



Polibotánica

ISSN electrónico: 2395-9525

polibotanica@gmail.com

Instituto Politécnico Nacional

México

<http://www.polibotanica.mx>

DISTRIBUCIÓN POTENCIAL Y CARACTERIZACIÓN ECO-CLIMÁTICA DE ESPECIES SILVESTRES DE *Rubus* SUBGENUS *Eubatus* EN MEXICO

POTENTIAL DISTRIBUTION AND ECO-CLIMATIC CHARACTERIZATION OF WILD SPECIES OF *Rubus* SUBGENUS *Eubatus* IN MEXICO

Rodríguez-Bautista, G.; S.D. Segura Ledezma, S. Cruz-Izquierdo, J. López-Medina, N. Cruz-Huerta y L. M. Valenzuela Nuñez.

DISTRIBUCIÓN POTENCIAL Y CARACTERIZACIÓN ECO-CLIMÁTICA DE ESPECIES SILVESTRES DE *Rubus* SUBGENUS *Eubatus* EN MEXICO.

POTENTIAL DISTRIBUTION AND ECO-CLIMATIC CHARACTERIZATION OF WILD SPECIES OF *Rubus* SUBGENUS *Eubatus* IN MEXICO.

DISTRIBUCIÓN POTENCIAL Y CARACTERIZACIÓN ECO-CLIMÁTICA DE ESPECIES SILVESTRES DE *Rubus* SUBGENUS *Eubatus* EN MÉXICO

POTENTIAL DISTRIBUTION AND ECO-CLIMATIC CHARACTERIZATION OF WILD SPECIES OF *Rubus* SUBGENUS *Eubatus* IN MEXICO

Rodríguez-Bautista, G.;
S.D. Segura Ledezma,
S. Cruz-Izquierdo,
J. López-Medina,
N. Cruz-Huerta
y L. M. Valenzuela Nuñez

DISTRIBUCIÓN
POTENCIAL Y
CARACTERIZACIÓN
ECO-CLIMÁTICA DE
ESPECIES SILVESTRES DE
Rubus SUBGENUS *Eubatus*
EN MÉXICO

POTENTIAL
DISTRIBUTION AND
ECO-CLIMATIC
CHARACTERIZATION OF
WILD SPECIES OF *Rubus*
SUBGENUS *Eubatus*
IN MEXICO

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 52: 103-116. Julio 2021

DOI:
10.18387/polibotanica.52.8

G. Rodríguez-Bautista

*Colegio de Postgraduados Campus Montecillo.
Posgrado en Recursos Genéticos y Productividad-Genética,
Km 36.5 Carr. México-Texcoco. Texcoco, Edo. de Méx. C.P. 56230.*

S.D. Segura Ledezma

*Universidad Autónoma Chapingo.
Centro Regional Universitario Centro Occidente
Periférico Independencia Pte. No. 1000. Col. Lomas del Valle,
A.P. 8. C.P. 58170. Morelia, Mich.*

S. Cruz-Izquierdo

*Colegio de Postgraduados Campus Montecillo.
Posgrado en Recursos Genéticos y Productividad-Genética,
Km 36.5 Carr. México-Texcoco. Texcoco, Edo. de Méx. C.P. 56230.*

J. López-Medina

*Facultad de Agrobiología "Presidente Juárez"
Universidad Michoacana San Nicolás de Hidalgo.
Paseo Gral. Lázaro Cárdenas y Berlín S/N, Colonia Viveros.
Uruapan, Michoacán. C.P. 60170.*

N. Cruz-Huerta

*Colegio de Postgraduados Campus Montecillo.
Posgrado en Recursos Genéticos y Productividad-Genética,
Km 36.5 Carr. México-Texcoco. Texcoco, Edo. de Méx. C.P. 56230.*

L.M. Valenzuela Nuñez / luisvn70@hotmail.com

*Laboratorio de Biología y Ecología Forestal. Facultad de Ciencias Biológicas.
Universidad Juárez del Estado de Durango.
Av. Universidad S/N. Fracc. Filadelfia. C.P. 35010. Gómez Palacio, Dgo.*

RESUMEN: Las zarzamoras (*Rubus* spp) son un recurso fitogenético que se desarrolla en zonas montañosas de México y se adaptan a diferentes condiciones climáticas, sin embargo, en México no se cuenta con información para su aprovechamiento ni en programas de investigación. El objetivo de la presente investigación fue determinar la riqueza, distribución y diversidad de las especies silvestres de zarzamora a partir de los registros de ocurrencia. Se utilizó la base de datos Worldclim para conocer las variables climáticas que determinan su distribución. La información ecogeográfica se obtuvo de la base de datos REMIB-CONABIO, la cual se sometió al algoritmo Bioclim de DIVA-GIS® 7.5. La información se analizó por componentes principales y correspondencias múltiples. Los resultados muestran que en México se encuentran 42 especies de zarzamoras y se distribuyeron en el Eje Volcánico Transmexicano y Sierra Madre del Sur. Chiapas, Veracruz, Estado de México e Hidalgo presentaron mayor riqueza (numero de especies presente), mientras que Chiapas y Veracruz presentaron

mayor diversidad (porcentaje de cada especie con respecto al número total de especies presentes). La temperatura mínima y precipitación anual determinan las zonas de distribución potencial de zarzamoras. El 51.9% de las especies de zarzamoras presentaron diferencias entre especies en relación a los requerimientos climáticos.

Palabras clave: clima, diversidad, *Rubus* spp., recursos genéticos, zarzamoras.

ABSTRACT: Blackberries (*Rubus* spp) are a genetic resource that develops in mountainous areas of Mexico and are adapted to different climatic conditions, however, in Mexico there is no information for their use or in research programs. The objective of the present investigation was to determine the richness, distribution and diversity of wild blackberry species from the records of occurrence. The Worldclim database was used to know the climatic variables that determine its distribution. The echogeographic information was obtained from the REMIB-CONABIO database, which was submitted to the DIVA-GIS® 7.5 BIOCLIM algorithm. The information was analyzed by principal components and multiple correspondences. Results show that 42 blackberry species are found in Mexico and were distributed in the Trans-Mexican Volcanic Axis and Sierra Madre del Sur. Chiapas, Veracruz, the State of Mexico and Hidalgo presented greater richness (number of species present), while Chiapas and Veracruz presented greater diversity (percentage of each species with respect to the total number of species present). The minimum temperature and annual precipitation determine the potential distribution zones of blackberries. 51.9% of the blackberry species presented differences between species in relation to climatic requirements.

Key words: climate, diversity, *Rubus* spp., genetic resources, wild blackberries.

INTRODUCCIÓN

México es el cuarto país del mundo con mayor diversidad vegetal (Jiménez Sierra *et al.*, 2014; Villaseñor & Ortiz, 2014). Su diversidad biológica se debe principalmente a las condiciones fisiográficas, geológicas y climáticas que se presentan en el territorio mexicano, lo que genera una gama de nichos ecológicos (Cevallos-Ferriz & Huerta-Vergara, 2016; Fragoso *et al.*, 2014; Rzedowski, 1994). En México existen 712 especies frutales que pertenecen a 75 familias y 169 géneros, 32 de las especies frutales nativas son aprovechadas de forma comercial, mientras que 620 son cultivadas en huertos familiares (Borys & Leszzyńska-Borys, 1997; Mendonça *et al.*, 2014; Muratalla Lua *et al.*, 2013). Dentro de esta diversidad de frutales se encuentran los materiales silvestres, como la zarzamora silvestre (*Rubus* spp) (Clark & Finn, 2014; Finn & Clark, 2011; Ibañez-Martínez, 2011; Labanca *et al.*, 2017), la cual se recolecta para el consumo personal o para el comercio local (Bassil *et al.*, 2010; La Mela, 2014; Schulp *et al.*, 2014).

El género *Rubus* spp pertenece a la familia Rosaceae, del que existen alrededor de 750 especies en el mundo (Huang & Hu, 2009; Ling-ti & Boufford, 2003). El género *Rubus* se subdivide en 12 subgéneros, encontrándose en el subgénero *Eubatus* las zarzamoras (Cancino-Escalante *et al.*, 2011). En México, de acuerdo con Rzedowski & Calderón de Rzedowski, (2005) se encuentran distribuidas 61 especies de zarzamoras. Las cuales se desarrollan en las zonas montañosas de México hasta Ecuador (Cancino-Escalante *et al.*, 2011; Ricárdez-Luna *et al.*, 2016). De estas especie no se tienen estudios de caracterización de germoplasma (Ibañez-Martínez, 2011; Mehmood *et al.*, 2014). Los Sistemas de Información Geográfica son auxiliares en la localización de las zonas donde se desarrollan o adaptan recursos fitogenéticos de interés, y contribuyen en la planeación de la colecta de germoplasma (Moreta *et al.*, 2013; Núñez-Colín & Escobedo-López, 2014; Padulosi *et al.*, 2014); el modelo Bioclim a partir de la base de datos Worldclim permite la determinación de la riqueza y diversidad de las especies e identifica las zonas de distribución potencial (Hijmans *et al.*, 2005; Pliscoff & Fuentes-Castillo, 2011; Timaná de la Flor & Cuentas Romero, 2015). El presente estudio tuvo como finalidad identificar la distribución de las especies silvestres de zarzamora en México con la ayuda del Análisis de Información Geográfica, se propuso también determinar la riqueza y diversidad de

las especies de zarzamora (*Rubus* subgenus *Eubatus*) en México y conocer los factores climáticos asociados a la distribución potencial de las especies silvestres de zarzamoras.

MATERIALES Y MÉTODO

Se utilizó el modelo BIOCLIM de DIVA GIS ® para obtener la distribución potencial de las especies silvestres de zarzamora en base a las zonas climáticas adecuadas para el desarrollo de recursos fitogenéticos en cuadrículas de 2.5 minutos, tanto de latitud y longitud de la ubicación de la especie de estudio, el algoritmo busca climas similares y otorga una calificación para la adaptación o no de la especie en una determinada región geográfica.

También se obtuvo información de 653 sitios con datos completos de colecta de 42 especies silvestres de *Rubus* (subgenus *Eubatus*), con sus respectivos datos de pasaportes ecogeográficos (altitud, longitud y latitud), en la base de datos (REMIB, 2018). Los datos de pasaporte ecogeográficos de los sitios de colecta se analizaron con el algoritmo Bioclim de DIVA-GIS® versión 7.5 con lo que se obtuvo la distribución general, riqueza (estimador de riqueza de Chao) y diversidad (índice de diversidad de Margalef) de especies con la metodología propuesta por Núñez-Colín & Goytia-Jiménez (2009).

Para el análisis de riqueza y diversidad de las especies, se exportaron los datos de pasaportes ecogeográficos al programa DIVA GIS® 7.5; el tamaño de la celda fue 0.25 grados y la escala de los colores del mapa fué de menor a mayor intensidad (verde, amarillo y rojo), representando el color rojo la mayor riqueza y diversidad.

Modelo de las zonas de distribución potencial de las especies de zarzamoras silvestres

El modelo de zonas de distribución con la base de datos Worldclim se realizó utilizando el algoritmo BioClim (Busby, 1991) en DIVA GIS® de acuerdo con Núñez-Colín (2010) y Núñez-Colín & Goytia-Jiménez (2009), con datos climáticos de 1950 al 2000, se utilizó la herramienta Ecological Niche Models con la finalidad de eliminar localidades cuya proximidad se considera como una sola localidad.

Con el programa de DIVA GIS® 7.5 (Hijmans *et al.*, 2004) se obtuvieron los datos climatológicos de temperatura promedio anual (B1), rango medio diurno (temperatura máxima-temperatura mínima; promedio mensual) (B2), isothermalidad $(B1/B7)*100$ (B3), estacionalidad de la temperatura (B4), temperatura máxima del periodo más caliente (B5), temperatura mínima del periodo más frío (B6), rango anual de temperatura (B5-B6) (B7), temperatura media en el trimestre más lluvioso (B8), temperatura promedio en el trimestre más seco (B9), temperatura promedio en el trimestre más caluroso (B10), temperatura promedio en el trimestre más frío (B11), precipitación anual (B12), precipitación en el periodo más lluvioso (B13), precipitación en el periodo más seco (B14), estacionalidad de la precipitación (B15), precipitación en el trimestre más lluvioso (B16), precipitación en el trimestre más seco (B17), precipitación en el trimestre más caluroso (B18) y precipitación en el trimestre más frío (B19) y se exportaron en formato Excel para su posterior análisis.

Análisis de componentes principales, clúster jerárquico y discriminante y análisis de correspondencias múltiples (ACM)

Con datos de los factores climáticos se realizó el análisis de componentes principales (ACP) y el análisis de correspondencias múltiples (ACM). El análisis cluster jerárquico se realizó con el método de UPGM y la distancia euclidiana al cuadrado. Además del análisis de correlación de Stepwise y análisis discriminante de Mahalanobis entre especies. Los análisis estadísticos se realizaron con el paquete estadístico SAS (SAS, 2004).

RESULTADOS

Las especies de zarzamoras silvestres encontradas en los 653 sitios con datos completos de colecta reportadas en la base de datos de REMIB (2018), así como su distribución se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Sitios de registro de colecta con datos completos con presencia de especies del género *Rubus* en México disponibles en la base de datos de la Red Mundial de Información Sobre Biodiversidad, Comisión Nacional Para el Conocimiento y Conservación de la Biodiversidad (REMIB, 2018).

Especie	No. de Sitios	Distribución en México
<i>Rubus aboriginum</i> Rydb.	8	Hidalgo, Veracruz, Nuevo León, San Luis Potosí
<i>Rubus adenotrichos</i> Schltdl	119	Jalisco, Guanajuato, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Puebla, Chiapas, Veracruz, Hidalgo, Estado de México, Morelos, Ciudad de México, Durango, Colima.
<i>Rubus apogaeus</i> L.H. Bailey	1	Coahuila
<i>Rubus arizonensis</i> Focke	4	Sonora, Durango
<i>Rubus arizonicus</i> Rydb.	2	Nuevo León
<i>Rubus caudatisepalus</i> Calderón	6	Ciudad de México, Nuevo León, Oaxaca.
<i>Rubus coriifolius</i> Weihe	68	Michoacán, Durango, Chiapas, Sinaloa, Veracruz, Guerrero, Jalisco, Tamaulipas, Nuevo León, Morelos, Baja California, Hidalgo.
<i>Rubus eriocarpus</i> Liem.	35	Veracruz, Chiapas, Tamaulipas, Durango.
<i>Rubus fagifolius</i> Schltdl.	35	Veracruz, Chiapas, Guanajuato, Tlaxcala.
<i>Rubus flagellaris</i> Willd.	14	Nuevo León
<i>Rubus floribundus</i> Weihe	2	Veracruz
<i>Rubus glaucus</i> Benth	4	Oaxaca, Chiapas
<i>Rubus hadrocarpus</i> Standley	4	Chiapas
<i>Rubus hispidus</i> L.	1	Tamaulipas
<i>Rubus humistratus</i> Steud	17	Veracruz, Tamaulipas, Hidalgo, Jalisco, Chihuahua, Chiapas, Sinaloa
<i>Rubus idaeus</i> L.	23	Nuevo León, Coahuila
<i>Rubus irasvensis</i> Liem.	1	Michoacán.
<i>Rubus leucodermis</i> Dougl. ex Torr. & A. Gray.	11	Chihuahua
<i>Rubus liebmannii</i> Focke	45	Veracruz, Oaxaca, Michoacán, Estado de México, Hidalgo, Ciudad de México, Morelos, Jalisco, Querétaro, Durango.
<i>Rubus mcvaughianus</i> (M.C.Johnst.) Sojak	4	Querétaro
<i>Rubus miser</i> Liem	1	Veracruz
<i>Rubus nelsonii</i> Rydb	2	Jalisco
<i>Rubus neomexicanus</i> A. Gray	1	Coahuila
<i>Rubus occidentalis</i> Focke	1	Oaxaca
<i>Rubus odoratus</i> L.	1	Tlaxcala
<i>Rubus oligospermus</i> Thorn. ex Rydb.	1	Durango
<i>Rubus palmeri</i> Rydb	19	Veracruz, Hidalgo, Durango, Chiapas, Chihuahua, Sonora, Sinaloa
<i>Rubus parviflorus</i> Nutt	1	Hidalgo
<i>Rubus pringlei</i> Rydb	38	Nayarit, Veracruz, Puebla, Michoacán, Estado de México, Ciudad de México, Hidalgo, Durango, Chihuahua, Oaxaca, Tamaulipas,
<i>Rubus pumilus</i> Focke	33	Michoacán, Ciudad de México, Estado de México, Durango, Michoacán, Tlaxcala.

<i>Rubus rosifolius</i> Sm	1	Veracruz
<i>Rubus sapidus</i> Schltdl	34	Chiapas, Veracruz, Hidalgo, Puebla, Oaxaca, Michoacán, Querétaro, Morelos.
<i>Rubus scandens</i> Juss.	2	Veracruz
<i>Rubus schiedeianus</i> Steud	24	Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Veracruz, Morelos
<i>Rubus sierrae</i> Laferr.	1	Chihuahua
<i>Rubus idaeus</i> subsp. <i>strigosus</i> (Michx.) Focke.	3	Coahuila, Nuevo León
<i>Rubus trichomallus</i> Schltdl.	2	Chiapas
<i>Rubus trilobatus</i> Yü et Lu	1	Oaxaca
<i>Rubus trilobus</i> Ser	66	Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Veracruz, Puebla.
<i>Rubus ursinus</i> Cham. & Schltdl.	1	Baja California
<i>Rubus urticifolius</i> Poir	9	Oaxaca, Chiapas, Veracruz.
<i>Rubus verae-crucis</i> Rydb.	7	Veracruz

Las zarzamoras silvestres se distribuyeron principalmente en la región biogeográfica del Eje Volcánico Transmexicano, y la Sierra Madre del Sur y en menor proporción en la Sierra Madre Occidental y Oriental, Cuenca de Balsas, Costa Pacífico de México y Golfo de México (Tabla 1). La mayor riqueza de especies de zarzamoras se encontró en Chiapas, Veracruz, Estado de México e Hidalgo (4-6 especies), (Fig. 1). Chiapas y Veracruz presentaron la mayor diversidad de especies de acuerdo al índice de Margaleff (2.08 a 2.6 percentiles), seguidos por Oaxaca e Hidalgo (1.56 a 2.08 percentiles) (Fig. 2).

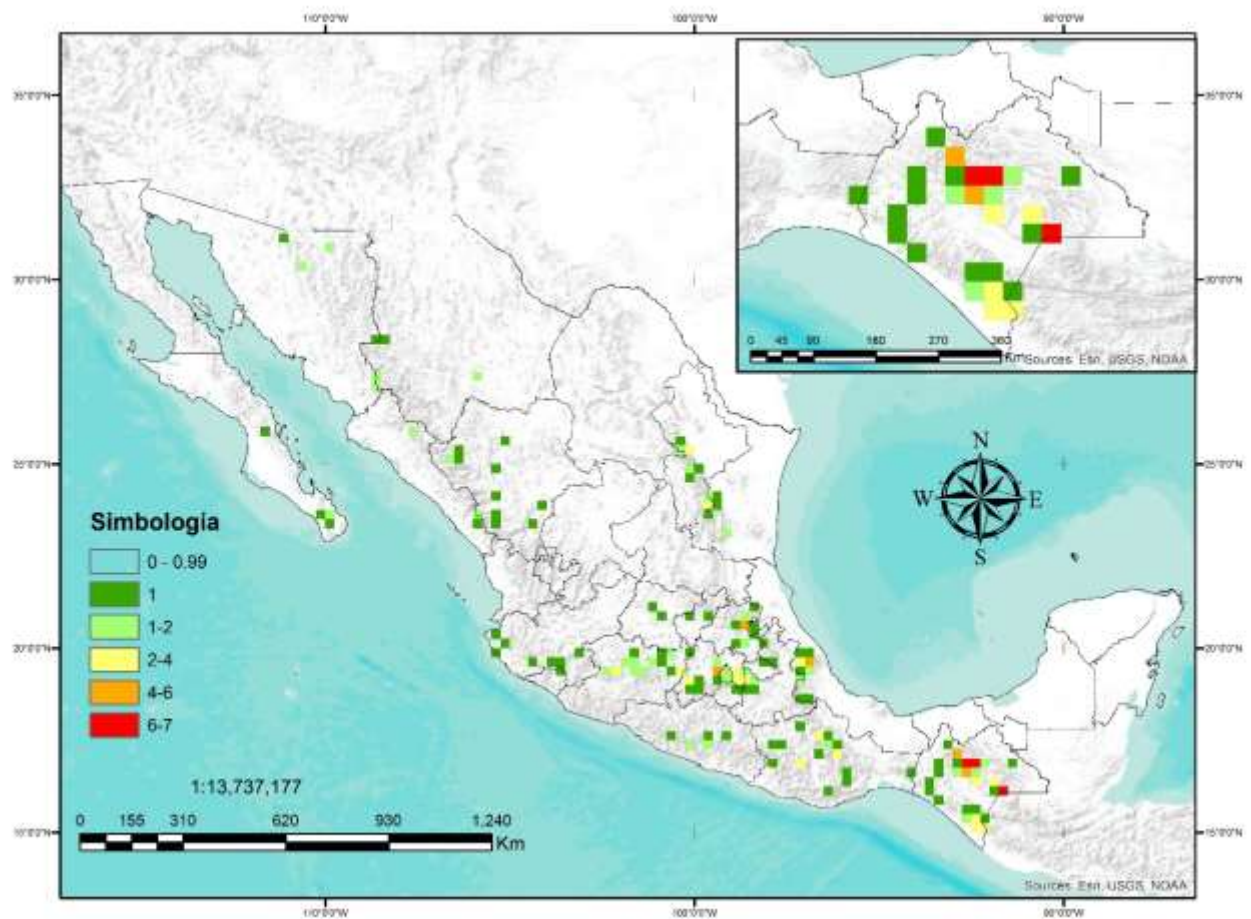


Fig. 1. Riqueza de las 42 especies de zarzamoras silvestres en México, con datos disponibles en (REMIB, 2018).

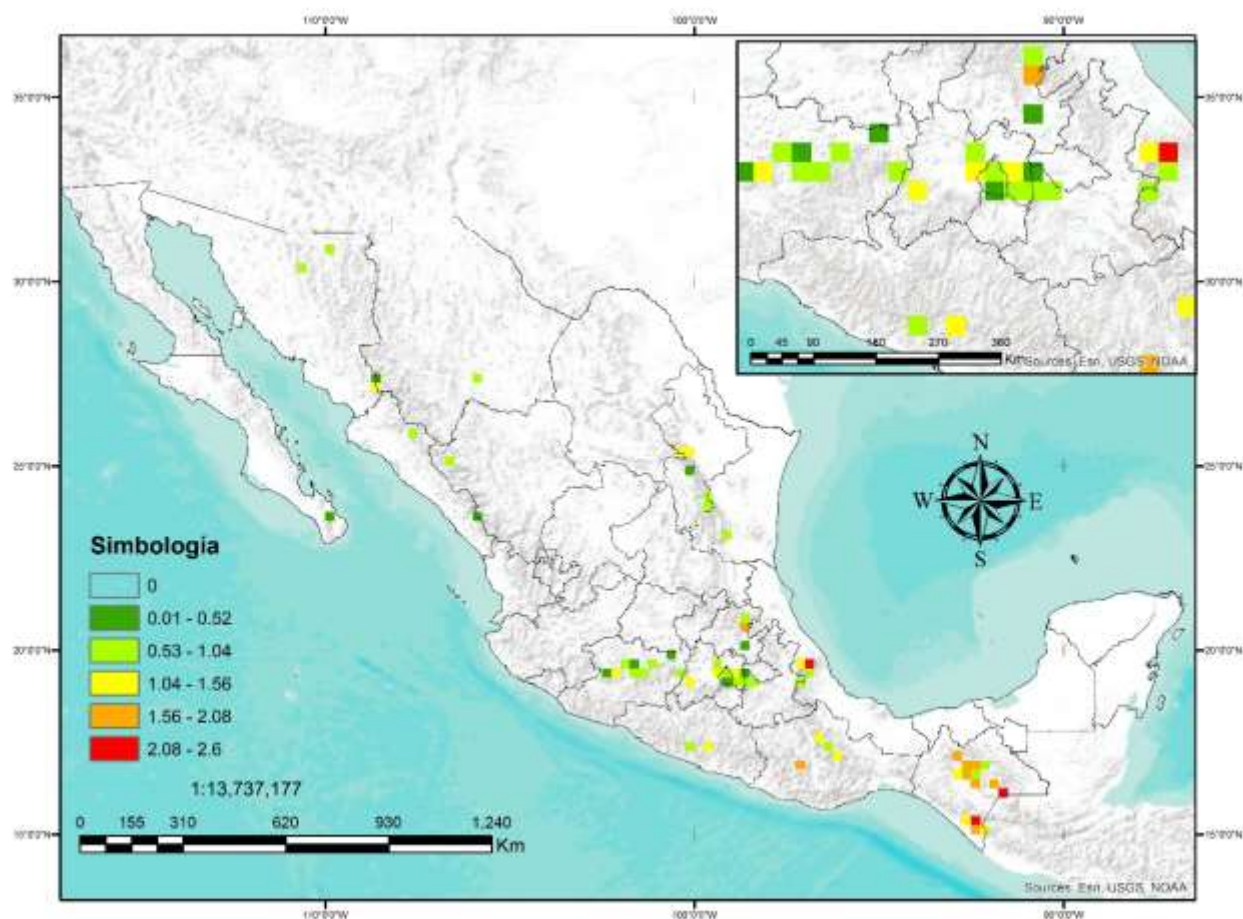


Fig. 2. Diversidad de las 42 especies de zarzamoras silvestres en México, de acuerdo al índice de Margaleff con datos disponibles en (REMIB, 2018).

En el análisis de componentes principales, los primeros dos componentes explicaron 71.9% de la variación (Tabla 2). En el CP1 y CP2, la temperatura mínima (B5) y precipitación anual (B12) destacaron en la distribución potencia de las especies silvestres de zarzamora (Fig. 3).

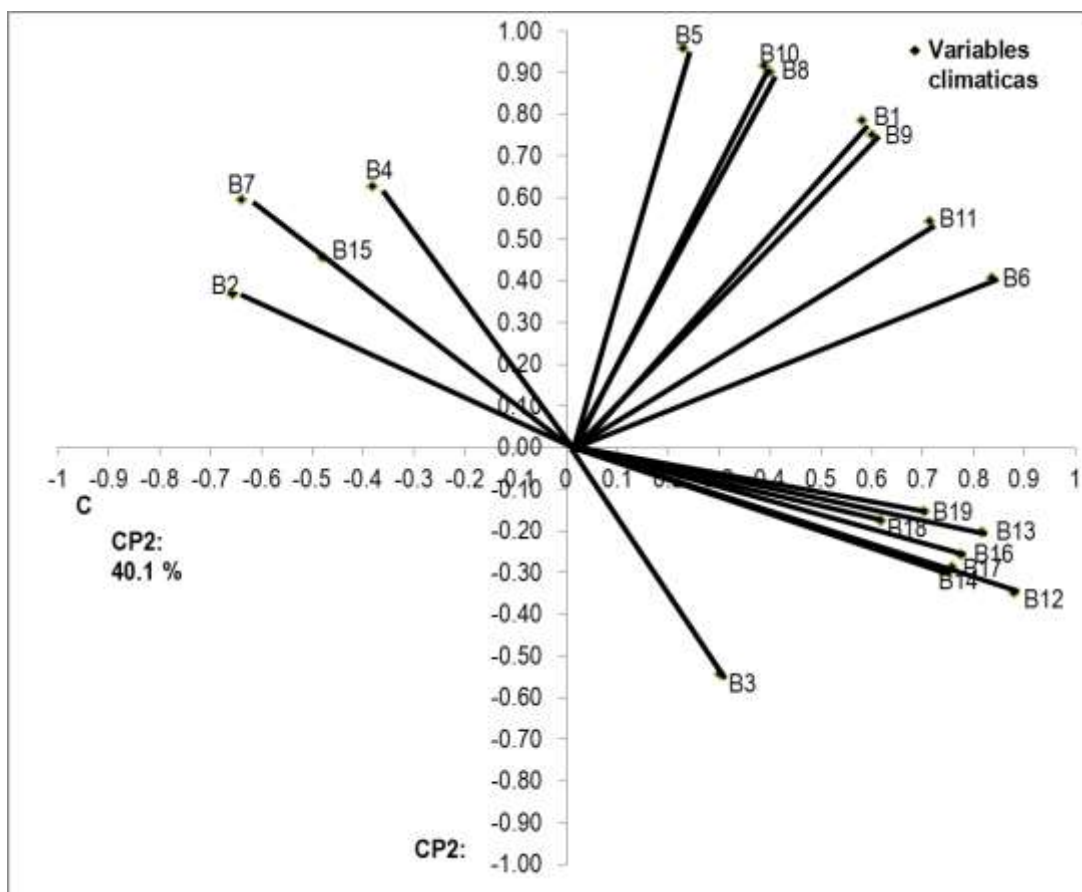


Fig. 3. Asociación de los elementos climáticos sobre los dos primeros componentes principales que caracterizan la adaptación de las zarzamoras silvestres en México: temperatura promedio anual (B1), rango medio diario (Temperatura máxima-temperatura mínima; promedio mensual) (B2), isothermalidad $(B1/B7) \times 100$ (B3), estacionalidad de la temperatura (B4), temperatura máxima del periodo más caliente (B5), temperatura mínima del periodo más frío (B6), rango anual de temperatura (B5-B6) (B7), temperatura media en el trimestre más lluvioso (B8), temperatura promedio en el trimestre más seco (B9), temperatura promedio en el trimestre más caluroso (B10), temperatura promedio en el trimestre más frío (B11), precipitación anual (B12), precipitación en el periodo más lluvioso (B13), precipitación en el periodo más seco (B14), estacionalidad de la precipitación (B15), precipitación en el trimestre más lluvioso (B16), precipitación en el trimestre más seco (B17), precipitación en el trimestre más caluroso (B18) y precipitación en el trimestre más frío (B19).

Tabla 2. Valores propios y proporción de la varianza explicada en análisis de componentes principales (ACP).

Componente	Autovalor	Diferencia	Proporción	Acumulada
CP1	7.619	1.567	0.401	0.401
CP2	6.051	3.806	0.318	0.719
CP3	2.245	0.945	0.118	0.837
CP4	1.299	0.523	0.068	0.906

CP: Componente principal

El ACM con dos factores explicaron el 80.7% de la variación total. Los factores climáticos que determinaron los dos primeros factores fueron: temperatura máxima del período más caliente, temperatura promedio en el trimestre más caluroso, temperatura mínima del período más frío, temperatura media en el trimestre más lluvioso, precipitación anual y precipitación en el trimestre más lluvioso.

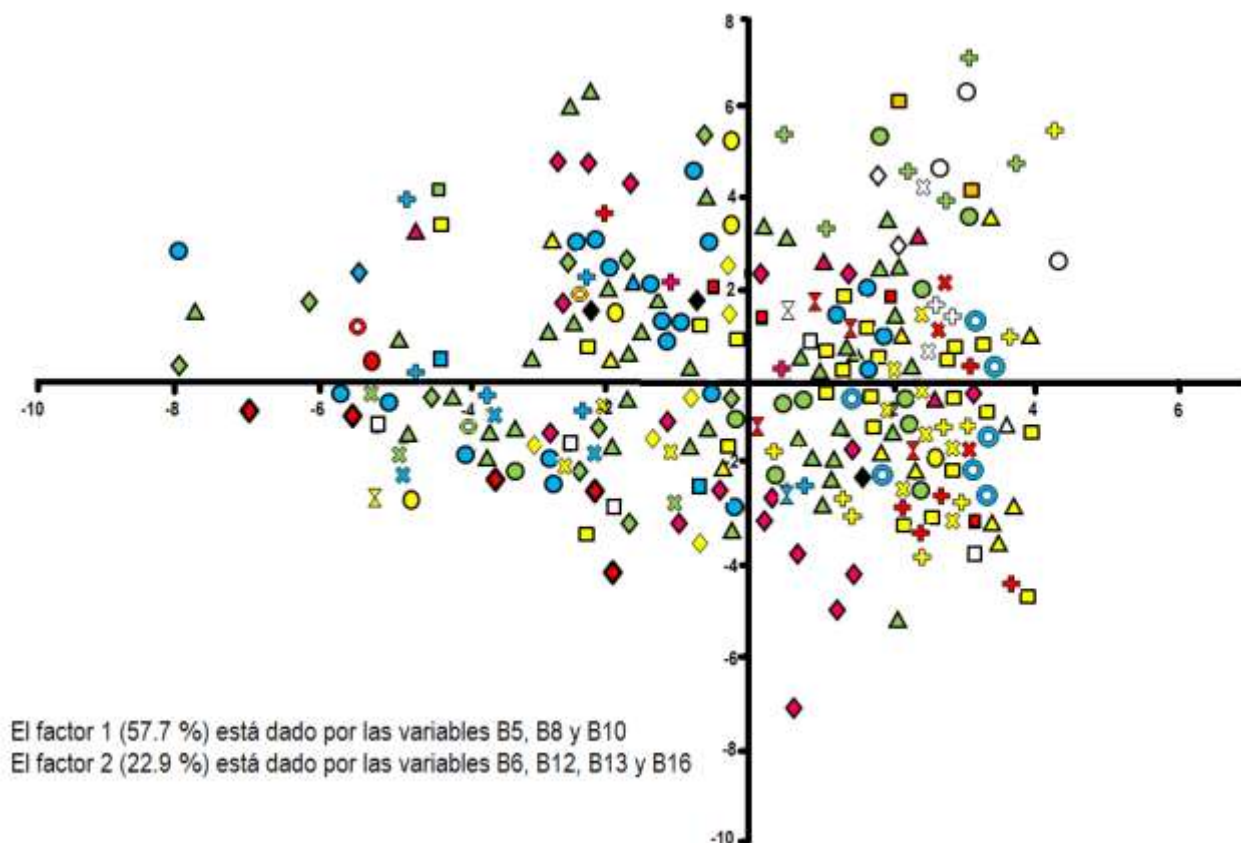


Fig. 4. Dispersión de las especies silvestres de zarzamora sobre el plano de los dos primeros factores: \blacklozenge) *Rubus aboriginum* Rydb, \blacktriangle) *R. adenotrichos* Schltdl., \boxtimes) *Rubus apogaeus* L. H. Bailey \blacklozenge) *R. arizonicus* Rydb \blacksquare) *R. arizonensis* Focke, \bullet) *R. caudatisepalus* Calderón, \bullet) *R. coriifolius* Weihe, \blacklozenge) *R. hispidus* L., \blacksquare) *R. eriocaupus* Liem., \oplus) *R. fagifolius* Schltdl, \blacksquare) *R. flagelaris* Willd, \square) *R. floribundus* Weihe, \blacklozenge) *R. hadrocarpus* Standley, \blacktriangle) *R. humistratus* Steud, \blacklozenge) *R. idaeus* L., \blacksquare) *R. irasvensis* Liem., \bullet) *R. leucodermis* Dougl. Ex Torr. & A. Gray, \bullet) *R. liebmanii* Focke \times) *R. mcvaughianus* (M.C.Johnst.) Sojak, \times) *R. miser* Liem, \blacklozenge) *R. nelsonii* Rydb, \odot) *R. neomexicanus* A. Gray \blacktriangle) *R. occidentalis* Focke, \blacktriangle) *R. odoratus* L., \blacksquare) *R. oligospermus* Thorn. ex Rydb., \oplus) *R. palmeri* Rydb, \circ) *R. parviflorus* Nutt, \blacktriangle) *R. pringlei* Rydb, \oplus) *R. pumilus* Focke, \boxtimes) *R. rosifolius* Sm, \bullet) *R. rapidus* Schltdl, \bullet) *R. scandens* Juss. \oplus) *R. schiedeana* Steud, \bullet) *R. sierrae* Laferr. \bullet) *Rubus idaeus* subsp. *strigosus* (Michx.) Focke. \oplus) *R. trichomallus* Schltdl., \bullet) *R. trilobatus* Yü et Lu, \blacklozenge) *R. trilobus* Ser, \blacktriangle) *R. trivialis* Michx, \times) *R. urticifoliosus* Poir, \oplus) *R. ursinus* Cham. et Schltdl. y \times) *R. verae-crucis* Rydb.

Se utilizó el procedimiento de selección de variables por el método hacia adelante (Stepwise), que permitió discriminar cuatro de 19 elementos climáticos: Temperatura mínima del periodo más frío (B6), precipitación en el periodo más lluvioso (B13), precipitación en el trimestre más lluvioso (B16) y precipitación en el trimestre más frío (B19) que presentaron una discriminación eficaz en la separación de cada una de los elementos climáticos (Tabla 3).

Tabla 3. Variables aceptadas y eliminadas.

Pasos	Variables aceptadas	Cuadrado mínimo					
		Estadística	Entre grupos	Estadística	Df1	Df2	Significancia
1	B16	0.000	7 y 36	0.000	1	321.000	0.987
2	B13	0.015	17 y 22	0.006	2	320.00	0.994
3	B6	0.059	3 y 9	0.063	3	319.000	0.979
4	B9	0.210	7 y 3	0.453	4	318.000	0.770

La distancia Mahalanobis se obtuvo de la comparación entre las 45 especies de zarzamoras silvestres. El 51.9% de las correlaciones entre las especies silvestres presentaron diferencias significativas ($P \geq 0.05$). Las especies *R. arizonensis* Focke, *R. flagelaris* Willd, *R. floribundus* Weihe, *R. hadrocarpus* Standley, *R. humistratus* Steud, *R. mcvaughianus* (M.C.Johnst.) Sojak, *R. palmeri* Rydb., *R. trichomallus* Schltdl. y *R. trilobus* Ser. presentaron mayor número de diferencias estadísticas significativas entre especies; por el contrario, las especies *R. adenotrichos* Schltdl, *R. eriocarpus* Liem, *R. fagifolius* Schltdl, *R. miser* Liebm, *R. nelsonii* Rydb, *R. occidentalis* Focke, *R. odoratus* L., *R. oligospermum* Thorn. ex Rydb., *R. parviflorus* Nutt, *R. rosifolius* Sm, *R. sapidus* Schltdl y *R. verae-crucis* Rydb mostraron menor número de diferencias estadísticas significativas en relación con las especies en estudio.

DISCUSIÓN

Los resultados de distribución general de *Rubus* muestran alta diversidad de especies de zarzamora en México. Lo que contrasta con lo reportado por Rzedowski & Calderón de Rzedowski (2005), quienes mencionan que en México existen 61 especies del género *Rubus*, lo que indica que falta reportar especies en la base de datos de REMIB (2018) para contar con toda la diversidad de las zarzamoras silvestres presentes en México, esto puede deberse también a la posibilidad de cambios recientes que se han realizado en la sistemática del grupo. El conocimiento de los recursos fitogenéticos permite el aprovechamiento de los mismos (Clark & Finn, 2014; Labanca *et al.*, 2017). Mientras que Finn *et al.*, (2002) mencionan que alrededor de 58 especies silvestres del género *Rubus* se han utilizado para el mejoramiento genético con las que se han obtenido variedades comerciales. Moreta *et al.*, (2013); Núñez-Colín & Escobedo-López (2014) y Padulosi *et al.* (2014), indican que estos resultados pueden ayudar a planear la colecta de germoplasma con la finalidad de abarcar la mayor variabilidad de la especie de interés. Mientras que Villaseñor & Téllez Valdés (2004) mencionan que los estudios de diversidad vegetal son útiles como fuente de información potencial para estudios taxonómicos y biogeográficos. Sobre lo mismo Leal-Nares *et al.*, (2012) menciona que los estudios de distribución potencial proporcionan información valiosa para la ejecución de estrategias de restauración que incluyan actividades de conservación y reforestación, tomando en cuenta diversos factores ambientales que determinan la aptitud del territorio para la especie. Las zonas de distribución obtenidas en el presente estudio coinciden con lo planteado por Ibañez-Martínez (2011), quien indica que en México las zarzamoras silvestres se desarrollan de forma adecuada

en zonas montañosas. Al respecto, Núñez Colín, (2009) mencionan que las regiones con alto o excelente distribución potencial son aptas para establecer un banco de germoplasma *in situ*.

La temperatura mínima y la precipitación anual destacan en la distribución potencial de las especies silvestres de zarzamora, al respecto Warmund & Byers (2002) mencionan que la zarzamora requiere para un buen desarrollo de flores y frutos, exposición a temperaturas bajas o unidades frío (UF) por debajo de 7 °C durante la brotación de yemas.

Cancino-Escalante *et al.*, (2011) mencionan que el sistema de reproducción de las plantas influye en la variabilidad, por el efecto de la hibridación entre especies. Mientras que Dossett *et al.*, (2012) mencionan que la diversidad genética que existe en las especies de *Rubus*, permite la variación de las características morfológicas, arquitectura de la planta, época de fructificación, vigor y tolerancia en enfermedades. Por lo que el germoplasma de las especies silvestres exhibe un rango de variación potencial que pueden ser empleados en un futuro en programas de mejoramiento genético.

CONCLUSIONES

Se encontraron 42 especies silvestres de zarzamoras distribuidas en las zonas montañosas del Eje Volcánico Transmexicano y Sierra Madre del Sur. Los estados de Morelos y Ciudad de México presentan la mayor riqueza, mientras que los estados de Chiapas e Hidalgo tienen la mayor diversidad. Los factores climáticos relacionados con la temperatura mínima y la precipitación anual determinaron la distribución potencial de las especies silvestres de zarzamora. El 51.9% de las especies silvestres de zarzamora presentaron diferencias en relación a los requerimientos climáticos.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el financiamiento a la beca otorgada para estudios de Doctorado del M. C. Geremías Rodríguez Bautista y al Fideicomiso No.167304 para la Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico, por el financiamiento al proyecto “Diversidad genética de poblaciones de zarzamora (*Rubus* spp)”. Se agradece también el apoyo al M. C. José Antonio Hernández Herrera para la elaboración y edición de los mapas de distribución, distribución potencial, riqueza y diversidad.

LITERATURA CITADA

- Bassil, N. V., Bunch, T., Nyberg, A., Hummer, K., & Zee, F. T. (2010). Microsatellite markers distinguish Hawaiian ohelo from other *Vaccinium* L. section *Myrtillus* species. *Acta Horticulturae*, 859, 81–88. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2010.859.7>
- Borys, M. W., & Leszzyńska-Borys, H. (1997). *El Potencial frutícola de la República Mexicana*.
- Busby, J. R. (1991). BIOCLIM - a bioclimate analysis and prediction system. In *Nature conservation: cost effective biological surveys and data analysis* (pp. 64–68). CSIRO. [https://doi.org/10.1016/0166-5162\(90\)90057-6](https://doi.org/10.1016/0166-5162(90)90057-6)
- Cancino-Escalante, G. O., Sánchez-Montaña, L. R., Quevedo-García, E., & Díaz-Carvajal, C. (2011). Caracterización fenotípica de accesiones de especies de *Rubus* L. de los municipios de Pamplona y Chitagá, región Nororiental de Colombia. *Universitas Scientiarum*, 16(3), 219. <https://doi.org/10.11144/javeriana.sc16-3.pcor>
- Cevallos-Ferriz, S. R. S., & Huerta-Vergara, A. R. (2016). Contexto geológico y fitogeografía de las plantas del Cretáceo de México. *Boletín Geológico y Minero*, 126 (January 2015), 21–36.

- Clark, J. R., & Finn, C. E. (2014). Blackberry cultivation in the world. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 36(1), 46–57. <https://doi.org/10.1590/0100-2945-445/13>
- Dossett, M., Bassil, N. V., Lewers, K. S., & Finn, C. E. (2012). Genetic diversity in wild and cultivated black raspberry (*Rubus occidentalis* L.) evaluated by simple sequence repeat markers. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 59(8), 1849–1865. <https://doi.org/10.1007/s10722-012-9808-8>
- Finn, C., & Clark, J. R. (2011). Emergence of Blackberry as a World Crop. *Chronica Horticulturae*, 51(3), 13–18.
- Finn, C., Swartz, H., Moore, P. P., & Ballington, J. R. (2002). Use of 58 *Rubus* species in five North American breeding programmes - Breeders notes. *Acta Horticulturae*, 585(September), 113–119. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2002.585.15>
- Fragoso, P., Pereira, A., Frauto, O., & Bautista, F. (2014). Relación entre la geodiversidad de Quintana Roo y su biodiversidad. Relationship between geodiversity and biodiversity in. *Quivera*, 16, 97–125.
- Hijmans, R. J., Cameron, S. E., Parra, J. L., Jones, P. G., & Jarvis, A. (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 25(15), 1965–1978. <https://doi.org/10.1002/joc.1276>
- Hijmans, R. J., Guarino, L., Bussink, C., Mathur, P., Cruz, M., Barrantes, I., & Rojas, E. (2004). *DIVA-GIS, Sistema de Información Geográfica para el Análisis de Datos de Distribución de Especies*. http://www.diva-gis.org/docs/DIVA-GIS4_manual_Esp.pdf
- Huang, J. Y., & Hu, J. M. (2009). Revision of *Rubus* (Rosaceae) in Taiwan. *Taiwania*, 54(4), 285–310. [https://doi.org/10.6165/tai.2009.54\(4\).285](https://doi.org/10.6165/tai.2009.54(4).285)
- Ibañez-Martínez, I. (2011). *Caracterización de zarzamora silvestre (Rubus sp) en la sierra norte y nororiente de Puebla y Sierra Centro de Veracruz*. Universidad Autónoma Chapingo.
- Jiménez Sierra, C., Sosa Ramírez, J., Cortés Calva, P., Breceda Solís Cámara, A., Iñiguez Dávalos, L., & Ortega Rubio, A. (2014). México país megadiverso y la relevancia de las áreas naturales protegidas. *Investigación y Ciencia*, 22(60), 16–22.
- La Mela, M. (2014). Property rights in conflict: wild berry-picking and the Nordic tradition of allemansrätt. *Scandinavian Economic History Review*, 62, 266–289. <https://doi.org/10.1080/03585522.2013.876928>
- Labanca, R. A., De Oliveira, G. B., & Alming, M. (2017). Berries: Cultivation and environmental factors effects on the phenolic compounds content. *African Journal of Agricultural Research*, 12(19), 1602–1606. <https://doi.org/10.5897/ajar2017.12141>
- Leal-Nares, Ó., Mendoza, M. E., Pérez-Salicrup, D., Geneletti, D., López-Granados, E., & Carranza, E. (2012). Distribución potencial del *Pinus martinicensis*: un modelo espacial basado en conocimiento ecológico y análisis multicriterio. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83(4), 1152–1170. <https://doi.org/10.7550/rmb.27199>
- Ling-ti, L., & Boufford, D. E. (2003). *Rubus* Linnaeus sp. Pl. *Flora of China*, 9(1), 195–285.
- Mehmood, A., Jaskani, M. J., Khan, I. A., Ahmad, S., Ahmad, R., Luo, S., & Ahmad, N. M. (2014). Genetic diversity of Pakistani guava (*Psidium guajava* L.) germplasm and its implications for conservation and breeding. *Scientia Horticulturae*, 172, 221–232. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.04.005>
- Mendonça, M. A. F., Medeiros, M., Marques, F. C., & Ploeg, J. D. Van der. (2014). Redes de cooperación para sistemas agroalimentarios locales y sostenibles. *Leisa Revista de Agroecología*, 30, 5–7. <http://www.agriculturesnetwork.org/magazines/latin-america/30-2/redes-de-cooperacion>
- Moreta, D. E., Mathur, P. N., Zonneveld, M. Van, Amaya, K., Arango, J., Selvaraj, M. G., & Dedicova, B. (2013). Current issues in cereal crop biodiversity. In *Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology* (pp. 1–35). Springer. https://doi.org/10.1007/10_2013_263
- Muratalla Lua, A., Jaen-Contreras, D., & Arévalo-Galarza, L. (2013). La producción de frambuesa y la zarzamora en México. *Agroproductividad*, 6, 3–12.
- Núñez-Colín, C. A. (2010). DISTRIBUCIÓN Y CARACTERIZACIÓN ECO-CLIMÁTICA DEL MEMBRILLO CIMARRÓN (*Amelanchier denticulata* (Kunth) Koch) EN

Recibido:
22/octubre/2020

Aceptado:
4/julio/2021

- MÉXICO. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 16(3), 195–206.
- Núñez-Colín, C. A., & Escobedo-López, D. (2014). Characterization of plant germplasm: the cornerstone in the study of plant genetic resources. *Acta Agrícola y Pecuaría*, 1(1), 1–6.
- Núñez-Colín, C. A., & Goytia-Jiménez, M. A. (2009). Distribution and agroclimatic characterization of potential cultivation regions of physic nut in Mexico. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44(9), 1078–1085. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2009000900002>
- Núñez Colín, C. (2009). Áreas prioritarias para coleccionar germoplasma de “*Crataegus*” L. en México con base en la diversidad y riqueza de especies. *Agricultura Técnica En México*, 35(3), 333–338.
- Padulosi, S., Amaya, K., Jäger, M., Gotor, E., Rojas, W., & Valdivia, R. (2014). A holistic approach to enhance the use of neglected and underutilized species: The case of andean grains in Bolivia and Peru. *Sustainability (Switzerland)*, 6(3), 1283–1312. <https://doi.org/10.3390/su6031283>
- Pliscoff, P., & Fuentes-Castillo, T. (2011). Modelación de la distribución de especies y ecosistemas en el tiempo y en el espacio: Una revisión de las nuevas herramientas y enfoques disponibles. *Revista de Geografía Norte Grande*, 2011(48), 61–79. <https://doi.org/10.4067/s0718-34022011000100005>
- REMIB. (2018). *Rubus*. http://www.conabio.gob.mx/remib/cgi-bin/remib_distribucion.cgi
- Ricárdez-Luna, G., Aguilar-Rivera, N., Galindo-Tovar, M. E., & Debernardi-Vázquez, T. J. (2016). Diagnosis of blackberry (*Rubus* sp.) production in the central zone of Veracruz, México. *Agroproductividad*, 9(6), 34–38. http://www.colpos.mx/wb_pdf/Agroproductividad/2016/AGROPRODUCTIVIDAD_VI_2016.pdf
- Rzedowski, J. (1994). Resumen histórico de los estudios sobre la vegetación de México. In *Vegetación de México*. LIMUSA.
- Rzedowski, J., & Calderón de Rzedowski, G. (2005). *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes, Familia Rosácea. Fascículo 135 Rosáceae*. https://doi.org/10.1007/978-3-662-45139-7_84
- SAS. (2004). *SAS/STAT 9.1 User's Guide*. SAS Institute Inc.
- Schulp, C. J. E., Thuiller, W., & Verburg, P. H. (2014). Wild food in Europe: A synthesis of knowledge and data of terrestrial wild food as an ecosystem service. *Ecological Economics*, 105, 292–305. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.06.018>
- Timaná de la Flor, M., & Cuentas Romero, M. A. (2015). Biogeografía predictiva: técnicas de modelamiento de distribución de especies y su aplicación en el impacto del cambio climático. *Espacio y Desarrollo*, 27, 159–179. <https://doi.org/10.18800/espacioydesarrollo.201501.008>
- Villaseñor, J. L., & Ortiz, E. (2014). Biodiversidad de las plantas con flores (División Magnoliophyta) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(SUPPL.), 134–142. <https://doi.org/10.7550/rmb.31987>
- Villaseñor, J. L., & Téllez Valdés, O. (2004). Distribución potencial de las especies del género *Jefea* (Asteraceae) en México. *Anales Del Instituto de Biología. Serie Botánica*, 75(2), 205–220.
- Warmund, M. R., & Byers, P. L. (2002). Rest completion in seven blackberry (*Rubus* sp.) cultivars. *Acta Horticulturae*, 585, 693–696. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2002.585.115>