altitudes entre 0 y 1 200 m.s.n.m. (Vargas et al., 2005; Sánchez et al., 2006). En regiones cálidas (< 300 m.s.n.m.) las poblaciones se reducen y se asocian con especies que les brindan sombra; en regiones templadas esas plantas las protegen del frío (Vargas et al., 2005).

La amplia distribución del tomate silvestre ha permitido que cuente con poblaciones con características diferentes para responder a los factores bióticos y abióticos de mortalidad; siendo el ambiente uno de los factores que más influyen en la variabilidad biológica (Rao y Hodgkin, 2002).

Álvarez-Hernández et al. (2009) en tres regiones de Michoacán: Valle de Apatzingán, Valle de Los Reyes y Ciénega de Chapala, hicieron recorridos y caracterizaron aspectos ambientales, morfológicos, fisiológicos y entomológicos de tomate silvestre. En el 45% de los sitios visitados registraron poblaciones silvestres de tomate. En altitudes de 314 a 1 550 m.s.n.m.; precipitación de 751 a 1 014 mm anuales; temperaturas máxima y mínima de 35.2 y 11.7 °C y en niveles variados de fertilidad en suelos. Las poblaciones registradas correspondieron a la especie *Solanum lycopersicum* L. var. *cerasiforme*, de las que se distinguieron dos grupos: de fruto grande (2.12 a 2.23 x 2.41 a 2.55 cm) y de fruto pequeño (1.05 a 1.22 x 1.10 a 1.25 cm). Con excepción de una morfo-especie (Col: Chrysomelidae: Chrysomelinae), los insectos fitófagos asociados correspondieron a especies plaga del tomate; los principales fueron: mosca blanca (Hem: Aleyrodidae), complejo de áfidos (Hem: Aphididae), *Lyriomiza sativae* Blanchard y *L. trifoli* Burgués, *Epitrix* sp. y *Manduca* sp. El psilido de las solanáceas, *Bactericera cockerelli* Sulc., sólo se presentó en la región

de la Ciénega; mientras que la chinche *Cyrtopeltis notata* Distant, fue la más insidiosa en tinguaraque. La diversidad de condiciones ambientales en los que desarrollan las poblaciones silvestres de *S. lycopersicum* en Michoacán, indican una amplia diversidad (ecotipos) de esta especie.

1.12. Fuentes de variabilidad

Como sucede con todos los organismos vivos que se desarrollan en condiciones naturales, la población de individuos que conforman una especie vegetal está bajo una continua interacción dinámica de adaptación con los factores en los que crece esa población. Dichos factores son los bióticos (microorganismos, otras especies vegetales, animales inferiores y superiores) y los abióticos (clima y suelo), para ello, cada especie adapta la información contenida en el genoma de acuerdo con las necesidades de sobrevivir en su entorno. El resultado de esta interacción adaptativa se traduce en la acumulación de la información genética que a manera de variantes cada especie va guardando entre los miembros de su población, y que se va transmitiendo en las subsiguientes generaciones a través del tiempo. De esta manera, aunque la población de individuos en una especie comparte características comunes y se pueden cruzar entre ellos, también es cierto que en cada uno existen muchas variantes individuales. La suma de todos los individuos con sus respectivas variantes es lo que se conoce como variabilidad genética de una especie, la cual permite a dicha especie adaptarse a los cambios que se pueden presentar en su entorno (Franco y Hidalgo, 2003).

La variabilidad genética de una población corresponde al menor nivel de diversidad biológica, la cual incluye la variación genética dentro de una especie, tanto entre poblaciones separadas geográficamente como entre individuos dentro de la población (Ormond et al. 1997). Esta diversidad es dinámica en la naturaleza, donde las especies y sus poblaciones están en constante cambio, por lo tanto la situación del presente es el resultado del efecto combinado de especiación y extinción (Astorga y Ortiz, 2006).

En relación con el fenotipo, los caracteres que lo conforman corresponden en su gran mayoría a la descripción morfológica de la planta y su arquitectura. Estos caracteres se

denominan descriptores morfológicos y se pueden agrupar en los tipos que aparecen a continuación.

1.13. Caracteres botánicos-taxonómicos

Corresponden a los caracteres morfológicos que describen e identifican la especie y son comunes a todos los individuos de esa especie. En su gran mayoría estos caracteres tienen una alta heredabilidad y presentan poca variabilidad, aunque en las especies cultivadas con frecuencia se pueden encontrar unos pocos que muestran diferentes grados de variabilidad, especialmente en aquellos de interés particular para el hombre como son el tipo y la forma de la hoja, la forma del fruto y la descripción de la flor (Franco y Hidalgo, 2003).

1.13.1. Morfoagronómicos

Corresponden a los caracteres morfológicos que son relevantes en la utilización de las especies cultivadas. Pueden ser de tipo cualitativo o cuantitativo, e incluyen algunos de los caracteres botánicos-taxonómicos más otros que no necesariamente identifican la especie, pero que son importantes desde el punto de vista de necesidades agronómicas, de mejoramiento genético, y de mercadeo y consumo. A manera de ejemplos de estos caracteres se puede mencionar la forma de las hojas; pigmentaciones en raíz, tallo, hojas y flores; color, forma y brillo en semillas; tamaño, forma y color de frutos; arquitectura de planta expresada en hábito de crecimiento y tipos de ramificación. Algunos curadores de bancos de germoplasma incluyen descriptores relacionados con componentes de rendimiento con el objetivo de proveer a los fitomejoradores indicación del potencial de este carácter en el germoplasma conservado. En su gran mayoría, estos descriptores tienen aceptable heredabilidad local pero son afectados por cambios ambientales (Franco y Hidalgo, 2003).

1.13.2. Evaluativos

Esta porción de la variabilidad sólo se expresa como respuesta a estímulos ambientales bióticos (plagas y enfermedades) o abióticos (estrés por temperatura, agua, nutrientes). En general, la respuesta se expresa en características de tipo cualitativo.

El estudio de la variabilidad no expresada en características visibles en la planta se concentra en la detección de marcadores moleculares, entre los que se incluyen proteínas, isoenzimas y fragmentos de ADN. Esta variabilidad se puede detectar y cuantificar mediante técnicas de biología molecular que todavía están en proceso de refinamiento. El continuo desarrollo de estas técnicas está aportando innumerables herramientas para el entendimiento más profundo de la evolución y la variabilidad genética y su utilización y, finalmente, para el mapeo genético de especies.

En resumen, existe una alta variabilidad genética en las especies vegetales como resultado de su respuesta para adaptarse a los cambios y presiones de los medios biótico y abiótico que las rodea. La suma de todas esas respuestas, es decir, de todos los miembros de la población, conforma la variabilidad genética de la especie.

La información genética de esa variabilidad se conserva y transmite por generaciones a través de los miembros de la población de la especie. Aunque dicha información se mantiene mediante una dinámica continua entre los miembros de la especie, la expresión de esa variabilidad puede o no manifestarse en caracteres visibles. La variabilidad que se expresa en caracteres visibles se denomina fenotípica y dentro de ella se encuentran las características botánicas-taxonómicas, las morfo-agronómicas y las evaluativas como respuesta a factores bióticos y abióticos. La variabilidad que no se expresa en características requiere para su identificación el uso de técnicas especiales de laboratorio que en la actualidad se refieren principalmente a marcadores moleculares. La variabilidad es más evidente en las especies vegetales cultivadas, porque adicionalmente a las presiones del medio, han sufrido la selección ejercida por el hombre para adaptarlas a sus propósitos (Franco y Hidalgo, 2003).

1.14. Caracterización de la variabilidad

En la caracterización de una especie se estima la variabilidad existente en el genoma de la población de individuos que la conforman. Así, el genoma de las especies de animales o plantas contiene toda la información codificada en forma de genes que se necesitan tanto para establecer su identidad morfológica como para desarrollar todos los procesos y funciones vitales para su supervivencia. Se estima que las plantas superiores poseen un poco más de 400,000 genes con funciones particulares dentro de la especie y un buen número de ellos ha creado variantes por efectos evolutivos y del medio ambiente. Esas variantes se van acumulando entre los diferentes miembros componentes de la especie y la suma de todos los efectos de los genes y sus variantes es lo que se denomina variabilidad genética de una especie.

Anteriormente se mencionó que los todos los genes cumplen determinadas funciones y sus efectos pueden o no expresarse en características identificables de forma visual. Esto quiere decir que hay una variabilidad que se puede detectar a simple vista y otra que, aunque no es visible fácilmente, también existe en la especie pero que requiere de técnicas especiales para ser detectada. Por ello, es primordial identificar cuál es el nivel de variabilidad que se intenta medir o describir con el fin de elegir las herramientas o métodos estadísticos adecuados para analizar los datos resultantes de un estudio de caracterización.

El primer nivel se refiere a la caracterización de la variabilidad detectable visualmente, la cual se puede dividir en los tipos siguientes: (1) Las características responsables de la morfología y la arquitectura de la planta utilizadas en un principio para la clasificación botánica y taxonómica, aunque en muchas de ellas se pueden encontrar variantes. (2) Una serie de características relacionadas especialmente con aspectos de manejo agronómico y de producción de la especie que son de interés para mejoradores y agrónomos. En la mayoría de los bancos de germoplasma de programas existentes actualmente se hace una caracterización morfo-agronómica en la que se fusionan estos dos primeros tipos. (3) Un grupo de características detectables visualmente que sólo se expresan como reacción a estímulos del medio ambiente. Estos pueden ser biótico como plagas y enfermedades; o abióticos como sequías, deficiencias de minerales y cambios en temperatura, entre otros. Este tipo de caracterización se denomina evaluación y para su

correcta cuantificación, generalmente, se requieren diseños experimentales separados de la caracterización morfo-agronómica.

El segundo nivel se refiere a la caracterización de la variabilidad que no es detectable por simple observación visual. Esta caracterización se denomina molecular porque se refiere a la identificación de productos y/o funciones internas de la célula. Todas las técnicas de laboratorio para detectar esta variabilidad se agrupan dentro del concepto de marcadores moleculares. Si bien ya existen algunos métodos de análisis de datos en proceso de desarrollo para estos tipos de caracterización las técnicas de laboratorio son relativamente recientes y están en continuo proceso de mejoramiento y actualización.

El enfoque actual del estudio de la variabilidad genética de las colecciones de germoplasma de una especie exige la documentación lo más completa posible de las accesiones componentes de dichas colecciones. Esta documentación incluye información sobre el origen geográfico (localización geográfica, altitud, clima y suelo), la caracterización morfológica, la evaluación de la respuesta a factores bióticos y abióticos y, por último, una caracterización de marcadores moleculares (proteínas, enzimas, ADN) para cada accesión. Estos grupos de información, aparentemente independientes, se encadenan para finalmente establecer criterios racionales que permiten explicar la variabilidad de la especie en estudio. No obstante, es necesario enfatizar que independientemente del nivel de caracterización, los resultados del análisis de los datos son sólo una estimación de la variabilidad total de la especie.

En el proceso de caracterización de una colección, independientemente de su tamaño, se pueden establecer los objetivos siguientes: (1) Medir la variabilidad genética del grupo en estudio; para lo cual se pueden incluir uno, varios o todos los niveles posibles de variabilidad, es decir, fenotípica, evaluativa y molecular, utilizando en todas ellas descriptores previamente definidos. (2) Establecer la representatividad de la colección y su relación con la variabilidad de la especie en una región, o con la variabilidad total de la especie. (3) Investigar la estructura genética, o sea, la forma como se compone la colección estudiada en relación con las variantes, o sus combinaciones que forman grupos o poblaciones identificables. Lo anterior está influenciado por factores demográficos in situ, tales como tamaño de población, biología reproductiva y migración. (4) Identificar los

porcentajes de duplicidad de accesiones que puedan existir en una misma colección o en comparación con otras colecciones de la especie. (5) Identificar genes especiales o alelos particulares que pueden ser de carácter individual o en combinaciones únicas y que se pueden expresar en caracteres visibles (morfológicos o de evaluación) en diferentes estados o combinaciones de estados (Franco y Hidalgo, 2003).

1.14.1. Caracterización morfológica

Se entiende por caracterización a la descripción de la variación que existe en una colección de germoplasma, en términos de características morfológicas y fenológicas de alta heredabilidad, es decir, las características cuya expresión (de una colección de germoplasma) es poco afectada por el ambiente (Hintum y Knüpffer, 1995). Además estos caracteres son expresables y conservables en cualquier ambiente.

Los caracteres agromorfológicos se conforman por características fenotípicas de fácil identificación visual o medición como: color, forma, tipo, número y tamaño de inflorescencias o frutos; tipo, forma y altura de crecimiento de las plantas; biomasa; rendimiento y susceptibilidad o resistencia a stress hídrico, plagas o enfermedades. Estos caracteres suelen estar definidos por descriptores para cada cultivo aprobados por organismos internacionales.

Los datos registrados pueden ser tipo binario, cuando denoten presencia o ausencia de un carácter; multinomial cuando un carácter tenga más de dos clases; ordinal cuando el carácter además de tener más de dos clases éstas estén referidas a una escala de valoración; y cuantitativos cuando la medición del carácter provenga de un registro continuo, por ejemplo de un aparato de precisión (Sneath y Sokal, 1973).

A pesar de la variabilidad de la información agromorfológica es posible cuantificar la similitud o distancia entre pares de individuos o poblaciones. No obstante, se recomienda no utilizar un excesivo número de clases ya que podemos estar dando mayor peso a unas variables respecto a otras; en caso que se evalúe simultáneamente susceptibilidad o resistencia de los individuos a varias plagas o enfermedades deberá utilizarse una escala única de valoración y el cero (0) considerado como el nivel más bajo; se recomienda expresar los caracteres cuantitativos en unidades métricas similares y si no es posible la

mejor alternativa es la estandarización. En cualquier caso, y dependiendo del método de codificación del carácter, es posible construir un vector $n \times 1$ o $n \times k$, donde k es el número de clases (Demey, 2008).

Vázquez et al., (2010) evaluaron la variación de caracteres morfológicos y agronómicos de un grupo contrastante de tomate de diferentes regiones de México mediante nueve caracteres cualitativos y doce cuantitativos. Los caracteres cualitativos confirmaron diferencias fenotípicas entre grupos y en los análisis de varianza se detectaron diferencias significativas entre accesiones para todas las variables cuantitativas. Estos resultados muestran indicios de que en las regiones Centro y Sureste de México, existen variedades locales o material genético con alta variabilidad fenotípica adaptado a las condiciones agroecológicas de las parcelas de los pequeños agricultores y la siembra ciclo tras ciclo ha ayudado a su preservación.

Agudelo et al., (2011) caracterizaron 27 introducciones de tomate tipo cereza *Solanum lycopersicum* L., mediante nueve cualitativas y seis cuantitativas que mostraron diferencias significativas, indicando gran diversidad fenotípica en las introducciones que pueden ser aprovechables para el mejoramiento genético.

Carrillo et al., (2013) evaluaron tres acervos genéticos en dos ciclos de cultivo agosto-septiembre y febrero- julio en poblaciones nativas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Se determinaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre y dentro de grupos de poblaciones en caracteres fenológicos, morfológicos y de interés agronómico. Los acervos genéticos evaluados interaccionaron con el ciclo de cultivo, en el periodo febrero-julio presentando mayor vigor de la planta y altos caracteres agronómicos presentando gran variabilidad que se puede aprovechar en programas de mejoramiento.

Bonilla et al., (2014) evaluaron 40 colectas de Puebla y Oaxaca de uso local y un testigo el híbrido comercial SUN7705 para la caracterización morfológica y agromorfológicas se utilizaron 20 variables. Se identificaron colectas sobresalientes en sólidos solubles totales como algunos tipos cereza, ojo de venado y arriñonados. Las variables como precocidad, diámetro de la planta componentes de rendimiento y calidad de fruto fueron las características de formación de grupos y las cuales se sugiere poner énfasis para posteriores caracterizaciones de germoplasma nativo mexicano.

MATERIALES Y METODOS

1.15. Localización geográfica del experimento

La producción de plántulas y la caracterización se realizó bajo invernadero en el campo experimental del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA) de la Universidad de Guadalajara, ubicado en Las Agujas, municipio de Zapopan, Jalisco, México a 20° 44' 42" LN y 103° 30' 52" LO, con una altitud de 1650 msnm, con un clima templado semiseco, temperatura media anual de 23.5°C y una precipitación media anual de 906 milímetros.

1.16. Germoplasma evaluado

Se evaluaron 58 accesiones de la especie *S. lycopersicum* var. *cerasiforme* correspondientes a localidades de Jalisco, Nayarit, Michoacán, Guanajuato, Querétaro, Morelia, Colima y Tabasco. La semilla de las accesiones se encuentra resguardada en el Banco de Germoplasma del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA) de la Universidad de Guadalajara y se listan en el Cuadro 2

Cuadro 2. Localidad, municipio, estado, coordenadas y altitud de lugares de colecta de 58 poblaciones de tomate silvestre de ocho estados de México.

No.	Accesión	Clave	Localidad	Municipio	Estado	Latitud	Longitud	Altitud (m)
1	2	TS09001	Quexpan-Las Raíces	Ameca	Jalisco	20.61092	-104.22569	1139
2	69	TS09005	Tequila (Rancho El Indio)	Tequila	Jalisco	20.90119	-103.83536	1205
3	81	TS09007	San Miguel del Zapote	Techaluta de Montenegro	Jalisco	20.11994	-103.54461	1360
4	84	TS09008	Alcaraces	Cuauhtémoc	Colima	19.36019	-103.57725	1146
5	124	TS14001	Las mesitas	San Sebastián del Oeste	Jalisco	20.77911	-104.89253	1072
6	157	TS09253	Casimiro Castillo	Casimiro Castillo	Jalisco	19.44953	-104.45461	339
7	167	TS09070	La cerca Quimichis	Tecuala	Nayarit	22.32361	-105.54144	7
8	168	TS09258	Rosamorada	Rosamorada	Nayarit	22.02069	-105.20794	16
9	175	TS09263	Melaque	Cihuatlán	Jalisco	19.25936	-104.68411	37
10	180	TS09265	Lomas de Tejeda	Tlajolmulco de Zuñiga	Jalisco	20.46872	-103.41575	1593
11	200	TS09280	Acatic	Tepatitlán	Jalisco	20.75769	-102.86442	1823
12	207	TS09080	Rancho La Joya	Magdalena	Jalisco	20.84750	-103.98200	1481
13	240	TS09088	Central Camionera Nueva	Tonala	Jalisco	20.60936	-103.27258	1597
14	246	TS09090	Santiaguito	Etzatlán	Jalisco	20.82367	-104.11791	1367
15	308	TS09351	El Capricho	Tuxcueca	Jalisco	20.15861	-103.19497	1576
16	309	TS09352	Mismaloya	Tuxcueca	Jalisco	20.15811	-103.11436	1575
17	310	TS09353	Petatán	Cojumatlán	Michoacán	20.15867	-102.86844	1539
18	313	TS09031	Xalisco	Xalisco	Nayarit	21.39444	-104.89283	988
19	319	TS09018	Tierra Generosa	Tecuala	Nayarit	22.30258	-105.27753	35
20	321	TS09109	Tecuala	Tecuala	Nayarit	22.41853	-105.44475	13
21	324	TS09360	El Zapote	Tecuala	Nayarit	22.41303	-105.36444	24
22	327	TS09032	Coamiles	Tuxpan	Nayarit	21.93042	-105.25433	22
23	328	TS09361	El Limón	Santiago Ixcuintla	Nayarit	21.84153	-105.31953	17
24	329	TS09114	El Limón	Santiago Ixcuintla	Nayarit	21.83281	-105.33622	17
25	330	TS09019	Ejido Peñita de Jaltemba	Compostela	Nayarit	20.98475	-105.31242	15

26	331	TS09033	Rincón de Guayabitos	Compostela	Nayarit	21.01922	-105.26917	8
27	332	TS09115	El Capomo	Compostela	Nayarit	21.11789	-105.16331	43
28	333	TS12078	Tierras Coloradas	Tepatitlán de Morelos	Jalisco	20.75421	-102.82721	1816
29	337	TS12079	Villamar	Villamar	Michoacán	20.01194	-102.60419	1548
30	338	TS10021	Emiliano Zapata	Villamar	Michoacán	19.98414	-102.61572	1554
31	339	TS10022	Celaya	Celaya	Guanajuato	20.56917	-100.88675	1763
32	340	TS10003	Tanaquillo	Chilchota	Michoacán	19.84478	-102.09228	1810
33	341	TS10004	Numaran	Buenavista	Michoacán	20.25075	-101.94858	1710
34	342	TS10005	Jamay	Jamay	Jalisco	20.29394	-102.65417	1549
35	350	TS10006	Apaseo el Alto	Apaseo el Alto	Guanajuato	20.53489	-100.71167	1778
36	351	TS09367	Lagos de Moreno	Lagos de Moreno	Jalisco	21.06178	-102.51653	1994
37	360	TS10011	Capilla de Guadalupe	Tepatitlán de Morelos	Jalisco	20.81883	-102.59317	2070
38	364	TS10025A	Cuerámara	Cuerámara	Guanajuato	20.61653	-101.66217	1714
39	365	TS10026	Ejido La Cantera	Tepic	Nayarit	21.51692	-104.81375	917
40	366	TS10027	Presa Aguamilpa	Tepic	Nayarit	21.54283	-104.81203	919
41	368	TS12082	El Capulín	Salvatierra	Guanajuato	20.27139	-100.98708	1760
42	369	TS10029	San José de Ojo Zarco	Jaral del Progreso	Guanajuato	20.32667	-101.02239	1746
43	370	TS12083	Apaseo el Alto	Apaseo el Alto	Guanajuato	20.47381	-100.64172	1844
44	374	TS12084	La Magdalena de Araceo	Valle de Santiago	Guanajuato	20.30846	-101.18140	1867
45	375	TS12085	Valtierrilla	Salamanca	Guanajuato	20.54619	-101.13110	1720
46	376	TS12086	Pitzquintla	Jalpan de Serra	Querétaro	21.19175	-99.54416	1561
47	377	TS12087	Rincón de Pitzquintla	Jalpan de Serra	Querétaro	21.18113	-99.53503	1209
48	378	TS12088	Jalpan	Jalpan de Serra	Querétaro	21.21853	-99.47418	758
49	380	TS12089	Arroyo Seco	Arroyo Seco	Querétaro	21.54744	-99.68854	996
50	382	TS12091	Tancama	Jalpan de Serra	Querétaro	21.16005	-99.39690	976
51	383	TS12092	Ahuacapan	Autlán	Jalisco	19.66686	-104.31686	970
52	384	TS12093	Colonia Tepuente	Cuernavaca	Morelos	18.98581	-99.25223	1943
53	385	TS12094	Pinar de la Venta	Zapopan	Jalisco	20.72308	-103.52458	1700
54	386	TS14017	San Anita	Tlaquepaque	Jalisco	20.55924	-103.41962	1570

55	387	TS14018	San Cristóbal de la Barranca	San Cristóbal de la Barranca	Jalisco	19.30808	-100.43452	826
56	388		San Miguel Chichimequillas	Zitácuaro	Michoacán	19.41976	-100.36271	1932
57	389	TS14019	Benito Juárez	Benito Juárez	Michoacán	19.30014	-100.43353	1316
58	390	TS14020	Comalcalco	Comalcalco	Tabasco	18.25697	-93.21753	12

1.17. Establecimiento

La siembra se realizó el 6 de junio de 2014 y el trasplante el 19 de julio; la semilla se sembró en charolas de Poliestireno de 200 cavidades, las cuales fueron llenadas con mezcla de peatmoss (*Sphagnum*) y fibra de coco 50-50% vol/vol. Al inicio se regó con agua simple (una semana) bajo condiciones de invernadero; ya emergidas las plántulas después de 5 días, cuando apareció la primer hoja verdadera, se aplicó riego con solución nutritiva Universal de Steiner con relaciones mutuas entre aniones $\text{NO}_3^-:\text{H}_2\text{PO}_4^-:\text{SO}_4=$ 60:5:35 y relación mutua entre cationes $\text{K}^+:\text{Ca}^{++}:\text{Mg}^{++}=$ 35:45:20, ambos en porcentaje (proporción de cada uno) a una concentración de 0.36 atmosferas (atm), hasta su trasplante cuando la plántula presentó cuatro hojas verdaderas con una altura entre 10 y 15 cm.

Las plántulas se colocaron en suelo en camas de 1 m de ancho, a doble hilera a 40 cm entre hileras y 25 cm entre plantas. El sistema de riego que se utilizó fue por goteo. Durante el primer mes se aplicaron 2 riegos al día de 10 minutos, con un gasto de 500 ml/día aproximadamente; posteriormente se incrementó el gasto a 1000 ml/día, dependiendo de la etapa fenológica y de las condiciones climatológicas. Se utilizó la solución nutritiva propuesta por Steiner (1984), a 0.36 atmósferas durante el primer mes y posteriormente a 0.72 atmósferas una vez que las plantas iniciaron la etapa de floración.

El tutoreo se realizó con rafia cuando las plantas tenían de 20 a 30 cm, con el objetivo de dirigir la planta verticalmente sobre un solo eje, así como servir de soporte de la misma durante su ciclo reproductivo. La planta se sujetó alrededor del tallo principal, auxiliándose con anillos sujetos a la rafia y abrazados al tallo, impidiendo que las plantas resbalaran por el peso de sus hojas, tallos y frutos.

La poda consistió en la eliminación de los brotes o chupones emitidos en las yemas axilares cada 3 días, dejando solo el tallo principal, iniciando a los 15 después del trasplante al eliminar los brotes basales (por debajo del primer racimo). La poda de hojas se hizo eliminando aquéllas inferiores al racimo donde el fruto se encontraba en desarrollo (cuajado), dejando solo dos hojas debajo de cada racimo, esto para evitar proliferación de plagas y hongos, pérdida de nutrientes, y permitir mayor intensidad de luz y circulación del aire entre las plantas.

El control de malezas se hizo manualmente una vez por semana, con herramientas manuales azadón, machete y controles manuales únicamente en la línea de siembra, donde va la manguera de goteo, teniendo cuidado de no romperla.

Para el control cultural de insectos previo al establecimiento del experimento se eliminaron todas las malezas y fuentes de agua disponibles, esto permitió eliminar por completo la mosquita blanca, posterior al establecimiento del experimento se manejaron trampas pegajosas amarillas de monitoreo y control de mosquita blanca colocando platos amarillo cubiertos con una capa de aceite vegetal, colgados entre plantas para evitar que el escurrimiento de aceite dañara las plantas

Mediante prácticas agronómicas, se auxilió con control cultural de enfermedades tendientes a la reducción de fuentes de infección, eliminación de partes o de plantas enfermas, evitando las condiciones apropiadas para el desarrollo y diseminación de patógenos. Conservar una adecuada ventilación dentro de los invernaderos y evitar la presencia de rocío o humedad sobre las plantas, lo que disminuye el riesgo de enfermedades. Desinfestar constantemente las herramientas y las manos de los trabajadores durante las prácticas de manejo del cultivo.

El control químico de insectos fue con productos de baja toxicidad y el control de enfermedades fúngicas y bacterianas solo en casos particulares se utilizó productos químicos comerciales específicos y sistémicos. Se emplearon fungicidas y plaguicidas como Captan®, Confidor®, Cupravit®, Previcur®, para el control de mosca blanca (*Bemisia tabaci*), Picudo del chile (*Anthonomus eu-genii*), tizón tardío (*Phytophthora infestans*) y cenicilla (*Leveillula taurica*)

Para asegurar la polinización de las flores, se movían mecánicamente los tensores y las plantas diariamente, en un horario de 9 a 12 am, para que las anteras liberaran más fácilmente el polen hacia los estigmas de las flores.

El despunte de las plantas se realizó a los 90 días después del trasplante, cuando las plantas tenían el décimo racimo, para evitar que las plantas siguieran creciendo y permitir que los frutos desarrollaran y maduraran homogéneamente, pues alcanzaban alturas superiores a los 2.5 m.

1.18. Diseño experimental

Se empleó un diseño de bloques completos al azar, con dos repeticiones. Las accesiones se acomodaron en camas a doble hilera, la unidad experimental estuvo conformada por cuatro plantas por cada accesión separadas cada 0.25 m a lo largo de la hilera y 0.40 m entre hileras con un espacio de 0.80 m entre camas.

1.19. Variables medidas

En la caracterización agromorfológica se incluyeron caracteres cualitativos y cuantitativos descriptores del manual para el tomate del Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), y de las directrices de examen para tomate (TG/44/11) de la Unión internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV), clasificados de acuerdo al órgano correspondiente. En el Cuadro 3 se presentan los caracteres cuantitativos estimados por conteo (número o días), medición con cinta métrica (en planta) y vernier digital (en hoja, flor y fruto). La estimación del área foliar se basó en la metodología propuesta por Asteguiano *et al.*, (2001).

Los parámetros de color se estimaron en hoja, seleccionando la hoja madura más joven tomando la lectura al centro de la hoja y en el fruto maduro (del color característico del genotipo y consistencia firme) en el ecuador del fruto, con un colorímetro Minolta CR-400 con base al sistema internacional del color (CIE) Lab donde la coordenada L^* recibe el nombre de Claridad y es una medición aproximada de luminosidad, la cual es una propiedad mediante la que cada color puede ser considerado como el equivalente a un punto de la escala gris, entre el negro y el blanco y puede tomar valores entre 0 y 100 (Meléndez-Martínez *et al.*, 2003); las coordenadas colorimétricas a^* y b^* forman un plano perpendicular a la Claridad, la coordenada a^* define la desviación del punto acromático correspondiente a la Claridad, hacia el rojo si $a^* > 0$ (valores positivos), hacia el verde si $a^* < 0$ (valores negativos), análogamente la coordenada b^* define la desviación hacia el amarillo si $b^* > 0$ (valores positivos), hacia el azul si $b^* < 0$ (valores negativos). A partir de los parámetros anteriores se estimó el ángulo de matiz ($H^\circ = \tan^{-1}(b^*/a^*)^2$), el tono de un color (H, del inglés hue), que indica su posición en una escala de 100 tonos, escala compuesta de 10 tonos fundamentales; en definitiva el tono serían las variaciones que un solo color puede tener al combinarlo con otros.

Cuadro 3. Características cuantitativas para la evaluación morfológica de poblaciones silvestres de *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* de México.

Órgano	Descriptores	Unidad	Acrónimo
Planta	Ramificaciones hasta el primer racimo del tallo principal	Numérico	PR
	Altura a la bifurcación	cm	AB
	Longitud del entrenudo entre el noveno y décimo nudo	cm	LE
	Longitud de la enredadera 27 días después de trasplante	cm	AE
	Diámetro del tallo	cm	DT
Hojas	Longitud de hoja	cm	LH
	Ancho de la hoja	cm	AH
	Área foliar	cm ²	AF=0,34x(LxA)-9,31
	Longitud del foliolo terminal	cm	LFT
	Ancho del foliolo terminal	cm	AFT
	Relación Largo/Ancho del foliolo terminal	Numérico	RLAFT
	Color de la hoja (Colorímetro):		
	L* (Luminosidad)	Numérico	HL
	a*	Numérico	HA
	b*	Numérico	HB
	Ángulo de la matiz	Numérico	HH
	Croma	Numérico	HC
	Índice de color	Numérico	HI
Relación a*/b*	Numérico	HAHB	
Inflorescencia	Días a inicio de floración	Días	NDF
	Número de flores por racimo	Numérico	NF
	Longitud del eje de la inflorescencia madura	cm	LEIM
	Longitud de sépalo	mm	LS
	Longitud de pétalo	mm	LPT
	Longitud de estilo	mm	LX
	Longitud de estambre	mm	LA
Fruto	Longitud del pedicelo	mm	LPD
	Peso del fruto maduro	g	PF
	Número de lóculos	Numérico	LO
	Sólidos solubles totales	°Brix	GB
	Color del fruto maduro (colorímetro):		
	L* (Luminosidad)	Numérico	FL
	a*	Numérico	FA
	b*	Numérico	FB
	Ángulo de la matiz	Numérico	FH
	Croma	Numérico	FC
	Índice de color	Numérico	FI
Relación a*/b* en fruto	Numérico	FAFB	
Licopeno	mg/100g	LI	

Para obtener el croma (saturación) se aplicó la ecuación $C = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$. El croma (C) indica el grado de separación entre un tono determinado y un gris de la misma claridad.

Tiene el valor 0 para estímulos acromáticos y, por lo general, no pasa de 150, aunque puede superar ese valor para estímulos monocromáticos.

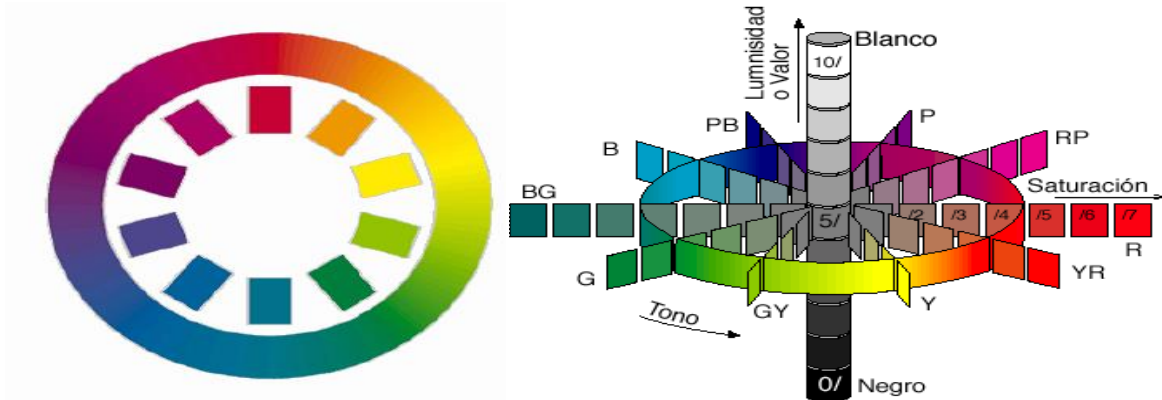


Figura 1: Representación del tono de un color, hay una escala de 10 tonos fundamentales (5 principales y 5 intermedios). La notación de colores y sus valores de escala son: rojo (5R), amarillo-rojizo (15YR), amarillo (25Y), amarillo-verdoso (35GY), verde (45G), verde-azulado (55BG), azul (65B), violeta (75PB), púrpura (85P) y rojo-púrpura (95RP). Al ser una escala en grados, en la última figura aparecen las posiciones angulares de los tonos.

Otro parámetro destacable es el índice de color, pues representa una variable general con respecto a la cual se puede definir un color en una escala general de productos hortofrutícolas (Domene y Segura, 2014):

$$IC^* = (1000 \times a) / L \times b$$

El IC^* por sus características de variación puede utilizarse como variable de control de la calidad organoléptica de alimentos:

a) Si IC^* es negativo (-40 a -20), su valor relaciona los colores que van desde el azul-violeta al verde profundo.

b) Si IC^* es negativo (-20 a -2), su valor relaciona los colores que van del verde profundo al verde amarillento.

c) Si IC^* está entre -2 a +2, representa el amarillo verdoso.

d) Si IC* es positivo (+2 a +20), se relaciona con los colores que van desde el amarillo pálido al naranja intenso.

e) Si IC* es positivo (+20 a +40), se relaciona con los colores que van desde el naranja intenso al rojo profundo.

El licopeno se calculó mediante la fórmula propuesta por Arias et al., (citados por Rentería, 2013).

$$\text{Licopeno (mg/100 g)} = 11.848 (a^*/b^*) + 1.5471.$$

El contenido de sólidos solubles o grados Brix se estimó con el refractómetro Hanna HI 96801.

Las características cualitativas se señalan en el Cuadro 4, de acuerdo a la clasificación empleada en los descriptores del tomate elaborada por el Instituto Internacional de Recursos fitogenéticos, para la descripción morfológica de los recursos genéticos de tomate.

Cuadro 4. Características cualitativas para la evaluación morfológica de poblaciones silvestres de *Solanum lycopersicum* variedad *cerasiforme* de México.

Órgano	Descriptores	Escala	Acrónimo
PLANTA	Tipo de crecimiento de la planta (nominal)	-Enano: 1, Determinado: 2, semideterminado: 3, indeterminado: 4.	TCP
	Pigmentación antocianica del tercio superior del tallo (ordinal)	-Ausente o muy débil: 1, débil: 3, media: 5, fuerte: 7, muy fuerte: 9.	PATST
	Densidad de la pubescencia del tallo (ordinal)	-Escasa: 3, intermedia: 5, densa: 7.	DPT

HOJAS	Tipo de hoja (nominal)	-Enana: 1, tipo papa: 2, estándar: 3, <i>peruvianun</i> : 4, <i>pimpinellifolium</i> : 5, <i>hirsutum</i> : 6, otro: 7.	TH
	Porte de la hoja (nominal)	-Erecto: 1, semierecta: 3, horizontal: 5, semicolgante: 7, colgante: 9.	PH
	Densidad del follaje (ordinal)	- Escasa: 3, intermedia: 5, densa: 7.	DFO
	División del limbo (nominal)	- Pinnada: 1, bipinnada: 2.	DL
	Intensidad del color verde en la hoja (ordinal)	- Clara: 3, media: 5, oscura: 7.	IC
	Brillo de la hoja (ordinal)	- débil:3), medio: 5, fuerte: 7.	BH
	Pigmentación antocianica de las venas en hojas (nominal)	- Venas oscuras: 1, normales (claras):2.	PAVH
	INFLORESCENCIA		
	Tipo de inflorescencia (nominal)	- Generalmente unípara: 1, ambos: 2, generalmente múltipara: 3.	TI
	Color de flor (corola) (nominal)	- Blanco: 1, amarillo:2, anaranjado: 3, otro: 4.	CF
	Tipo de flor (corola) (dicotómicas)	-Cerrada: 1, abierta: 2.	TF
FRUTO	Capa de abscisión en pedúnculo (dicotómicas)	- Ausente: 1, presente: 9.	CAP
	Color en fruto no maduro (nominal)	- Blanco verduzco: 1, verde claro: 3, verde: 5, verde oscuro: 7, verde muy oscuro: 9.	CFNM
	Rayas verdes en fruto no maduro (dicotómicas)	- Ausente: 1, presente: 9.	RVFNM
	Intensidad del rayado (ordinal)	-Leve: 3, intermedia: 5, fuerte: 7.	IR
	Pubescencia de fruto no maduro (ordinal)	-Escasa: 3, intermedia: 5, densa: 7.	PFNM
	Color de fruto maduro (nominal)	-Verde: 1, amarillo: 2, naranja: 3, rosado: 4, rojo: 5, otro: 6.	CFM

1.20. Análisis estadístico

1.20.1. Análisis de los descriptores cuantitativos-cualitativos

Se realizó un análisis multivariante de la varianza mediante el uso del procedimiento Manova (Statistical Analysis System [SAS], 1983) y pruebas de medias, con el fin de conocer si existieron diferencias significativas entre las accesiones para el conjunto de descriptores. Se descartaron las variables que no mostraron variación entre accesiones.

1.20.2. Análisis de clasificación conjunto

Se realizó una estandarización con el método de estandarización de datos (STD) previo al análisis de agrupamiento con el método de DGower y la técnica de mínima varianza de Ward para la construcción del dendograma, la altura de corte se decidió con base en la pseudo F (Johnson, 1998). Se realizó un análisis de componentes principales a partir de la matriz de correlaciones de los datos. Posteriormente con los primeros vectores propios de este análisis se determinó la importancia de los caracteres con respecto a la variabilidad de los datos.

Con el fin de corroborar la pertinencia de la agrupación generada e identificar los caracteres responsables de este comportamiento se realizó un análisis discriminante en el que se consideró como variable categórica precisamente los grupos generados.

Los análisis estadísticos se realizaron con el programa estadístico SAS versión 9.0.

1.20.3. Caracterización climática de los sitios de obtención de las poblaciones

Se obtuvieron las variables bioclimáticas de WorldClim (Hijmans et al., 2005 (<http://www.worldclim.org/bioclim.htm>), con apoyo del programa DIVA-GIS; con los datos por localidad se estimaron: promedio, desviación estándar, máximo y mínimo para cada grupo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1.21. Componentes principales

Se revisó la matriz de datos, para corroborar que las variables presentaran valores diferentes entre accesiones, descartándose para el análisis de componentes principales, de agrupamiento y discriminante canónico, un total de 17 variables por su similitud en todas las poblaciones (Cuadro 5). Esta similitud indica que no hubo variación y que las 58 poblaciones de *Solanum lycopersicum* variedad *cerasiforme* estudiadas, eran uniformes en estos caracteres.

Cuadro 5. Caracteres que se manifestaron uniformes en todas las accesiones estudiadas de *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*. Las Agujas, Nextipac, Zapopan, Jalisco, México. Otoño-Invierno 2014.

Carácter	Expresión observada
Tipo de crecimiento de la planta	Indeterminado
Tipo de hoja	Estándar
Pigmentación antocianica del tercio superior de la planta	Ausente o muy débil
Densidad de pubescencia del tallo	Escasa
Posición o porte de la hoja	Colgante
Intensidad del color verde en la hoja	Media
División del limbo	Pinnada
Color de antocianina en las venas	Claras o normales
Color de flores	Amarillo
Tipo de inflorescencia	Unípara
Tipo de flor (corola)	Abierta
Capa de abscisión en el pedúnculo del fruto	Presente
Color del fruto no maduro	Blanco verduzco
Rayas presentes en fruto no maduro	Presente
Intensidad del rayado en fruto no maduro	Intensidad leve
Pubescencia en el fruto	Ausente o escasa
Número de lóculos	Dos

Medina y Lobo (2001) evaluaron ochenta y dos accesiones de la var. *cerasiforme*, veintitrés eran originarias de Ecuador, veinte de Perú, seis de Colombia, cuatro del Brasil, once de México, tres de Costa Rica, dos de Guatemala, una de Honduras, una del Salvador, tres de Estados Unidos de América, una de Borneo, una de Etiopía, una de Filipinas, una de India, una de Indonesia, una de Japón, una de Malasia y una de Zambia, reportan el hábito de crecimiento indeterminado como el más común en la planta silvestre de *S. lycopersicum* var *cerasiforme*. Álvarez et al. (2009), señalan que el hábito de crecimiento indeterminado, permite su comportamiento rastrero-trepador, común de encontrar en el tinguaraque (nombre común del tomate silvestre en el estado de Michoacán) encontrándose asociado a diferentes especies de plantas, por ejemplo, plantas de mejor porte donde se encuentran trepando entre las ramas espinosas del huizache (*Acacia* spp.) y dispersas entre gramíneas y malezas, la dispersión de sus ramas es una estrategia de sobrevivencia al ataque de plagas y animales, característica que la planta no ha perdido por su origen silvestre.

Agudelo et al. (2011) señala que en del banco de germoplasma de la Universidad Nacional sede Palmira, el 81.81% de 27 introducciones de *S. lycopersicum* var *cerasiforme* presentaron un crecimiento indeterminado, las demás introducciones tuvieron un crecimiento de tipo determinado.

Otras características comunes es que presentan flores amarillas, hoja estándar, pigmentación antocianica en tercio superior de la planta (como respuesta a la incidencia de la luz) hojas pinnadas y foliolos aserrados (Álvarez et al., 2009).

La forma de fruto más común es redonda y con 2 lóculos (Álvarez et al., 2009; Agudelo et al., 2011), con base en el tamaño de fruto, se distinguieron dos grupos de tomate silvestre: de fruto pequeño (1.05 a 1.22 cm de diámetro polar y 1.10 a 1.25 cm de diámetro ecuatorial) y de fruto grande (2.12 a 2.23 cm de diámetro polar y 2.41 a 2.55 de diámetro ecuatorial); el primero denominado en algunas regiones ojo de liebre y el segundo ojo de venado.

Fueron necesarios nueve componentes principales para explicar el 81% de la variabilidad presente en las poblaciones estudiadas provenientes de ocho estados de México (Cuadro 6). La mayor proporción se obtiene en los dos primeros componentes, del 24.08 % y 15.22 % respectivamente, y el resto de los componentes participan con proporciones que van de 10 % hasta 3%.

Cuadro 6; **Error! Marcador no definido.** Valores propios y proporción explicada de nueve componentes principales obtenidos a partir de 39 caracteres, en poblaciones silvestres de *Solanum lycopersicum* variedad *cerasiforme* provenientes de ocho estados de México. Las Agujas, Nextipac, Zapopan, Jalisco, México. Otoño-Invierno 2014.

Componente Principal	Valor propio	Diferencia	Proporción	Proporción acumulada
1	9.3922	3.4581	0.2408	0.2408
2	5.9340	2.0023	0.1522	0.3930
3	3.9317	0.6375	0.1008	0.4938
4	3.2942	0.6325	0.0845	0.5783
5	2.6617	0.7888	0.0682	0.6465
6	1.8730	0.1333	0.0480	0.6945
7	1.7396	0.2613	0.0446	0.7391
8	1.4783	0.1668	0.0379	0.7770
9	1.3115	0.1132	0.0336	0.8107

En principio se observa que la variación explicada por menos componentes principales se presenta cuando se emplean genotipos de mayor variabilidad, al combinar poblaciones modernas o comerciales, nativas cultivadas, semidomesticadas y silvestres. Por ejemplo, Santos (2004) en 70 genotipos comerciales de tomate incluyendo bola indeterminado, bola determinado, saladette indeterminado y saladete determinado, requirió de 10 componentes principales para explicar un 81% de la variabilidad.

Carrillo y Chávez (2010) en una colección de 49 accesiones de tomate semidomesticado (21) y silvestre (28) del Estado de Oaxaca, México, encontraron que los tres primeros componentes explicaron 86.25 % de la variación fenotípica total, esto por una amplia diversidad de tipos de fruto que fueron desde forma periforme o achatada a poblaciones de frutos más pequeños. Bonilla, et. al., (2014) registraron que los dos primeros componentes principales explicaron 77.03 % de la variación total en 40 colectas de tomate nativo, de las cuales 18 fueron de tomates "cuadrados" o tipo "pimiento", 15 fueron de tipo "riñón", cinco de "ojo de venado", y dos de "cherry" o "cereza" y el testigo híbrido comercial 'SUN7705' tipo "saladette" de hábito de crecimiento indeterminado. Del total de colectas, 35 fueron de Puebla y cinco de Oaxaca.

Cuadro 7; **Error! Marcador no definido.** Vectores propios de nueve componentes principales y suma de coeficientes absolutos por variable, en poblaciones silvestres de *Solanum lycopersicum* variedad *cerasiforme* de México. Las Agujas, Nextipac, Zapopan, Jalisco, México. Otoño-Invierno 2014.

Variables	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4	CP 5	CP 6	CP 7	CP 8	CP 9	Suma *
Longitud del entrenudo entre el noveno y décimo nudo	-0.0058	-0.0494	-0.0316	0.1457	-0.0975	-0.1144	0.3222	0.3894	0.4490	1.61
a* en hoja	0.1347	-0.1597	0.0679	0.2398	0.1154	0.1399	-0.3848	0.2516	0.0679	1.56
Ancho del foliolo terminal	0.0847	0.1660	0.0615	0.2973	-0.2039	-0.1418	-0.0846	-0.2997	0.1844	1.52
Días a inicio de floración	0.0876	0.1188	0.1647	-0.2925	-0.0411	0.1177	-0.2650	-0.0972	0.3189	1.50
Ángulo de la matiz hoja	0.0289	0.0304	0.3186	0.2450	0.2027	0.1296	-0.1788	0.2582	-0.0582	1.45
Longitud de la enredadera 27 días después de trasplante	-0.0614	-0.1498	-0.1202	0.3216	0.2196	-0.0854	0.3063	0.0315	-0.1009	1.40
Altura a la bifurcación	-0.0059	0.0414	-0.0171	-0.0749	0.4874	0.0914	0.0670	-0.2405	0.3119	1.34
Longitud de sépalo	-0.0140	0.1698	-0.2102	0.1222	0.1299	-0.2839	-0.3544	0.0209	0.0139	1.32
Longitud del eje de la inflorescencia madura	0.0843	0.1547	-0.2347	0.2514	0.1130	0.0258	0.1183	-0.1659	-0.1657	1.31
Relación Largo/Ancho del foliolo terminal	0.1197	0.0085	-0.0375	-0.2729	0.2326	0.1949	-0.0910	0.1647	-0.1777	1.30
L* (Luminosidad) en hoja	-0.1437	0.0819	0.2509	0.0671	0.0700	-0.0750	0.3189	-0.1382	0.1464	1.29
Ramificaciones hasta el primer racimo del tallo principal	0.0626	0.0343	-0.0185	-0.0988	0.4713	0.1759	0.0391	-0.3783	-0.0009	1.28
Croma en hoja	-0.1405	0.2686	0.1811	-0.1137	0.0270	-0.1617	0.1476	-0.0488	-0.1876	1.28
Longitud del pedicelo	0.0838	0.1956	-0.1874	0.1083	0.0744	0.1805	0.2289	0.1956	0.0139	1.27
b* en hoja	-0.1426	0.2659	0.1954	-0.1057	0.0303	-0.1668	0.1535	-0.0424	-0.1606	1.26
Peso del fruto maduro	0.0665	0.1835	-0.0810	-0.2508	0.2037	-0.0581	0.1098	0.2351	-0.0736	1.26
Longitud de estambre	-0.0849	0.1220	-0.2889	-0.0085	0.2251	-0.1724	-0.0559	0.1766	0.1165	1.25
Relación a*/b* en hoja	-0.0374	0.1222	0.3875	0.1879	0.1828	0.0150	-0.0536	0.2050	0.0090	1.20
L* (Luminosidad) en fruto	-0.2352	0.0912	-0.0737	0.0520	-0.0687	0.3730	0.0658	-0.0137	0.2112	1.18
Longitud del foliolo terminal	0.1748	0.1988	0.0448	0.1530	-0.0859	-0.0285	-0.1877	-0.2258	0.0788	1.18
Longitud de pétalo	-0.0971	0.2576	-0.1793	0.0327	0.1251	-0.0755	-0.1116	0.0170	0.2605	1.16

Continúa de Cuadro 7.

Sólidos solubles totales	-0.0544	-0.2165	0.0452	0.3058	0.0810	-0.0689	-0.1091	-0.2487	-0.0089	1.14
Índice de color en hoja	-0.0833	0.1413	0.3819	0.1602	0.1685	-0.0482	0.0139	0.1065	0.0263	1.13
Longitud de estilo	-0.0167	0.2342	-0.2905	0.0550	0.0198	-0.2240	-0.1658	0.1133	0.0085	1.13
Croma en fruto	-0.2332	0.1031	-0.0920	0.0470	-0.0703	0.3644	-0.0138	0.0062	0.1755	1.11
Diámetro del tallo	0.1869	0.2108	-0.0464	0.1828	0.0676	0.1328	0.0206	0.0302	-0.1792	1.06
Numero de flores por racimo	-0.0130	0.1332	-0.1691	0.2068	-0.1164	0.1062	0.0712	-0.0593	-0.1729	1.05
Color del fruto maduro	0.2193	-0.0791	0.0268	0.0338	0.0578	-0.1869	0.1340	0.0488	0.2458	1.03
b* en fruto	-0.2744	0.0849	-0.0670	0.0298	-0.1119	0.2653	0.0058	-0.0130	0.1437	1.00
Brillo de la hoja	0.0118	0.2091	0.0965	-0.1548	-0.1351	-0.2221	0.0149	-0.0241	0.1009	0.97
Densidad del follaje	0.1667	0.1725	0.0678	0.0747	-0.0867	0.1571	0.0489	-0.0040	-0.1751	0.95
Ancho de la hoja	0.1862	0.2433	0.0448	0.1006	-0.1166	0.0845	0.0852	-0.0623	0.0138	0.94
Longitud de hoja	0.2205	0.2358	0.0256	-0.0689	-0.0839	0.1087	-0.0362	0.0999	0.0351	0.91
Área foliar	0.2166	0.2551	0.0390	0.0001	-0.1005	0.1081	0.0411	0.0339	0.0228	0.82
a* en fruto	0.2781	-0.0971	-0.0050	0.0104	-0.0055	0.0633	0.0871	-0.0878	0.1535	0.79
Ángulo de la matiz en fruto	-0.1531	0.0333	0.0508	-0.0184	0.0611	-0.2009	-0.0979	-0.0560	0.0838	0.76
Índice de color en fruto	0.3075	-0.0627	0.0016	-0.0367	0.0187	-0.0736	0.1019	0.0013	0.0553	0.66
Relación a*/b* en fruto	0.3035	-0.0707	-0.0022	-0.0258	0.0222	-0.0207	0.0947	-0.0231	0.0909	0.65
Licopeno en fruto	0.3035	-0.0707	-0.0022	-0.0258	0.0222	-0.0207	0.0947	-0.0231	0.0909	0.65

A partir de los vectores característicos (Cuadro 7), al sumar los coeficientes de los valores absolutos correspondientes a cada variable con el propósito de identificar la contribución a la variabilidad entre genotipos en los nueve componentes principales y su utilidad para discriminar genotipos, es posible observar que los valores van de 0.65 a 1.61. Se observan características de planta, hoja, flor y fruto en diferentes posiciones al colocar las sumas en orden descendiente, lo que indica que la contribución de cada característica morfológica en estos nueve componentes principales es variable.

Las características longitud del entrenudo (entre noveno y décimo nudo), coordenada colorimétrica a^* de hoja, ángulo de matiz Hue en hoja, número de flores por ramificación, ancho foliolo terminal desde su punto más ancho al ápice, altura a la bifurcación, ramificaciones hasta el primer racimo en tallo principal y días a inicio de floración son las características cuyas sumas de vectores son mayores, sin embargo las características con mayor peso en los componentes principales uno y dos se presentaron con sumas de valores absolutos desde altas como coordenada colorimétrica a^* de hoja, intermedias (croma del color de fruto) y bajas (largo de hoja).

Recordando que en los dos primeros componentes principales se acumulan el 39% de la variación, el primer componente (CP 1), explicó el 24.08 % de dicha variación (Cuadro 7) y el mayor aporte es realizado por las variables diámetro de tallo, largo y ancho de hoja, largo del foliolo terminal, color de fruto maduro estimado visualmente y con el colorímetro en los parámetros a^* (todos con valores positivos y asociados al color rojo presente en la mayoría de las accesiones) y Luminosidad, Coordenada colorimétrica b^* de fruto y Croma (valores negativos, tendiendo a color rojo medio a oscuro y con menor luminosidad).

El segundo componente principal (CP 2) explicó el 15.22 % de la variación (Cuadro 7) y es determinado por las variables longitud del pétalo, pedicelo y excursión del estigma además de brillo de hoja, además de los parámetros Croma y b^* del color de hoja (todos de valores positivos que se relacionan a color verde amarillento en la hoja) y coordenada colorimétrica a^* de hoja así como grados Brix (valor negativo).

1.22. Análisis de Agrupamiento

El dendograma de la Figura 3 se construyó con base en el método de “Dgower” y la técnica “mínima varianza de Ward” con una altura de corte de $0.05 r^2$ semiparcial, definida a partir del criterio de la pseudo F (Figura 2). Esta opción determinó que el número de grupos óptimos fueron cuatro, los cuales incluyeron 14, 18, 15 y 11 accesiones respectivamente.

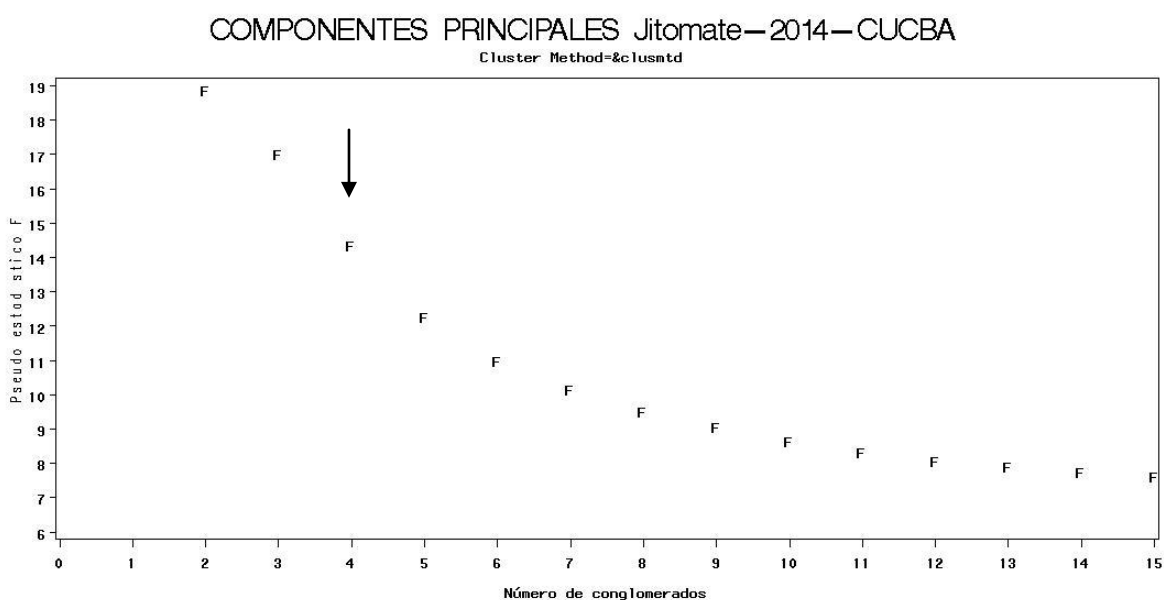


Figura 2. Conformación de grupos de acuerdo al criterio de la pseuestadística f del dendograma para 39 atributos morfológicos en 58 accesiones de *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* de México.

De acuerdo al dendograma (Figura 3), los grupos se conformaron de la manera como se presentan en el Cuadro 8.

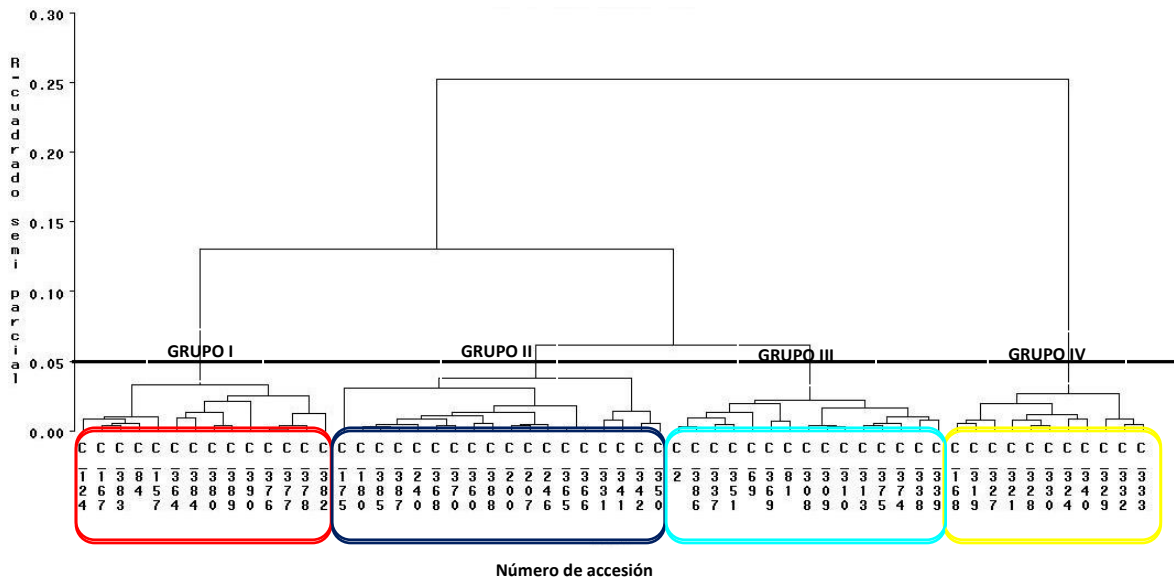


Figura 3. Dendrograma resultado del análisis de agrupamiento bajo el método mínima varianza de Ward y distancia de Gower para 39 atributos morfológicos en 58 accesiones de *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* de México, Las Agujas, Nextipac, Zapopan, Jalisco, México. Otoño-Invierno 2014.

Si bien la mayoría de las colectas procedentes de la misma región tienden a incluirse en un grupo, también se observó la presencia de colectas procedentes de otras regiones en el mismo grupo (Figura 3), las cuales aunque son de diferentes regiones, comparten características climáticas y de tipos de suelo similares con las regiones predominantes en los grupos. Estos resultados son similares a los obtenidos por Benor, Zhang, Wang, y Zhang (2008) al agrupar genotipos del mismo origen geográfico en el mismo grupo compartiendo genes similares, y en subgrupos se observaron colectas con diferente origen geográfico.

Cabe destacar que en el Grupo I se integran accesiones de un mayor número de regiones diferentes del país, comprendiendo ocho estados de la República Mexicana, en tanto que los grupos II y III integraron accesiones de cinco estados, y por último el grupo IV que sólo integró accesiones de tres estados.

Cuadro 8; **Error! Marcador no definido.** Grupos de accesiones con base en el método de Dgower y la y la técnica mínima varianza de Ward. para 39 atributos morfológicos en 58 accesiones de *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* de México. Las Agujas, Nextipac, Zapopan, Jalisco, México. Otoño-Invierno 2014.

Grupo	Accesión	Localidad	Municipio	Estado
I	124	Las mesitas	San Sebastián del Oeste	Jalisco
	167	La cerca Quimichis	Tecuala	Nayarit
	383	Ahuacapan	Autlán	Jalisco
	84	Alcaraces	Cuauhtémoc	Colima
	157	Casimiro Castillo	Casimiro Castillo	Jalisco
	364	Cuerámaro	Cuerámaro	Guanajuato
	384	Colonia Tepuente	Cuernavaca	Morelos
	380	Arroyo Seco	Arroyo Seco	Querétaro
	389	Benito Juárez	Benito Juárez	Michoacán
	390	Comalcalco	Comalcalco	Tabasco
	376	Pitzquintla	Jalpan de Serra	Querétaro
	377	Rincón de Pitzquintla	Jalpan de Serra	Querétaro
	378	Jalpan	Jalpan de Serra	Querétaro
	382	Tancama	Jalpan de Serra	Querétaro
II	175	Melaque	Cihuatlán	Jalisco
	180	Lomas de Tejada	Tlajolmulco de Zuñiga	Jalisco
	385	Pinar de la Venta	Zapopan	Jalisco
	387	San Cristóbal de la Barranca	San Cristóbal de la Barranca	Jalisco
	240	Central Camionera Nueva	Tonala	Jalisco
	368	El Capulín	Salvatierra	Guanajuato
	370	Apaseo el Alto	Apaseo el Alto	Guanajuato
	360	Capilla de Guadalupe	Tepatitlán de Morelos	Jalisco
	388	San Miguel Chichimequillas	Zitácuaro	Michoacán
	200	Acatic	Tepatitlán	Jalisco
	207	Rancho La Joya	Magdalena	Jalisco
	246	Santiaguito	Etzatlán	Jalisco
	365	Ejido La Cantera	Tepic	Nayarit
	366	Presa Aguamilpa	Tepic	Nayarit
	331	Rincón de Guayabitos	Compostela	Nayarit
	341	Numaran	Buenavista	Michoacán
	342	Jamay	Jamay	Jalisco
350	Apaseo el Alto	Apaseo el Alto	Guanajuato	
III	2	Quexpan-Las Raíces	Ameca	Jalisco
	386	San Anita	Tlaquepaque	Jalisco
	337	Villamar	Villamar	Michoacán
	351	Lagos de Moreno	Lagos de Moreno	Jalisco

	69	Tequila (Rancho El Indio)	Tequila	Jalisco
	369	San José de Ojo Zarco	Jaral del Progreso	Guanajuato
	81	San Miguel del Zapote	Techaluta de Montenegro	Jalisco
	308	El Capricho	Tuxcueca	Jalisco
	309	Mismaloya	Tuxcueca	Jalisco
	310	Petatán	Cojumatlán	Michoacán
	313	Xalisco	Xalisco	Nayarit
	375	Valtierrilla	Salamanca	Guanajuato
	374	La Magdalena de Araceo	Valle de Santiago	Guanajuato
	338	Emiliano Zapata	Villamar	Michoacán
	339	Celaya	Celaya	Guanajuato
IV	168	Rosamorada	Rosamorada	Nayarit
	319	Tierra Generosa	Tecuala	Nayarit
	327	Coamiles	Tuxpan	Nayarit
	321	Tecuala	Tecuala	Nayarit
	328	El Limón	Santiago Ixcuintla	Nayarit
	330	Ejido Peñita de Jaltemba	Compostela	Nayarit
	324	El Zapote	Tecuala	Nayarit
	340	Tanaquillo	Chilchota	Michoacán
	329	El Limón	Santiago Ixcuintla	Nayarit
	332	El Capomo	Compostela	Nayarit
	333	Tierras Coloradas	Tepatitlán de Morelos	Jalisco

Se obtuvieron 19 variables bioclimáticas de WorldClim (Hijmans et al., 2005 (<http://www.worldclim.org/bioclim.htm>), con los datos por localidad se estimaron: promedio, desviación estándar, máximo y mínimo para cada grupo (Cuadros 9 y 10). La temperatura promedio anual y la precipitación anual fueron mayores en el grupo IV, seguido por los grupos I, II y III en orden decreciente. El mismo comportamiento se observa en las temperaturas promedio del mes más cálido y más seco y las temperaturas promedio del mes y trimestre más fríos; así como en la precipitación del mes y trimestre más lluvioso. La precipitación del mes y trimestre más seco se presenta en el siguiente orden: Grupo I, seguido de los grupos III, II y IV en orden descendiente. Sin embargo hay localidades donde claramente se puede identificar divergencia en cuanto a su origen como en el Grupo IV donde la mayor parte de las accesiones pertenecen a la región centro norte del estado de Nayarit, en la planicie costera del pacífico, pero la accesión 340 de Tanaquillo, Michoacán y 333 de Tierras Coloradas en Tepatitlán, claramente difieren del resto de las localidades mencionadas.

Cuadro 9; **Error! Marcador no definido.** Estadísticos de temperaturas por grupos de accesiones (Hijmans et al., 2005
<http://www.worldclim.org/bioclim.htm>).

Grupo	Estadísticos	Temperatura media anual (°C)	Temperatura máxima del mes más cálido (°C)	Temperatura mínima del mes más frío (°C)	Temperatura promedio del trimestre más lluvioso (°C)	Temperatura promedio del trimestre más seco (°C)	Temperatura promedio del trimestre más cálido (°C)	Temperatura promedio del trimestre más frío (°C)
I	Promedio	22.0	32.8	10.4	23.6	20.6	24.6	18.8
	Desviación estándar	2.1	1.5	3.1	2.1	2.8	2.2	2.3
	Máximo	26.5	35.2	18.2	27.6	27.6	28.6	23.5
	Mínimo	17.7	28.5	6.2	18.7	15.5	19.6	15.5
II	Promedio	20.1	31.6	7.9	22.1	19.3	22.8	17.0
	Desviación estándar	2.4	1.5	3.3	2.5	2.4	2.3	2.7
	Máximo	26.1	33.4	16.6	28.4	24.3	28.4	24.1
	Mínimo	16.3	27.0	4.0	17.5	16.1	18.4	13.8
III	Promedio	19.3	31.2	6.6	21.4	18.7	22.0	15.9
	Desviación estándar	1.2	1.4	1.4	1.3	1.2	1.2	1.3
	Máximo	21.9	34.7	9.3	24.2	21.2	24.5	18.5
	Mínimo	17.9	29.7	3.6	19.8	16.6	20.5	14.3
IV	Promedio	23.7	32.6	12.5	26.3	22.6	26.6	20.3
	Desviación estándar	2.7	1.0	3.9	3.1	2.5	2.8	2.7
	Máximo	25.5	33.5	15.2	28.4	24.2	28.4	22.2
	Mínimo	17.3	29.6	3.6	18.7	16.8	19.9	14.0

Cuadro 10. Estadísticos de precipitaciones por grupos de accesiones (Hijmans et al., 2005 (<http://www.worldclim.org/bioclim.htm>)).

Grupo	Estadísticos	Precipitación anual (mm)	Precipitación del mes más lluvioso (mm)	Precipitación del mes más seco (mm)	Precipitación del trimestre más lluvioso (mm)	Precipitación del trimestre más seco (mm)	Precipitación del trimestre más cálido (mm)	Precipitación del trimestre más frío (mm)
I	Promedio	1024.1	234.8	8.4	617	35	370	68
	Desviación estándar	341.6	67.1	10.7	203	40	143	98
	Máximo	1959.0	406.0	45.0	1130	177	693	419
	Mínimo	698.0	159.0	0.0	362	10	168	24
II	Promedio	913.2	234.4	4.4	612	21	404	38
	Desviación estándar	173.9	63.5	1.6	150	5	234	12
	Máximo	1320.0	373.0	7.0	992	33	992	75
	Mínimo	629.0	130.0	2.0	382	13	170	27
III	Promedio	807.7	195.9	5.9	521	22	293	36
	Desviación estándar	135.7	44.4	1.4	113	3	163	7
	Máximo	1219.0	313.0	8.0	856	27	811	57
	Mínimo	634.0	141.0	3.0	390	13	170	26
IV	Promedio	1258.3	348.5	2.6	943	15	764	44
	Desviación estándar	153.5	56.4	1.4	155	4	224	16
	Máximo	1403.0	415.0	5.0	1102	25	1042	72
	Mínimo	910.0	250.0	1.0	617	12	245	30

1.23. Análisis Biplot

En la Figura 4 se presenta un gráfico biplot con los resultados de los componentes principales uno y dos, que como se comentó anteriormente reúnen 39.3% de la variación total. Al considerar el tercer componente principal se explicaba el 49 % de la variación total, pero en el gráfico obtenido no se observaron cambios trascendentales en la disposición de las accesiones razón por la cual se decidió continuar el análisis en el gráfico Biplot. En este gráfico (Figura 4), es posible observar que las accesiones se distribuyeron en los cuadrantes I (14 accesiones), II (18 accesiones), III (15 accesiones), por último el IV (11 accesiones).

Cuadro 11; **Error! Marcador no definido.** Grupos de accesiones de *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* obtenidos a partir de caracterización morfológica. Las Agujas, Nextipac, Zapopan, Jalisco, México. Otoño-Invierno 2014.

Cuadrante	Frecuencia	Grupos				Característica
I	14	(1)				Mayor área foliar, Hoja y folíolos más largos, tallo más grueso, color de hoja verde oscuro de mayor opacidad; Frutos de color rojo intenso
		No.	Accesión	No.	Accesión	
		4	84	48	378	
		5	124	49	380	
		6	157	50	382	
		7	167	51	383	
		38	364	52	384	
		46	376	57	389	
II	18	(2)				Plantas de menor porte, folíolos más anchos, hoja verde brillante, flores más grandes, eje de los racimos florales más largos; frutos de mayor peso, de color naranja a rojo naranja.
		No.	Accesión	No.	Accesión	
		9	175	35	350	
		10	180	37	360	
		11	200	39	365	
		12	207	40	366	
		13	240	41	368	
		14	246	43	370	
III	15	(3)				Este grupo destaca por plantas de menor longitud, entrenudos más cortos, hojas verde oscuro y menor contenido de azúcares (Valores más bajos de Grados Brix)
		No.	Accesión	No.	Accesión	
		1	2	30	338	
		2	69	31	339	
		3	81	36	351	
		15	308	42	369	
		16	309	44	374	
		17	310	45	375	
IV	11	(4)				Este grupo sobresale por frutos de color amarillo pálido
		No.	Accesión	No.	Accesión	
		8	168	24	329	
		19	319	25	330	
		20	321	27	332	
		21	324	28	333	
		22	327	32	340	
23	328					

1.1. Análisis discriminante

En el análisis realizado con las funciones lineales discriminantes (procedimiento discrim de SAS 9.0), se corroboró que el agrupamiento realizado fue el correcto ya que ninguna colecta evaluada fue colocada en algún grupo diferente al original.

CONCLUSIONES

Existió variación morfológica en las 58 accesiones estudiadas provenientes de ocho estados de la República Mexicana.

Los descriptores morfológicos cuantitativos y cualitativos permitieron separar en cuatro grupos las accesiones de *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* que indican la existencia de características diferentes entre las accesiones estudiadas.

Estas características permiten distinguir entre plantas de mayor follaje, con foliolos más grandes y tallos más gruesos así como frutos de color rojo más intenso, aspectos que se destacan en las accesiones del grupo I; en contraste las accesiones del grupo IV se distinguen por frutos de color amarillo, follaje de color verde más claro y más reducido en tamaño. El grupo III plantas de menor longitud, entrenudos más cortos, hojas verde oscuro y menor contenido de azúcares.

Los grupos no estuvieron constituidos por accesiones procedentes de una sola región.

LITERATURA CITADA

- Agarwal, S., A. V. Rao. (2000). Tomato lycopene and its role in human health and chronic diseases. *Canadian Medical Association Journal*. 163(6):739-744
- Agudelo, A.G.; Ceballos Aguirre N. y Orozco, F.G. (2011). Caracterización morfológica del tomate tipo cereza (*Solanum lycopersicum* L.). *Agronomia*, 19(2), 44-53.
- Álvarez-Hernández, J.C., Cortez Madrigal H. y García Ruiz I. (2009). Exploración y caracterización de poblaciones silvestres de tomate (*solanáceae*) en tres regiones de Michoacán, México. *Polibotanica*, 28, 139-159.
- Arellano Rodríguez L.; Rodríguez Guzmán E.; Ron Parra J.; Martínez Ramírez J.; Lozoya Saldaña H.; Sánchez Martínez J., et al. (2013). Evaluación de resistencia a *Phytophthora infestans* en poblaciones silvestres de *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(5), 753-766.
- Asteguiano, E. D., J.C. Favaro, C.A. Bouzo. (2001). Estimación del área foliar en distintos cultivares de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) utilizando medidas foliares lineales. *Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg.* Vol. 16 (2):249-256.
- Astorga, M. P. y Ortiz, Juan C. (2006). Variabilidad genética y estructura poblacional del tunicado *Pyura chilensis* Molina, 1782, en la costa de Chile. *Rev. chil. hist. nat.* 79 (4): 423-434
- Benor, S., Zhang, M., Wang, Z., & Zhang, H. (2008). Assessment of genetic variation in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) inbred lines using SSR molecular markers. *Journal of Genetics and Genomics*, 35(6), 373-379. doi: 10.1016/S1673-218527(08)60054-5
- Boada Higuera M.Y. Mejía Ramírez J.L. Ceballos Aguirre N. y Orozco F.J. (2010). Evaluación agronómica de treinta introducciones de tomate silvestre tipo cereza (*Solanum lycopersicum* L.). *Agronomia*, 18(2), 59-67.
- Bonilla-Barrientos, O. Lobato-Ortiz, R. García-Zavala, J. J. Cruz-Izquierdo, S. Reyes-López, D. Hernández-Leal, E. y Hernández-Bautista, A. (2014). Diversidad agronómica y morfológica de tomates arriñonados y tipo pimiento de uso local en Puebla y Oaxaca, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 37(2): 129-139.
- Brezhnev, D. D. (1958). Tomat. In "Ovoshchnye paslenovye (Tomat, Baklazhan, Chernyi Paslen, Dynnaia Grusha, Perets, Fizalis, Mandragora)." *Kul'turnaia Flora SSSR*, ed. P. M. Zhukovskii, 20: 7-278. Moscow, Leningrad: State Printing House.
- Kolos Calvert, A. (1969). Studies on the post-initiation development of flower buds of tomato (*Lycopersicum esculentum*). *Journal of Horticultural Science*. pp. 44:117-126
- Carrillo Rodríguez J.C. y Chávez Servia J.L. (2010). Caracterización agromorfológica de muestras de tomate de Oaxaca. *Fitotecnia Mexicana*, 33(4), 1-6.

- Chamarro J., (1995). Anatomía y fisiología de la planta de tomate. En: El cultivo de tomate. Nuez, F. ed. Mundi-Prensa, Bilbao, España, pp. 43-91
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. CONABIO. (2015). <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/solanaceae/lycopersicon-esculentum/fichas/ficha.htm>. Consulta 10 de enero de 2015.
- Comisión Nacional para el desarrollo y uso de la Biodiversidad. CONABIO. (2015). Tomate (*Solanum lycopersicum*). Naturalista. http://conabio.inaturalist.org/taxa/51737-Solanum-lycopersicum#Los_tomates_silvestres. Consulta 12 enero 2015.
- Correll D. S. (1962). The potato and its wild relatives. Sección Tuberarium of the Genus *Solanum*. Contributions from the Texas Research Foundation 4. Texas Research Foundation, Renner, Texas.
- Crisanto Juárez A.U.; Vera Guzmán A.M.; Chávez Servia J.L. y Carrillo Rodríguez, J.C. (2010). Calidad de frutos de tomates silvestres (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme* Dunal) de Oaxaca, México. *Fitotecnica Mexicana*, 33(4), 7-13.
- Cuevas A. C T., O. Vargas, y A. Rodríguez. (2008). Diversidad de la familia *Solanaceae* en el estado de Jalisco. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 79: 67-79.
- Curtis, R.H.C. (1996). Identification and in situ and in vitro characterization of secreted proteins produced by plant-parasite nematodes. *Parasitology* 113:589-597.
- D'Arcy, W. (2001). *Solanaceae*. En W. D. Stevens, C. Ulloa U., A. Pool y O. M. Montiel (eds.). *Flora de Nicaragua. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden*. Vol. 85, tomo III. St. Louis, Missouri.
- Demey, J. F. (2008). Diversidad Genética en Bancos de Germoplasma: Un Enfoque Biplot. Tesis Doctoral. Departamento de Estadística. Universidad de Salamanca. Salamanca, España. 226 p.
- Doebley, J. (1989). Isozymic evidence and the evolution of crop plants, In *Isozymes in Plant Biology*, D. Soltis, and P. Soltis, eds. (Portland, Oregon: Dioscorides Press), pp. 165-191.
- Domene-Ruiz, M. Á. y Segura-Rodríguez M. (2014). Fichas de transferencia. Grupo Cooperativo Cajamar. Núm.3. Fundación Cajamar. España. Disponible en <http://www.fundacioncajamar.es/pdf/bd/comun/transferencia/003-calidad-externa-1401191044.pdf>

- Ensminger, A. H., Ensminger M. E., Konlande J. E., and Robson J. R. K. (1995). The concise encyclopedia of foods and nutrition. Boca Raton, Florida: CRC Press. 1178 p.
- Esquinas-Alcazar, J.T. (1981). Genetics Resources of Tomatoes and Wild Relatives. International Board for Plant Genetic Resources. Rome, Italy. 81 p.
- Florido M.; Alvares M.; Lara R.M.; Plana D.; Caballero A.; Florido R., et al. (2008). análisis de la variabilidad morfoagronómica en la colección de tomate (*Solanum L.* sección *Lycopersicon* subsección *Lycopersicon*) conservada *ex situ* en Cuba. *Cultivos Tropicales*, 29(2), 43-48.
- Franco, T. L. y Hidalgo, R. (eds.). (2003). Análisis Estadístico de Datos de Caracterización Morfológica de Recursos Fitogenéticos. Boletín técnico no. 8, Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), Cali, Colombia. 89 p.
- George, A. R. (1989). Producción de semillas en las plantas hortícolas. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. pp. 213-226.
- González I., A. (1991). El Tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) aspectos relevantes para su cultivo en México. Tesis Profesional de licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. 707 p.
- Habermann, G. J. (2009). La exportación de tomate mexicano. Un caso de éxito. Verificado febrero 2009. Disponible www.cidh.org.mx
- Hayward, H.E. (1953). Estructura de las plantas útiles. Editorial ACME, S.A. Tomo II. Buenos Aires, Argentina. pp. 547-574
- Hawkes, J.G., Maxted, N. and Ford-Lloyd, B.V., (2000). The ex situ conservation of plant genetic resources. Pp. 1–250. Kluwer, Dordrecht.
- Hernández X. E. (1998). Aspectos de la domesticación de las plantas en México: Una apreciación personal. In Ramamoorthy T.P., Bye R., Lot A., Fa J. [Compiladores], Diversidad biológica de México: Orígenes y distribución, 715-735. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México.
- Hijmans, R. J., S. E. Cameron, J. L. Parra, P. G. Jones and A. Jarvis. (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25:1965-1978.
- Integrated Taxonomic Information System (ITIS). (2008). Integrated Taxonomic Information System - ITIS * North America

- http://siit.conabio.gob.mx/pls/itisca/next?v_tsn=566309. Consulta 24 de octubre de 2015.
- Jaramillo J. Rodríguez V.P., Guzmán M., zapata M., Rengifo T. (2007). Manual Técnico Buenas Prácticas Agrícolas –Bpa En La producción de Tomate Bajo Condiciones Protegidas. Corpoica – Mana – Gobernación de Antioquia – Fao. 331 P.
- Jenkins, J. A., (1948). "The Origin of the Cultivated Tomato", en *Economic Botany*, 2: 379-392.
- León, J. (1987). *Botánica de los cultivos tropicales*. Ed. IICA. San José, Costa Rica. Pp. 166-170
- Lindhout, P.; Pet, G.; Jansen, R. y Jansen, H. (1991). Genetic differences in growth within and between *Lycopersicon* species. *Euphytica* 57: 259-265
- Meléndez-Martínez, A. J.; Vicario, I. S.; Heredia, F. J. (2003). Application of tristimulus colorimetry to estimate the carotenoids content in unfrozen orange juices. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51, 7266-7270.
- Michel, R. E. (2014). Retos y oportunidades del tomate rojo (III). Recuperado de <http://eleconomista.com.mx/columnas/agro-negocios/2014/11/05/retos-Oportunidades-tomate-rojo-iii>
- Mittermeier, R y Goettsch, C. (1992). La importancia de la diversidad biológica de México. Pp. 57-62, en: México ante los retos de la biodiversidad. (J. Sarukhán y R. Dirzo, compiladores). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- Natural History Museum. (2009). *Solanum lycopersicum* L. Sp. Pl. 185. 1753. Recuperado de <http://www.nhm.ac.uk/researchcuration/research/projects/solanaceaesource/taxonomy/description-detail.jsp?spnumber=3601>.
- Nuez F M J, Diez B Pico y F Fernández de Córdoba (1996) Catálogo de semilla de tomate. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Ed. INTA. Madrid España. pp 14-29.
- Nuez, F. (2001). *El cultivo del tomate*. Ediciones Mundiprensa. Madrid, España. 793 p.

- Núñez-Colín, C. A., y Escobedo-López, D. (2011). Uso correcto 1 de análisis clúster en la caracterización de germoplasma vegetal. *Agronomía Mesoamericana*, 22(2), 415-427. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43722407018>
- O'Connell, M.A., A.L. Medina, P.P. Sanchez, and M.B. Trevino. (2007). Molecular genetics of drought resistance response in tomato and related species, pp. 261–283. In: M.K. Razdan and A.K. Mattoo (eds.). *Genetic improvement of Solanaceous crops*, Vol. 2: Tomato. Science Publishers, Enfield, Conn.
- Ordás A, Malvar R.A, Ron A.M. (1994). Relationships among American and Spanish populations of maize. *Euphytica* 79:149-161
- Peralta, I.E. and D. M. Spooner. (2000). Classification of wild tomatoes: a review. *Kurtziana* 28 (1): 45-54. Peralta IE, Knapp S, Spooner DM. 2005. New species of wild tomatoes (*Solanum* Section *Lycopersicon*: *Solanaceae*) from Northern Peru. *Systematic Botany*. 30: 424–434.
- Peralta, I.E. & D.M. Spooner. (2001). Granule-bound starch synthetase (GBSSI) gene phylogeny of wild tomatoes [*Solanum* L. section *Lycopersicon* (Mill.) Wettst. subsection *Lycopersicon*]. *American Journal of Botany* 88: 1888-1902.
- Peralta, I.E., S. Knapp, and D.M. Spooner (2006). Nomenclature for wild and cultivated tomatoes. *Rep. Tomato Genet. Coop.* 56: 6-12. Peralta, I.E., S. Knapp, and D.M. Spooner 2006. Nomenclature for wild and cultivated tomatoes. *Rep. Tomato Genet. Coop.* 56: 6-12.
- Peralta, I.E. and D.M. Spooner. (2007). History, origin and early cultivation of tomato (*Solanaceae*). pp 1-27. In: *Genetic Improvement of Solanaceous Crops*, Vol. 2: Tomato. M.K. Razdan and A.K. Mattoo (eds.), Science Publishers, Enfield, USA.
- Peralta, I.E., D.M. Spooner, and S. Knapp. (2008). The taxonomy of tomatoes: a revision of wild tomatoes (*Solanum* section *Lycopersicon*) and their outgroup relatives in sections *Juglandifolium* and *Lycopersicoides*. *Syst. Bot. Monogr.* 84: 1-186
- Pérez, G. M., Márquez, S. F. y Peña, L. A. (1997). *Mejoramiento genético de hortalizas*. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México. 380 p.
- Pozo-Campodónico O., S. Montes H. y Redondo J. E. (1991). El chile (*Capsicum* spp.). En: *Avances en el estudio de los recursos fitogenéticos de México*. Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. México, pp. 217-238.

- Peteira, B.; Fernández, E.; González-Chávez, M.; Shagarodsky, T. y Miranda, I. (2001). Aplicación de marcadores RAPD al estudio de la diversidad genética en variedades de tomate y especies salvajes relacionadas en Cuba. *Rev. Protección Vegetal*, vol. 16, no. 2-3, p. 84-91.
- Pratta, G., R. Zorzoli, & L. A. Picardi. (2000). Interacciones genéticas entre germoplasma silvestre y cultivado de *Lycopersicon* spp., con efectos sobre la calidad del fruto de tomate. *Plant Genetics Resources Newsletter* 124: 7-12.
- Ramanatha Rao, V. y T. Hodgkin, 2002. "Genetic diversity and conservation and utilization of plant genetic resources". *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 68: 1-19.
- Ranc N., S. Muños, S. Santoni and M. Causse. 2008. A clarified position for *solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* in the evolutionary history of tomatoes (*Solanaceae*). *BMC Plant Biology* 8: 130. Recuperado de <http://www.biomedcentral.com/1471-2229/8/130>.
- Reguero, M. T. 2002. El tomate como fuente de salud. *Revista Carrusel*. Bogota, Colombia. pp. 1-3
- Rentería, G. M. 2013. Nutrición de tomate y producción de licopeno. (Tesis de Maestría en Ciencias) Montecillo, Texcoco, México. Colegio de Postgraduados. Posgrado en Edafología. 82 p.
- Restrepo S., E. F. C. Vallejo, F. Alirio y M. Lobo (2006). Evaluación de la resistencia al pasador del fruto *Neoleucinodes elegantis* y caracterización morfoagronómica de germoplasma silvestre de *Lycopersicon* spp. *Acta Agronómica* 55:1-10.
- Rick, C.M. (1973). Potential genetic resources in tomato species: clues from observations in native habitats. In: A. Hollaender and S. M. Srb (eds.), *Genes, Enzymes and Populations*. Plenum Press. New York, USA. pp. 255-269.
- Rick, C.M. (1976). Tomato *Lycopersicon esculentum* (*Solanaceae*). In: N W Simmonds (ed.) *Evolution of crop plants*. Longman London. Pp. 268-273.
- Rick, C. M. (1978). The tomato. *Sci. Amer.* pp 76-89
- Rick C M and M Holle (1990). Andean *Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*: Genetic variation and its evolutionary significance. *Economic Botany* 44 (3 Supplement): 69-78.

- Rick, C. M., H. Laterrot, J. Philouze. (1990). A revised key for the *Lycopersicon* species. Tomato Genetics Cooperative Report 40: 31.
- Rick, C. M., and J. I. Yoder. (1988). Classical and molecular genetics of tomato: Highlights and perspectives. Annual Review of Genetics 22 : 281 – 300 .
- Rodríguez Guzmán E.; Vargas Canela D.; Sánchez Martínez J.; Lépiz Idelfonso R.; Rodríguez Contreras A.; Ruiz Corral J., et al. (2009). Etnobotánica de *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* en el occidente de México. *Naturaleza y Desarrollo*, 7 (2), 45-57.
- Ross, H. (1986). "Potato breeding: problems and perspectives". Advanced Plant Breeding 13: 1-132.
- Sánchez PP, SE Fender & MA O'Connell (1995) Leaf water relation of *Lycopersicon chilense* during a drought cycle. Tomato Genetics Coop Report 45: 40-41.
- Sánchez, P.P., K. Oyama, J. Núñez F., J. Formoni, S. Hernández V., J. Márquez G., J.A. Garzón T., 2006. "Sources of resistance to whitefly (*Bemisia* spp.) in wild populations of *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* (Dunal) Spooner G. J. Anderson et R.K. Jansen in Northwestern México". Genetic Resources and Crop Evolution, 53: 711–719.
- Santos C. J.F. (2004). Caracterización morfológica y de calidad de 70 genotipos comerciales de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.).(Tesis Ingeniero Agrónomo Especialista en Fitoecnia), Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Fitotecnia. Chapingo, México. 43p.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2013). Consultado 09-11-2013 en <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/>
- Sneath, P.H.A.; Sokal, R.R. (1973). Numerical taxonomy: The principles and practice of numerical classification. Freeman W.H. and Co. San Francisco. USA. 573p.
- Spooner, D.M., G. J. Anderson, and R.K. Jansen. (1993). Chloroplast DNA evidence for the interrelationships of tomatoes, potatoes, and pepinos (*Solanaceae*). American Journal of Botany 80 (6): 676-688.
- Spooner, D.M., I.E. Peralta and S. Knapp. (2005). Comparison of AFLPs with other markers for phylogenetic inferences in wild tomatoes [*Solanum l.* section *Lycopersicon* (Mill.) Wettst.]. Taxon 54: 43-61.
- Stalker, H.T. (1980). Utilization of wild species for crop improvement. Advances in Agronomy 33: 111-147. 7
- Stevens, M.A. (1986). Inheritance of tomato fruit quality components. In: Janick, J. (Ed.). Plant breeding review. Westport: AVI, 4, p.273-311.

- Taylor, I. B. (1986). Biosystematic of the tomato, in .I. G. Atherton & .I. Rudich (eds.). The tomato crop' a scientific basis for improvement, pp. 1- 34. Chapman and Hall, London.
- Vallejo, F.A. (1999). Mejoramiento genético y producción de tomate en Colombia. Cali: Editorial Feriva. 216 p.
- Vásquez Ortiz R. Carrillo Rodríguez J.C. y Ramírez Vallejo P. (2010). Evaluación morfo-agronómica de una muestra del tomate nativo del Centro y Sureste de México. *Naturaleza y Desarrollo*, 8(2), 49-64.
- Van Hintum, Th.J.L. and Knüpffer, H. (1995). Duplication within and between germplasm collections I: Identifying duplication on the basis of passport data. *Genetic Resources and Crop Evolution* 42(2), 127–133.
- Vallejo Cabrera, F. A.; Pava, J. H.; Vargas, J. A. y Araujo A. (1994). Caracterización morfo-agronómica de especies y variedades botánicas del género *Lycopersicon*. *Acta Agronómica* 44 (1/4): 37-50.
- Vavilov, N.I. (1992). Origin and Geography of Cultivated Plants (V.F. Dorofeev, ed.). Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Warnock S J (1991). Natural habitats of *Lycopersicon* species. *Hortscience*, 26: 466-471.
- Weier, T. E., C. R. Stoching y M.G. Barbour. 1980. Botánica. Quinta Ed. Edit. Limusa. México, D. F.

APÉNDICE

Cuadro A1; **Error! Marcador no definido.** Parámetros estadísticos de 39 caracteres de las 58 poblaciones de tomate silvestre utilizadas en la caracterización morfológica. Las Agujas, Nextipac, Zapopan, Jalisco, México. Otoño-Invierno 2014.

Características	Media	Máximo	Mínimo	Rango	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Ramificaciones hasta el primer racimo del tallo principal	8.7	13.0	5.0	8.0	1.47	16.80
Altura a la bifurcación	18.6	50.0	6.1	43.9	5.29	28.44
Longitud del entrenudo entre el noveno y décimo nudo	7.7	29.2	2.5	26.7	2.20	28.47
Longitud de la enredadera 27 días después de trasplante	59.8	92.0	20.0	72.0	13.56	22.68
Longitud de hoja	29.6	47.0	19.5	27.5	4.86	16.41
Ancho de la hoja	23.9	32.0	8.6	23.4	4.20	17.60
Área foliar	235.8	470.1	52.4	417.7	74.86	31.74
Longitud del foliolo terminal	8.4	12.3	5.0	7.3	1.35	16.03
Ancho del foliolo terminal	4.5	6.5	2.2	4.3	0.88	19.48
Relación Largo/Ancho del foliolo terminal	1.9	2.8	1.4	1.4	0.25	13.04
Días a inicio de floración	48.9	77.0	22.0	55.0	5.32	10.88
Densidad del follaje	4.6	7.0	3.0	4.0	1.78	38.72
Brillo de la hoja	4.7	7.0	3.0	4.0	1.12	24.14
L* (Luminosidad) en hoja	32.0	36.8	5.0	31.8	2.38	7.44
a* en hoja	-9.7	10.0	-12.9	22.9	1.97	-20.31
b* en hoja	10.7	14.6	7.4	7.2	1.43	13.40
Ángulo de la matiz hoja	133.2	228.7	130.0	98.6	6.44	4.84
Croma en hoja	14.6	19.4	10.5	8.9	1.79	12.28
Relación a*/b* en hoja	-0.9	0.9	-1.2	2.1	0.13	-13.62
Índice de color en hoja	-28.7	25.5	-36.6	62.2	4.29	-14.94
Numero de flores por racimo	9.1	29.0	4.0	25.0	3.32	36.34
Longitud del eje de la inflorescencia madura	11.9	32.0	0.0	32.0	3.86	32.36
Longitud de sépalo	6.4	12.3	3.7	8.6	1.13	17.60
Longitud de pétalo	10.5	15.4	6.1	9.3	1.55	14.78
Longitud de estilo	6.6	9.7	5.0	4.7	0.57	8.74
Longitud de estambre	6.0	10.7	3.8	6.9	0.75	12.46
Longitud del pedicelo	15.6	26.0	6.5	19.5	2.75	17.59
Diámetro del tallo	6.8	11.3	3.7	7.6	1.30	19.02

Continúa Cuadro A1.

Peso del fruto maduro	1.7	3.7	0.4	3.3	0.53	31.28
Solidos solubles totales	7.6	11.2	3.3	7.9	1.42	18.80
Color del fruto maduro	3.0	5.0	2.0	3.0	0.79	26.64
L* (Luminosidad) en fruto	39.2	56.1	6.8	49.3	5.64	14.39
a* en fruto	14.4	24.9	-10.1	35.0	6.98	48.34
b* en fruto	19.1	34.4	8.8	25.6	4.27	22.36
Ángulo de la matiz en fruto	228.3	269.5	90.6	179.0	27.72	12.14
Croma en fruto	39.4	56.2	21.0	35.1	5.23	13.27
Relación a*/b* en fruto	0.8	1.6	-1.0	2.5	0.45	54.10
Índice de color en fruto	22.2	61.9	-32.7	94.6	13.11	59.17
Licopeno en fruto	11.3	20.1	-9.8	29.9	5.30	46.72

Cuadro A2. Parámetros climáticos (Temperatura) de 58 localidades de colecta de poblaciones de tomate silvestre utilizadas en la caracterización morfológica. Las Agujas, Nextipac, Zapopan, Jalisco, México. Otoño-Invierno 2014.

Grupo	Accesión	Temperatura media anual (°C)	Rango de temperatura media diurna	Isotermalidad	Estacionalidad de la temperatura	Temperatura máxima del mes más cálido (°C)	Temperatura mínima del mes más frío (°C)	Rango de temperatura anual (°C)	Temperatura promedio del trimestre más lluvioso (°C)	Temperatura promedio del trimestre más seco (°C)	Temperatura promedio del trimestre más cálido (°C)	Temperatura promedio del trimestre más frío (°C)
I	124	21.2	15.2	66.2	225.6	32.0	9.1	22.9	23.3	19.6	23.5	18.2
I	167	24.7	11.2	61.4	281.7	32.5	14.3	18.2	27.6	23.6	27.7	21.3
I	383	22.3	14.4	67.4	168.4	32.6	11.2	21.4	23.2	21.3	24.1	19.9
I	84	22.4	14.2	68.4	150.4	32.3	11.6	20.7	23.2	21.7	24.0	20.3
I	157	24.4	14.0	68.9	166.4	33.9	13.6	20.3	25.6	23.2	26.2	22.2
I	364	20.2	15.7	63.2	260.0	32.3	7.4	24.9	22.3	19.9	23.1	16.7
I	384	17.7	15.6	70.1	162.2	28.5	6.2	22.3	18.7	15.5	19.6	15.5
I	380	21.9	14.3	58.1	352.0	33.8	9.2	24.6	24.4	18.9	25.4	17.2
I	389	21.0	15.2	69.5	156.1	32.4	10.5	21.9	21.3	21.6	23.2	19.3
I	390	26.5	10.7	64.3	219.7	34.9	18.2	16.7	26.4	27.6	28.6	23.5
I	376	20.5	15.7	64.3	290.4	32.3	7.9	24.4	22.5	18.0	23.4	16.6
I	377	21.4	15.5	62.7	310.0	33.3	8.6	24.7	23.6	18.8	24.6	17.3
I	378	22.9	14.7	58.0	352.2	35.2	9.8	25.4	25.1	20.0	26.5	18.2
I	382	21.1	15.3	62.4	306.5	32.9	8.4	24.5	23.3	18.5	24.3	17.1
	Promedio	22.0	14.4	64.6	243.0	32.8	10.4	22.4	23.6	20.6	24.6	18.8
	Desviación estándar	2.1	1.5	3.8	71.4	1.5	3.1	2.6	2.1	2.8	2.2	2.3
	Máximo	26.5	15.7	70.1	352.2	35.2	18.2	25.4	27.6	27.6	28.6	23.5
	Mínimo	17.7	10.7	58.0	150.4	28.5	6.2	16.7	18.7	15.5	19.6	15.5
II	175	26.1	12.1	73.1	159.9	33.1	16.6	16.5	27.7	24.3	27.9	24.1
II	180	18.9	15.7	62.7	249.9	31.4	6.4	25.0	21.1	18.2	21.7	15.5
II	385	18.6	16.0	62.8	250.3	31.4	5.9	25.5	20.7	17.8	21.3	15.2
II	387	21.0	15.2	69.5	156.1	32.4	10.5	21.9	21.3	21.6	23.2	19.3
II	240	19.8	16.3	62.8	262.3	32.8	6.9	25.9	22.0	19.2	22.7	16.3
II	368	18.5	15.8	64.8	259.3	30.2	5.8	24.4	20.0	18.2	21.2	15.0
II	370	18.7	16.0	64.8	261.1	30.7	6.0	24.7	20.9	16.3	21.5	15.2
II	360	17.6	16.9	64.1	265.7	30.3	4.0	26.3	19.9	17.0	20.5	14.1

Continúa Cuadro A2.

II	388	16.3	14.5	65.7	184.3	27.0	5.0	22.0	17.5	16.1	18.4	13.8
II	200	18.6	17.4	64.6	267.3	31.4	4.5	26.9	21.1	17.7	21.5	15.0
II	207	19.8	16.2	65.0	222.1	32.3	7.3	25.0	21.7	19.1	22.2	16.8
II	246	20.1	16.2	65.1	223.4	32.5	7.6	24.9	22.0	19.2	22.4	17.0
II	365	21.5	14.5	66.3	241.0	31.6	9.7	21.9	23.9	19.6	24.0	18.4
II	366	22.1	14.2	66.2	238.2	32.1	10.6	21.5	24.4	21.8	24.6	19.1
II	331	25.5	12.1	66.3	262.3	33.4	15.1	18.3	28.4	24.2	28.4	22.2
II	341	20.5	16.6	63.2	269.5	33.3	7.0	26.3	22.6	20.1	23.6	16.9
II	342	19.9	15.4	63.2	251.5	31.5	7.1	24.4	22.0	19.4	22.5	16.5
II	350	19.1	16.1	64.6	268.9	31.2	6.3	24.9	21.4	16.7	21.9	15.5
	Promedio	20.1	15.4	65.3	238.5	31.6	7.9	23.7	22.1	19.3	22.8	17.0
	Desviación estándar	2.4	1.4	2.5	35.3	1.5	3.3	2.7	2.5	2.4	2.3	2.7
	Máximo	26.1	17.4	73.1	269.5	33.4	16.6	26.9	28.4	24.3	28.4	24.1
	Mínimo	16.3	12.1	62.7	156.1	27.0	4.0	16.5	17.5	16.1	18.4	13.8
III	2	21.9	16.6	64.4	260.7	34.4	8.6	25.8	24.2	20.8	24.4	18.2
III	386	19.4	15.8	62.7	249.5	32.0	6.8	25.2	21.5	18.7	22.1	16.0
III	337	18.7	15.5	63.3	238.8	30.5	6.0	24.5	20.5	18.4	21.3	15.5
III	351	17.9	17.7	64.7	276.8	31.0	3.6	27.4	20.4	17.3	21.0	14.3
III	69	21.9	16.8	63.9	244.6	34.7	8.5	26.2	23.9	21.2	24.5	18.5
III	369	18.5	15.8	64.0	268.8	30.4	5.7	24.7	20.7	18.4	21.4	14.9
III	81	18.0	14.9	62.7	229.0	29.7	5.9	23.8	20.0	17.3	20.5	14.8
III	308	19.0	14.5	62.7	229.3	30.2	7.0	23.2	20.9	18.5	21.4	15.8
III	309	19.0	14.7	62.9	232.0	30.2	6.9	23.3	20.9	18.6	21.5	15.8
III	310	19.6	14.8	63.1	235.9	30.8	7.3	23.5	21.4	19.3	22.1	16.3
III	313	20.8	14.3	66.7	232.5	30.8	9.3	21.5	23.1	19.0	23.3	17.9
III	375	19.7	16.1	64.1	265.4	31.6	6.5	25.1	21.8	19.5	22.6	16.1
III	374	18.7	16.1	63.2	269.6	31.0	5.6	25.4	20.7	18.7	21.8	15.1
III	338	17.9	15.6	63.2	243.2	29.7	5.0	24.7	19.8	17.5	20.5	14.6
III	339	19.0	16.0	64.7	267.6	31.0	6.3	24.7	21.4	16.6	21.9	15.4
	Promedio	19.3	15.7	63.8	249.6	31.2	6.6	24.6	21.4	18.7	22.0	15.9
	Desviación estándar	1.2	0.9	1.0	16.4	1.4	1.4	1.4	1.3	1.2	1.2	1.3
	Máximo	21.9	17.7	66.7	276.8	34.7	9.3	27.4	24.2	21.2	24.5	18.5

Continúa Cuadro A2.

	Mínimo	17.9	14.3	62.7	229.0	29.7	3.6	21.5	19.8	16.6	20.5	14.3
IV	168	24.8	12.1	62.9	265.9	33.2	13.9	19.3	27.3	23.6	27.7	21.5
IV	319	24.6	12.1	62.8	267.1	32.9	13.7	19.2	27.1	23.6	27.5	21.3
IV	327	24.9	12.0	63.6	268.7	33.0	14.2	18.8	27.6	23.6	27.8	21.5
IV	321	24.8	11.6	61.9	278.7	32.8	14.1	18.7	27.6	23.8	27.8	21.3
IV	328	25.0	11.7	63.7	276.5	32.9	14.5	18.4	27.8	23.6	28.0	21.5
IV	330	25.5	12.0	65.8	262.6	33.5	15.2	18.3	28.4	24.2	28.4	22.2
IV	324	24.8	11.8	62.5	273.7	32.9	14.0	18.9	27.5	23.8	27.7	21.3
IV	340	17.3	16.8	64.7	246.9	29.6	3.6	26.0	18.7	16.8	19.9	14.0
IV	329	25.0	11.6	63.3	278.8	32.8	14.5	18.3	27.9	23.5	27.9	21.4
IV	332	25.3	12.4	67.6	259.4	33.1	14.7	18.4	28.0	24.2	28.0	22.0
IV	333	18.8	17.4	64.6	266.4	31.6	4.7	26.9	21.2	17.9	21.7	15.2
	Promedio	23.7	12.9	63.9	267.7	32.6	12.5	20.1	26.3	22.6	26.6	20.3
	Desviación estándar	2.7	2.0	1.6	9.0	1.0	3.9	3.0	3.1	2.5	2.8	2.7
	Máximo	25.5	17.4	67.6	278.8	33.5	15.2	26.9	28.4	24.2	28.4	22.2
	Mínimo	17.3	11.6	61.9	246.9	29.6	3.6	18.3	18.7	16.8	19.9	14.0

Cuadro A3. Parámetros climáticos (Precipitación) de 58 localidades de colecta de poblaciones de tomate silvestre utilizadas en la caracterización morfológica. Las Agujas, Nextipac, Zapopan, Jalisco, México. Otoño-Invierno 2014.

Grupo	Accesión	Precipitación anual (mm)	Precipitación del mes más lluvioso (mm)	Precipitación del mes más seco (mm)	Precipitación del mes más seco (mm) (CV)	Precipitación del trimestre más lluvioso (mm)	Precipitación del trimestre más seco (mm)	Precipitación del trimestre más cálido (mm)	Precipitación del trimestre más frío (mm)
I	124	1085	263	6	115	723	24	693	54
I	167	1007	268	0	124	751	10	569	32
I	383	985	230	4	109	634	21	404	55
I	84	1050	241	2	115	709	10	407	42
I	157	1618	406	2	118	1130	17	556	60
I	364	706	170	3	114	462	18	168	24
I	384	976	205	5	106	593	26	275	26
I	380	711	194	10	102	404	34	257	45
I	389	966	200	3	104	575	19	253	39
I	390	1959	353	45	59	884	177	404	419
I	376	698	159	9	90	362	33	281	35
I	377	801	186	8	96	435	28	327	31
I	378	921	212	10	96	515	35	243	52
I	382	855	200	10	92	456	35	336	40
	Promedio	1024.1	234.8	8.4	103	617	35	370	68
	Desviación estándar	341.6	67.1	10.7	16	203	40	143	98
	Máximo	1959.0	406.0	45.0	124	1130	177	693	419
	Mínimo	698.0	159.0	0.0	59	362	10	168	24
II	175	903.0	250.0	2.0	116	620	13	460	34
II	180	843.0	222.0	5.0	115	560	21	414	32
II	385	964.0	268.0	5.0	119	662	22	473	35
II	387	966.0	200.0	3.0	104	575	19	253	39
II	240	900.0	237.0	4.0	117	610	20	212	33
II	368	723.0	164.0	6.0	107	454	24	170	29
II	370	660.0	138.0	7.0	103	405	28	185	29
II	360	864.0	226.0	5.0	116	578	21	408	35

Continúa Cuadro A3.

II	388	961.0	205.0	7.0	99	568	33	244	44
II	200	901.0	240.0	6.0	116	602	25	426	38
II	207	944.0	255.0	4.0	120	655	19	462	37
II	246	879.0	228.0	5.0	117	596	20	421	37
II	365	1189.0	338.0	2.0	124	846	14	798	67
II	366	1193.0	340.0	2.0	123	852	15	786	75
II	331	1320.0	373.0	3.0	128	992	16	992	41
II	341	799.0	197.0	5.0	112	515	22	191	27
II	342	799.0	208.0	3.0	116	542	17	202	30
II	350	629.0	130.0	6.0	102	382	26	173	28
	Promedio	913.2	234.4	4.4	114	612	21	404	38
	Desviación estándar	173.9	63.5	1.6	8	150	5	234	12
	Máximo	1320.0	373.0	7.0	128	992	33	992	75
	Mínimo	629.0	130.0	2.0	99	382	13	170	27
III	2	836.0	214.0	7.0	111	546	24	404	43
III	386	896.0	240.0	5.0	117	605	21	439	34
III	337	773.0	184.0	6.0	107	484	20	207	34
III	351	736.0	202.0	4.0	118	499	19	350	31
III	69	972.0	265.0	4.0	122	679	21	213	36
III	369	716.0	159.0	7.0	106	445	26	175	30
III	81	755.0	168.0	8.0	99	448	24	355	42
III	308	770.0	177.0	6.0	109	485	19	197	37
III	309	783.0	178.0	7.0	108	488	22	197	37
III	310	782.0	190.0	6.0	110	499	20	195	36
III	313	1219.0	313.0	3.0	122	856	13	811	57
III	375	695.0	154.0	6.0	108	438	24	176	29
III	374	719.0	166.0	7.0	104	443	27	170	33
III	338	830.0	188.0	7.0	101	504	25	217	42
III	339	634.0	141.0	5.0	105	390	22	295	26
	Promedio	807.7	195.9	5.9	110	521	22	293	36
	Desviación estándar	135.7	44.4	1.4	7	113	3	163	7

Continúa Cuadro A3.

			1219.0	313.0	8.0	122	856	27	811	57
			634.0	141.0	3.0	99	390	13	170	26
IV	168	1396.0	409.0	3.0	133	1086	12	911	31	
IV	319	1305.0	339.0	1.0	125	977	15	800	72	
IV	327	1310.0	381.0	3.0	132	1012	12	833	30	
IV	321	1128.0	305.0	1.0	126	854	12	670	66	
IV	328	1403.0	415.0	2.0	134	1102	12	879	30	
IV	330	1277.0	364.0	2.0	128	959	15	959	41	
IV	324	1240.0	335.0	1.0	126	937	13	755	68	
IV	340	1071.0	252.0	5.0	111	688	25	245	35	
IV	329	1402.0	410.0	2.0	133	1099	13	872	32	
IV	332	1399.0	374.0	4.0	126	1042	18	1042	41	
IV	333	910.0	250.0	5.0	118	617	22	440	36	
	Promedio	1258.3	348.5	2.6	126	943	15	764	44	
	Desviación estándar	153.5	56.4	1.4	7	155	4	224	16	
	Máximo	1403.0	415.0	5.0	134	1102	25	1042	72	
	Mínimo	910.0	250.0	1.0	111	617	12	245	30	