

Adaptación climática y edáfica de *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* en el Occidente de México

Climatic and edaphic adaptation of *Solanum lycopersicum* var. *cerasiform* in Western Mexico

RODRÍGUEZ-GUZMÁN, Eduardo*†, RUIZ-CORRAL, José Ariel, LÉPIZ-ILDEFONSO, Rogelio y PIMIENTA-BARRIOS, Enrique

Universidad de Guadalajara. Departamento de Producción Agrícola. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Camino Ing. Ramón Padilla Sánchez 2100, Nextipac, 44600 Zapopan, Jalisco

ID 1^{er} Autor: Eduardo, Rodríguez-Guzmán / ORC ID: 0000-0002-4640-7610, CVU CONACYT ID: 67847

ID 1^{er} Coautor: José Ariel, Ruiz-Corral / ORC ID: 0000-0002-7945-8107, CVU CONACYT ID: 11031

ID 2^{do} Coautor: Rogelio, Lépez-Ildefonso / CVU CONACYT ID: 252799

ID 3^{er} Coautor: Enrique, Pimienta-Barrios / ORC ID: 0000-0002-3967-8535

Recibido Abril 20, 2018, Aceptado Junio 30, 2018

Resumen

Se realizaron colectas georreferenciadas en Jalisco, Michoacán, Colima y Nayarit, del año 2002 a 2014. Se integró una base de datos matricial incluyendo descriptores de sitio, geográficos y topográficos. Con las coordenadas geográficas, empleando el sistema de información ambiental del INIFAP compendiado en el sistema IDRISI32, se caracterizó tipo climático y de suelo; temperaturas máxima, mínima y media, precipitación acumulada promedio y altitud. Se calcularon valores mínimo, máximo y promedio de cada variable climática. Los rangos climáticos de distribución de *S. lycopersicum* var. *cerasiforme* en la región de estudio mostraron que esta especie se distribuye entre 7 y 2000 m de altitud, de 495 a 1591 mm de lluvia anual, 7.1 a 21.6 ° C de temperatura mínima media anual, 22.6 a 38.4 °C de temperatura máxima media anual, y entre 15.8 y 28.1 °C de temperatura media anual. Presenta amplia variabilidad en su capacidad de adaptación climática, distribuida con amplitud en climas tropicales y subtropicales presentes, con preferencia por tipos subhúmedos cálidos. Respecto a condiciones edáficas, la especie se adapta a una amplia variedad de suelos con tendencia a concentrarse en Feozems y Regosoles.

Recursos fitogenéticos, ecogeografía, rangos de adaptación ambiental

Abstract

Geo-referenced collections were made in Jalisco, Michoacán, Colima and Nayarit, from 2002 to 2014. A matrix database was integrated including site, geographic and topographic descriptors. With the geographic coordinates, using the INIFAP environmental information system summarized in the IDRISI32 system, climatic and soil type were characterized; maximum, minimum and average temperatures, average accumulated precipitation and altitude. Minimum, maximum and average values of each climatic variable were calculated. Climatic ranges of distribution of *S. lycopersicum* var. *cerasiforme* in the study region showed that this species is distributed between 7 and 2000 m altitude, from 495 to 1591 mm of annual rainfall, 7.1 to 21.6 ° C of average annual minimum temperature, 22.6 to 38.4 °C of average annual maximum temperature, and between 15.8 and 28.1 °C annual average temperature. It has a wide variability in its climate adaptation capacity, widely distributed in tropical and subtropical climates present in the study region, with preference for warm subhumid types. Regarding edaphic conditions, the species adapts to a wide variety of soils with a tendency to concentrate on Feozems and Regosols.

Plant Genetic Resources, Ecogeography, Adaptation Environmental Range

Citación: RODRÍGUEZ-GUZMÁN, Eduardo, RUIZ-CORRAL, José Ariel, LÉPIZ-ILDEFONSO, Rogelio y PIMIENTA-BARRIOS, Enrique. Adaptación climática y edáfica de *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* en el Occidente de México. Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales. 2018, 4-12: 1-9.

*Correspondencia al Autor (Correo electrónico: eduardo.rguzman@academicos.udg.mx)

† Investigador contribuyendo como primer Autor.

Introducción

Solanum lycopersicum y sus parientes silvestres son originarios de la Región Andina en la porción Occidental de Sudamérica desde el Norte de Chile hasta el Sur de Colombia, incluyendo las Islas Galápagos (Rick, 1973; Rick, 1978). Dos hipótesis del origen del tomate cultivado señalan a México y Perú, como probables centros de domesticación (Peralta y Spooner, 2007). Jenkins (1948), Rick (1973, 1976), Esquinas-Alcázar (1981), Hawkes (1983), Warnock (1991) y Hancock (1992) han reconocido a la variedad *cerasiforme* como ancestro del tomate cultivado. Los estudios sobre variabilidad genética en el tomate cultivado y especies relacionadas apoyan esta consideración, mostrando la afinidad genética entre el tomate cultivado y la variedad *cerasiforme* (Nuez et al., 1996).

La inconsistencia de las pruebas encontradas en Perú, unidas a la acumulación de evidencias a favor de México, apuntan a Mesoamérica como el área más probable de domesticación del tomate (Rick and Holle, 1990, Ríos-Osorio, 2014). Blanca et al. (2013) establecieron la hipótesis de que las plantas provenientes de Ecuador y Perú son poblaciones tempranas pre-mejoradas y que el tomate como planta cultivada fue desarrollado en México y Mesoamérica, en tiempos pre-colombinos.

El hábitat natural de *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* (Rick, 1976) es difícil de definir debido a su tendencia agresiva de colonizar, que le permitió emigrar en forma silvestre como maleza hacia Centroamérica y México, creciendo de manera espontánea en América tropical y subtropical, siendo la única especie silvestre del género encontrada fuera de la zona sudamericana de origen (Rick, 1978).

En ocasiones se cultiva para consumo humano y puede encontrarse en forma adventicia en campos de cultivo de regadío o en zonas de elevada pluviometría (Nuez et al., 1999). Algunos biotipos silvestres de *S. lycopersicum* son tan exitosos como maleza que se han dispersado y actualmente se encuentra en varias partes de Sudamérica y dispersos a través de toda América tropical, inclusive al sur de Texas y Florida y en la mayoría de las regiones tropicales del mundo.

La forma silvestre tolera un amplio rango de condiciones ambientales, presentando biotipos que sobreviven la sequía de los desiertos al Occidente del Perú, otros se establecen exitosamente en condiciones más húmedas que cualquier otra especie de tomate (Rick, 1978).

Jenkins en 1948, ya señala la presencia de la variedad *cerasiforme* en México, con una amplia distribución al sur del Trópico de Cáncer y escasamente en algunas partes al norte, siendo más abundante en sitios de baja altitud, especialmente en áreas costeras del sur donde hay lluvias de intensidad fuerte, regiones tropicales y lugares con humedad disponible y sin problemas severos de heladas (Ramírez et al. 2000). En el altiplano central sólo se ubica en localidades con ambiente favorable durante la estación de lluvias.

De acuerdo con los conceptos sobre la manipulación de poblaciones y comunidades de plantas silvestres y arvenses (Casas, 2001; Rzedowski, 2004), se le observa como espontánea en medio de otros cultivos y en la vecindad de habitaciones humanas. Ciertas variedades (como var. *leptophyllum*) se encuentran silvestres en vegetación secundaria tropical derivada de la selva baja caducifolia, de selva mediana subperennifolia y selva alta perennifolia, en áreas perturbadas y como ruderal (Nee, 1986).

La caracterización ecogeográfica de los sitios ocupados por las especies vegetales, surge como un medio para determinar sus intervalos ecogeográficos de distribución (López et al., 2005). La información relacionada con las condiciones ambientales de los sitios de colecta de germoplasma puede ser de gran importancia adicional para las actividades de recolección, dado que esas condiciones están asociadas con los diferentes patrones de variabilidad genética, lo que significa procesos de adaptación del germoplasma a factores ambientales (Lobo et al., 2003). Guarino et al. (2002) señalaron que otras herramientas útiles en la descripción de la distribución geográfica de las especies, son los sistemas de información geográfica (SIG), las cuales también pueden ser utilizadas con ventaja en la conservación y utilización de los recursos fitogenéticos.

La caracterización ambiental de los sitios de colecta y la utilización de SIG han llevado a la determinación de la distribución geográfica y riqueza de las especies silvestres de papa (Hijmans y Spooner, 2001), teocintle (Ruiz et al., 2001) y *Phaseolus* (López et al., 2005).

En México, los recursos fitogenéticos se encuentran distribuidos a lo largo y ancho de nuestro país como poblaciones silvestres, con severa erosión genética debido a la deforestación y pérdida del hábitat natural donde se encuentran (Vida, 1994; Williams-Linera, 2002), haciendo impostergable el estudio de estos recursos a fin de desarrollar propuestas para su manejo, uso y conservación. No obstante que el área de recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura es señalada como prioridad de investigación en nuestro país, varios aspectos sobre el tema permanecen sin ser abordados (López et al., 2005), uno de ellos es su distribución geográfica real y potencial.

Objetivo

El objetivo del presente estudio fue determinar los intervalos climáticos y edáficos de distribución como parámetros que permiten conocer la adaptación de *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* en el Occidente de México.

Materiales y Métodos

El área de estudio estuvo comprendida en los estados de Jalisco, Nayarit, Michoacán y Colima, y la información considerada incluyó los datos geográficos de 322 sitios de recolección de frutos de *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* en dichas entidades. Los muestreos se realizaron entre 2002 y 2014 durante la época del año en que se presentan los frutos de esta especie y que de manera general ocurrió entre los meses de octubre a mayo. La localización geográfica de cada uno de los sitios de colecta se registró mediante un geoposicionador GPS Garmin XL-12, y la altitud mediante GPS y altímetro Thomen 5000 m.

Se integró una matriz de datos georreferenciados en hoja de cálculo, relativa a los puntos de colección de *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* en el área de estudio. En la matriz se incluyeron para cada colección los siguientes datos: Entidad federativa, municipio y sitio o localidad, latitud, longitud y altitud.

Este proceso inició con la localización de las coordenadas de cada uno de los sitios de colecta en el sistema de información SIAMEXCA (Ruiz et al. 2018). El sistema se compone de imágenes temáticas en formato raster (celdas) bajo una resolución para la República Mexicana de 900 m, incluyendo las variables altitud, unidad de suelo, tipo climático y las siguientes variables climáticas a escala anual: temperatura media, precipitación acumulada promedio, temperatura máxima media y temperatura mínima media. En cuanto a tipo climático, se utilizó el esquema de clasificación climática del INIFAP (Ruiz et al., 2018), según el cual existen 28 variantes climáticas, las cuales se describen en la Tabla 1.

Tipo Climático	Tmmmf (°C)	Nmh	Tma (°C)
5 Templado árido frío	< 5°C	0 (< 30 días)	< 5°C
6 Templado semiárido frío	< 5°C	1 a 3 (30 a 119 días)	< 5°C
7 Templado subhúmedo frío	< 5°C	4 a 6	< 5°C
8 Templado húmedo frío	< 5°C	> 6 meses	< 5°C
9 Subtrópico árido templado	5 a 18°C	0 (< 30 días)	5 a 18°C
10 Subtrópico semiárido templado	5 a 18°C	1 a 3 (30 a 119 días)	5 a 18°C
11 Subtrópico subhúmedo templado	5 a 18°C	4 a 6	5 a 18°C
12 Subtrópico húmedo templado	5 a 18°C	> 6 meses	5 a 18°C
13 Subtrópico semicálido árido	5 a 18°C	0 (< 30 días)	18 a 22°C
14 Subtrópico semiárido semicálido	5 a 18°C	1 a 3 (30 a 119 días)	18 a 22°C
15 Subtrópico subhúmedo semicálido	5 a 18°C	4 a 6	18 a 22°C
16 Subtrópico húmedo semicálido	5 a 18°C	> 6 meses	18 a 22°C
17 Subtrópico árido cálido	5 a 18°C	0 (< 30 días)	22 a 26°C
18 Subtrópico semiárido cálido	5 a 18°C	1 a 3 (30 a 119 días)	22 a 26°C
19 Subtrópico subhúmedo cálido	5 a 18°C	4 a 6	22 a 26°C
20 Subtrópico húmedo cálido	5 a 18°C	> 6 meses	22 a 26°C
21 Trópico árido semicálido	> 18°C	0 (< 30 días)	18 a 22°C
22 Trópico semiárido semicálido	> 18°C	1 a 3 (30 a 119 días)	18 a 22°C
23 Trópico subhúmedo semicálido	> 18°C	4 a 6	18 a 22°C
24 Trópico húmedo semicálido	> 18°C	> 6 meses	18 a 22°C
25 Trópico árido cálido	> 18°C	0 (< 30 días)	22 a 26°C
26 Trópico semiárido cálido	> 18°C	1 a 3 (30 a 119 días)	22 a 26°C
27 Trópico subhúmedo cálido	> 18°C	4 a 6	22 a 26°C
28 Trópico húmedo cálido	> 18°C	> 6 meses	22 a 26°C
29 Trópico árido muy cálido	> 18°C	0 (< 30 días)	> 26°C
30 Trópico semiárido muy cálido	> 18°C	1 a 3 (30 a 119 días)	> 26°C
31 Trópico subhúmedo muy cálido	> 18°C	4 a 6	> 26°C
32 Trópico húmedo muy cálido	> 18°C	> 6 meses	> 26°C

Tabla 1 Tipos climáticos de la República Mexicana, según el esquema de clasificación climática del INIFAP (Ruiz et al., 2018) Tmmmf=Temperatura media mes más frío, Nmh=Número meses húmedos, Tma=Temperatura media anual.

Las coordenadas de cada sitio de colecta se identificaron en cada imagen temática, y se obtuvo un valor de cada una de las variables descritas. Estos valores se integraron a la matriz de datos georreferenciados, cuyo formato de hoja de cálculo facilitó determinar el valor máximo y el valor mínimo de cada variable climática para la especie, los cuales se consideraron como los intervalos climáticos de distribución de la especie bajo estudio.

Resultados y Discusión

Se realizaron 172 colectas en climas subtropicales y 150 en climas tropicales (Tabla 2, Figura 1). De acuerdo a los tipos climáticos reportados en la Tabla 1, las 322 colectas se encuentran representadas en 12 de los 16 climas de tipo tropical y subtropical en la región.

Solanum lycopersicum var. *cerasiforme* se presentó con mayor abundancia en los subtipos climáticos subhúmedos, con 146 colectas en los tipos subtropicales y 130 en los tropicales.

Tipo Climático	RPAE (%)	NC	NP	PA (%)
Templado subhúmedo frío	0.04	0	0	
Subtrópico árido templado	0.8	0	0	
Subtrópico semiárido templado	9.6	5	15	1.5
Subtrópico subhúmedo templado	13.3	6	22	1.9
Subtrópico árido semicálido	0.03	0	0	
Subtrópico semiárido semicálido	10.5	20	116	6.2
Subtrópico subhúmedo semicálido	18.3	137	827	42.5
Subtrópico semiárido cálido	0.53	0	0	
Subtrópico subhúmedo cálido	0.2	3	5	0.9
Subtrópico húmedo cálido	0.003	1	1	0.3
Trópico semiárido semicálido	0.3	5	25	1.5
Trópico subhúmedo semicálido	3.2	19	104	5.9
Trópico semiárido cálido	5.7	9	78	2.8
Trópico subhúmedo cálido	24.5	86	420	26.7
Trópico árido muy cálido	0.03	0	0	
Trópico semiárido muy cálido	7.6	6	31	1.8
Trópico subhúmedo muy cálido	5.3	25	126	7.7
Total	100.	322	1770	100

Tabla 2 Tipos climáticos y su representación proporcional en el área de estudio, número de colectas y número de plantas por tipo climático. RPAE=Representación proporcional en el Área de estudio; NC= Número de colectas; NP=Número de plantas; PA=Proporción de accesiones

Estos resultados coinciden con los reportes de Rick (1978) y Nuez et al. (1996), quienes señalan que esta especie se distribuye en climas tropicales y subtropicales tanto en el área de origen del género como en el resto de Sudamérica y en su dispersión hacia Centroamérica y Mesoamérica, así como al resto del mundo, donde subsiste como maleza, más que como especie cultivada.

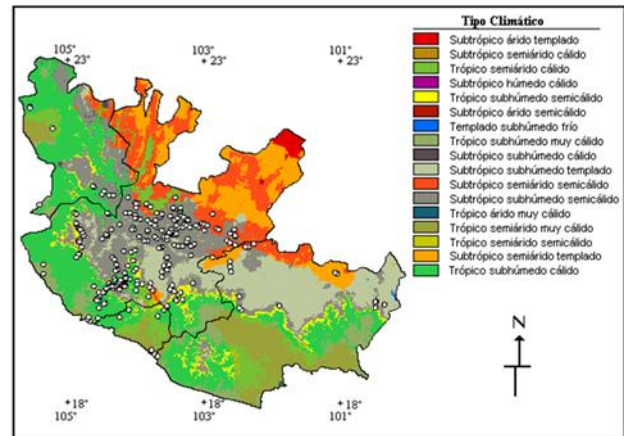


Figura 1 Tipos climáticos y distribución geográfica de colectas de *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* en el Occidente de México

Se desprende que los tipos climáticos donde hubo mayor número de colectas y mayor número de individuos correspondan a las condiciones donde mejor se adapta la especie. En el área estudiada del Occidente de México, el mayor número de plantas colectadas por localidad se obtuvo en orden descendente, con más de 20 y hasta 49 individuos colectados en climas subtropicales subhúmedos, semiáridos, y en los tropical subhúmedo cálido, muy cálido y semicálido (Tabla 2),.

En 64% de los sitios se tuvieron menos de 5 plantas colectadas, 29% de ellos con sólo una planta, este tamaño de población se localizó en los climas subtropical subhúmedo semicálido y tropical subhúmedo cálido.

Tamaños de población pequeños fueron también reportados por Rick y Holle, (1990) quienes encontraron a *S. lycopersicum* var. *cerasiforme* en condiciones silvestres como plantas solas o en grupos de pocas plantas, y raramente en colonias de muchas plantas por ejemplo en Santa Rosa de Ayacucho, Perú.

Las poblaciones con mayor número de individuos se ubicaron dentro de milpas con manejo tradicional del cultivo, cultivos de caña o sitios con disponibilidad de humedad y protegidos con zacates altos con humedad y sombreado: canales, bordos, arroyos, orillas de caminos y lienzos de piedra o alambre.

Además de la acción del clima sobre la especie, se puede considerar que la acción del hombre es notoria dado que donde existió un mayor control de malezas, uso de herbicidas y quema las poblaciones fueron reducidas, mientras que en los sitios donde las poblaciones fueron mayores, se observó tolerancia por la especie y cierto aprovechamiento de la misma para consumo humano o animal del fruto (Rodríguez et al., 2010).

VARIABLES CLIMÁTICAS Y ALTITUD

Los valores mínimo y máximo representan las condiciones extremas en que se desarrolla *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*, mientras que el valor medio equivale al promedio obtenido de los valores de todas las colectas (Tabla 3). Cuando las temperaturas diarias o estacionales por encima del óptimo o temperaturas extremas coinciden con etapas críticas del desarrollo de la planta se convierten en un factor limitante de la producción de un cultivo (Sato et al., 2002). En el tomate cultivado, empleado como referencia por la escasa información sobre *cerasiforme*, el crecimiento vegetativo es muy lento por debajo de 10° C, la floración se detiene a temperaturas menores a los 13° C; más de 28°C por 12 horas durante la floración reducen el amarre de fruto (Peet et al., 1998; Ruiz, et al. 1999) siendo las temperaturas óptimas para amarre de fruto entre 21-24°C y 22-25°C (Geisenberg y Stewart 1986; Peet y Bartholomew 1996).

Variable	Valor mínimo	Valor máximo	Valor medio
Altitud (m)	7.0	2000.0	1003.5
Temperatura máxima media anual (°C)	22.6	38.4	29.0
Temperatura mínima media anual (°C)	7.1	21.6	13.3
Temperatura media anual (°C)	15.8	28.1	21.1
Precipitación acumulada media anual (mm)	495.0	1591.0	969.8

Tabla 3 Rangos y promedios de cinco variables ambientales para *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* en el Occidente de México.

De acuerdo a los datos registrados para la región de estudio, los extremos de temperatura reportados: 7.1°C y 38.4°C, pueden provocar una reducción o detenimiento del crecimiento pero las medias anuales máximas y mínimas están dentro del rango que permiten el crecimiento y reproducción de la variedad *cerasiforme*.

Solanum lycopersicum var. *cerasiforme* desarrolló estrategias adaptativas para prosperar en temperaturas bajas o altas: sitios con protección de vientos fríos del norte o el calor excesivo, tales como laderas con exposición sur, bajo cubierta vegetal como árboles, arbustos y zacates de porte alto, en las cercanías de acequias, arroyos o en terrenos de aluvión en las riberas de ríos con crecientes en temporal de lluvias y con escurrimientos limitados en la época seca, mantener un desarrollo limitado hasta que se presentan las condiciones favorables para su desarrollo. Por estas razones su aparición se observa en los meses de noviembre a marzo y mayo.

Doorenbos y Kassam, (1979) reportan de 400-600 mm por ciclo requeridos por *Lycopersicum esculentum*, en tanto que la precipitación acumulada promedio anual de los sitios de colecta, osciló entre 495 mm y 1591 mm, con un promedio de lluvia anual para todos los sitios de colecta de 969.8 mm. La amplitud en las condiciones de humedad en las que fue hallada la var. *cerasiforme* en el área de estudio, dan idea de la existencia de variabilidad genética y posiblemente de biotipos adaptados a las diferentes condiciones ambientales presentes en el Occidente de México.

AL respecto, Rick (1978) señala en *S. lycopersicum* var. *cerasiforme* la existencia de biotipos provenientes de las regiones áridas del Perú, así como tipos que sobreviven en las condiciones húmedas al este de Ecuador y Perú, en localidades con precipitaciones de 4000 a 5000 mm anuales, la mayor parte de la superficie del suelo se encuentra inundada donde se presentó tolerancia a la humedad en al menos 20 colecciones, siendo esta especie una excepción a la preferencia por climas secos de las especies parientes del tomate.

La especie cultivada *Solanum lycopersicum* se produce preferentemente bajo condiciones de riego, pero en caso de cultivarse bajo temporal se consideran suficientes 600 mm (Benacchio, 1982); las plantas de tomate son marcadamente capaces de recobrase de breves periodos de sequía aunque raramente pueden sobrevivir a las condiciones presentes durante el temporal de lluvias (Sauer, 1993).

El sitio de menor altitud en el área de estudio donde se localizó *S. lycopersicum* var. *cerasiforme* fue a 7 msnm en Tecuala, Nayarit, y el de mayor altitud se ubicó a los 2000 msnm, en Tepatitlán, Jalisco. Existió una continuidad de poblaciones desde el nivel mínimo señalado, hasta el máximo. Entre 800 y 1600 msnm se concentra el mayor número de accesiones, por lo tanto pudiera ser el rango de hábitats preferido por la especie; arriba de 1600 msnm se redujo el número de colectas.

Al respecto Cuartero et al. (1985) reportan haber encontrado la var. *cerasiforme* desde el nivel del mar hasta sitios con 2400 m en Sudamérica; para la especie bajo cultivo se señala un rango altitudinal de 0 a 1000 msnm y de 0-1800 (Benacchio, 1982; González, 1984).

Tipos de suelo

Warnock (1991) en su análisis de los hábitats naturales de las especies de *Solanum lycopersicum* señala que existen diferencias edáficas pero sin pruebas específicas, la información edáfica es conspicua y se perdió probablemente porque muchas de las colecciones no se realizaron en suelos arables (cultivados). En el Occidente de México, de las 322 colectas realizadas, 114 (35.4 %) corresponden a la unidad feozem (98 de ellas en el tipo feozem háplico); 81 (25.16%) en suelo regosol (75 en el tipo regosol eútrico); 39 (12.11 %) en suelos vertisoles; 33 (10.25 %) en cambisoles, y en menores proporciones en litosoles (5.28 %), luvisoles (4.25%), acrisoles (2.48 %), andosoles (1.55 %), chernozem y solonchak (1.24%, cada uno), fluvisoles (0.62 %) y planosol con sólo 0.31 % (Tabla 4).

Al primer tipo de suelo corresponden suelos ricos en materia orgánica; se encuentra desde las zonas áridas hasta las templadas y tropicales, buen drenaje, fértiles.

Son los suelos más abundantes en el país, mientras que al planosol corresponden suelos que se caracterizan por presentar debajo de la capa más superficial una capa infértil. Como se observa, existe una amplia gama de suelos donde subsiste *S. lycopersicum* var. *cerasiforme*. Algunos rasgos observados durante los recorridos de campo fueron terrenos con laderas ligeras a pronunciadas; pedregosidad media a alta, favoreciendo el hábito trepador de la especie silvestre; en muchos sitios desechos de materiales o la existencia de bardas de piedra, lienzos de alambre o arbustos.

Unidad de suelo	de Características	No colectas
Feozem	Capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y nutrientes	114
Regosol	Suelos claros, pobres en materia orgánica; se parecen a la roca que les dio origen	81
Vertisol	Alto contenido en arcilla, color negro; muy productivos	39
Cambisol	Se caracterizan por tener en el subsuelo terrones de la roca madre, con acumulaciones de CaCO ₃ , Fe, Mn y arcilla	33
Litosol	Profundidad menor de 10 cm., limitada por rocas, tepetate o caliche endurecido	17
Luvisol	Enriquecimiento de arcilla en el subsuelo, rojos o amarillentos, pardos	14
Acrisol	Acumulación de arcilla en el subsuelo color rojo, amarillos, ácidos y pobres en nutrientes	8
Andosol	Capa superior de color negro rica en materia orgánica y nutrientes, con acumulación de caliche suelto o compactado	5
Chernozem	Suelos de origen volcánico, color negro, constituidos por ceniza, con bajos rendimientos	4
Solonchak	Alto contenido de sales, rendimientos bajos	4
Fluvisol	Materiales acarreados por agua, muy poco desarrollados; presentan capas alternas de arena con piedras o gravas redondeadas	2
Planosol	Debajo de la capa más superficial, capa infértil y delgada	1
TOTAL		322

Tabla 4 Número de colectas realizadas por unidad de suelo (FAO) en el área de estudio

Conclusiones

Solanum lycopersicum var. *cerasiforme* presenta amplia variabilidad en su capacidad de adaptación climática; se distribuye con amplitud en los climas tropicales y subtropicales que van de semiáridos a húmedos y con marcha de la temperatura de templado a cálido, presentes en la región de estudio, y de acuerdo a los criterios de densidad de colectas y tamaño de población, los climas subtropicales y tropicales subhúmedos con régimen de temperatura de semicálido a cálido, son los más propicios para esta especie.

La variabilidad de climas donde se localizaron poblaciones de *S. lycopersicum* var. *cerasiforme*, da idea de la existencia de variabilidad genética y la posible existencia de biotipos adaptados a las diferentes condiciones ambientales presentes en el Occidente de México.

Respecto a las condiciones edáficas *S. lycopersicum* var. *cerasiforme* muestra amplia variabilidad en su capacidad de adaptación al suelo, básicamente en tipos Feozem y Regosol, en terrenos con cierto nivel de pendiente o estructuras en su entorno que faciliten su hábito típico trepador; se encontró preferentemente en suelos Feozem y Regosol.

El conocimiento de los intervalos ambientales en los que se desarrolla *S. lycopersicum* var. *cerasiforme* y con el apoyo de los sistemas de información geográfica, se podrán generar mapas y establecer áreas potenciales de ubicación de las especies, que serán útiles a los programas de conservación in situ y recolección de germoplasma.

Dedicatoria y Agradecimientos

Los autores dedicamos este escrito al Dr. Diego Vargas Canela, por su ejemplo de perseverancia y por su amistad (Descanse en Paz).

Los autores agradecen a la SAGARPA y al Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos (SINAREFI-SNICS) por el apoyo recibido al proyecto Diagnóstico, exploración y colección de especies del género *Lycopersicum* en el Occidente de México, del cual es resultado el presente escrito. Al INIFAP por la colaboración en la presente investigación.

Referencias

- Benacchio, S. S. (1982). Algunas exigencias agroecológicas en 58 especies de cultivo con potencial de producción en el Trópico Americano. FONAIAP-Centro Nal. de Inv. Agropecuarias. Ministerio de Agricultura y Cría. Maracay, Venezuela, 202.
- Casas, A. (2001). Silvicultura y domesticación de plantas en Mesoamérica. Plantas, Cultura y Sociedad. UAM-Semarnat. México, DF p, 123-158.
- Doorenbos, J., & Kassam, A. H. (1979). Yield response to water. Irrigation and drainage paper, 33, 257.
- Esquinas Alcazar, J. T. (1981). Genetic resources of tomatoes and wild relatives (No. Folleto 7862 v. 7). International Board for Plant Genetic Resources.
- Geisenberg, C., & Stewart, K. (1986). Field crop management. In The tomato crop (pp. 511-557). Springer, Dordrecht.
- González de Cosío, M. (1984). Especies vegetales de importancia económica en México: contribución a su conocimiento (No. 581.6 G6).
- Guarino, L., Jarvis, A., Hijmans, R. J., & Maxted, N. (2002). 36 Geographic Information Systems (GIS) and the Conservation and Use of Plant Genetic Resources. Managing plant genetic diversity.
- Hancock JF. Plant Evolution and the Origin of Crop Species. 1992. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ. pp 275-276
- Hawkes, J. G., & Hawkes, J. G. (1983). The diversity of crop plants (No. 04; SB185. 75, H3.). Cambridge: Harvard University Press.
- Hijmans J R, D M Spooner (2001) Geographic distribution of wild potato species. American Journal of Botany 88: 2101-2112.
- Jenkins, J. A. (1948). The origin of the cultivated tomato. Economic Botany, 2(4), 379-392.

- Lobo Burle, M., Cordeiro, T., Fonseca, J. R., Palhares de Melo, M., & Neves Alves, R. (2003). Characterization of germplasm according to environmental conditions at the collecting site using GIS. Two case studies from Brazil. *Plant Genetic Resources Newsletter (IPGRI/FAO) Bulletin des Ressources Phytogenétiques (IPGRI/FAO) Noticiario de Recursos Fitogenéticos (IPGRI/FAO)*.
- López Soto, J. L., Ruiz Corral, J. A., Sánchez González, J. D. J., & Lépiz Ildefonso, R. (2005). Adaptación climática de 25 especies de frijol silvestre (*Phaseolus spp*) en la República Mexicana. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 28(3).
- Nee, M. (1986). Flora de Veracruz. Fascículo 49: Solanaceae 1. Xalapa: Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bioticos 191p-illus., maps, keys.. *Sp Icones, Maps. Geog*, 4.
- Nuez, F., Diez, M. J., Pico, B., & Fernández de Córdoba, P. (1996). Banco de Germoplasma de la Universidad Politécnica de Valencia. Catálogo de Semillas de Tomate. Monografías INIA, (95).
- Peet, M. M., & Bartholemew, M. (1996). Effect of night temperature on pollen characteristics, growth, and fruit set in tomato. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 121(3), 514-519.
- Peet, M. M., Sato, S., & Gardner, R. G. (1998). Comparing heat stress effects on male-fertile and male-sterile tomatoes. *Plant, cell & environment*, 21(2), 225-231.
- Rick, C. M. (1973). Potential genetic resources in tomato species: clues from observations in native habitats. In *Genes, enzymes, and populations* (pp. 255-269). Springer, Boston, MA.
- Rick C. M. (1976) *Tomato, Lycopersicon esculentum* (Solanaceae). In: *Evolution of Crop Plants*, N. W. Simmonds (ed). Ed. Longman Group. London. pp:268-273.
- Rick, C. M. (1978). Potential improvement of tomatoes by controlled introgression of genes from wild species. In *Proceedings of the Conference on Broadening the Genetic Base of Crops* (pp. 167-173).
- Rick, C. M., & Holle, M. (1990). Andean *Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*: genetic variation and its evolutionary significance. *Economic Botany*, 44(3), 69.
- Ríos-Osorio, O., Chávez-Servia, J. L., & Carrillo-Rodríguez, J. C. (2014). Producción tradicional y diversidad de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) nativo: un estudio de caso en Tehuantepec-Juchitán, México. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 11(1), 35-51.
- Rodríguez, G. E., Vargas, D., Sánchez, J. J., Lépiz, R., Rodríguez, A., Ruiz, J. A., ... & Miranda, R. (2009). Etnobotánica de *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* en el Occidente de México. *Naturaleza y Desarrollo*, 7(2), 46-59.
- Ruiz, C. J. A., Medina G, G., González A, I. J., Ortiz-Trejo, C., Flores L, H. E., Martínez P, R. A., & Byerly-Murphy, K. F. (1999). Tomate. *Requerimientos Agroecológicos de Cultivos*, 3.
- Ruiz, J. A., Sanchez, J. D. J., & Aguilar, M. (2001). Potential geographical distribution of teosinte in Mexico: a GIS approach. *Maydica*, 46(2), 105-110.
- Ruiz, C. J. A., García, G. M., & Romero, G. E. G. (2018). Sistema de información agroclimático para México-Centroamérica (SIAMEXCA). *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 9(1), 1-10.
- Ríos-Osorio, O., Chávez-Servia, J. L., Carrillo-Rodríguez, J. C., & Vera-Guzmán, A. M. (2014). Variación agromorfológica y cambios biofísicos poscosecha en frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 46(2), 29-44.
- Rzedowski, J. (2004). Flora y vegetación silvestres. Secretaría de Educación en el estado de Michoacán/Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo/EDDISA. México, DF, 61-66.
- Sato, S., Peet, M. M., & Thomas, J. F. (2002). Determining critical pre-and post-anthesis periods and physiological processes in *Lycopersicon esculentum* Mill. exposed to moderately elevated temperatures. *Journal of Experimental Botany*, 53(371), 1187-1195.

Sauer, J. (2017). Historical geography of crop plants: a select roster. Routledge.

Warnock, S. J. (1991). Natural habitats of *Lycopersicon* species. HortScience, 26(5), 466-471.