Acta Botanica Mexicana

núm. 124 Julio 2018

comité editorial

Marie-Stéphanie Samain
Editor en Jefe

Patricia Y. Mayoral Loera
Editor técnico

Ivonne Zavala García
Editor técnico

comité internacional

Sergio Archangelsky
Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia", Argentina

Ma. de la Luz Arreguín-Sánchez
Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN, México

Henrik Balslev
Aarhus Universitet, Dinamarca

Antoine M. Cleef
Universiteit van Amsterdam, Holanda

Carlos Eduardo de Mattos Bicudo
Instituto de Botanica, Sao Paulo, Brasil

Miguel Equihua
Instituto de Ecología, A.C., México

Oswaldo Fidalgo
Instituto de Botanica, Sao Paulo, Brasil

Edwin Lebrija
University of Haifa, Israel

John T. Mickel
The New York Botanical Garden, E.U.A.

Ken Oyama
Centro de Investigaciones en Ecosistemas, UNAM, México

Manuel Peinado
Universidad de Alcalá, España

Peter H. Raven
Missouri Botanical Garden, E.U.A.

Erick Smets
Naturalis Biodiversity Center, Países Bajos

J. Vassal
Université Paul Sabatier, Francia

Alexander Vrijdaghs
University of Leuven, Bélgica

Stefan Wanke
Technische Universität Dresden, Alemania

editores asociados

Victor Bandala Muñoz
Instituto de Ecología, A.C., México

Asunción Cano Echevarría
Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú

Paul Goetghebeur
Ghent University, Bélgica

Gilberto Ocampo Acosta
Universidad Autónoma de Aguascalientes, México

Natalia Pabón Mora
Instituto de Biología, Universidad de Antioquia, Colombia

Daniel Piñero Dalmau
Instituto de Ecología, UNAM, México

Fernando Zuloaga
Instituto de Botánica Darwinion, Argentina

Acta Botanica Mexicana (ISSN 2448-7589) es una publicación del Instituto de Ecología, A.C. que aparece cuatro veces al año. Da a conocer trabajos originales e inéditos sobre temas botánicos y en particular los relacionados con plantas mexicanas. Todo artículo que se presente para su publicación deberá dirigirse al Comité Editorial de Acta Botanica Mexicana. Pueden reproducirse sin autorización pequeños fragmentos de texto siempre y cuando se den los créditos correspondientes. La reproducción o traducción de artículos completos requiere el permiso de la institución que edita la revista. Las normas editoriales e instrucciones para los autores pueden consultarse en la página abm.ojs.inecol.mx.

Acta Botanica Mexicana está actualmente incluida en los siguientes índices y bases de datos de literatura científica: Biological Abstracts, BIOSIS Previews, Dialnet, Índice de Revistas Mexicanas de Investigación Científica y Tecnológica del CONACyT, Journal Citation Reports/Science Edition (con cálculo de factor de impacto), Latindex – Catálogo, RedALyC, SciELO Citation Index y Scopus.ducts Abstracts, Latindex y Seriunam.

Acta Botanica Mexicana, Núm. 124, julio 2018. Publicación trimestral editada por el Instituto de Ecología, A.C., a través del Centro Regional del Bajío. Editor en Jefe: Marie-Stéphanie Samain. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2016-062312171000-203, ISSN 2448-7589, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Certificado de Licitud de título No. 13454, Certificado de Licitud de Contenido No. 11027, otorgados por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Domicilio de la publicación: Ave. Lázaro Cárdenas 253, C.P. 61600 Pátzcuaro, Michoacán, México. Tel. +52 (434) 3 42 26 98. abm.ojs.inecol.mx.

Contenido

artículos de investigación

7 **Adiciones a la pteridoflora de Tabasco, México: la importancia del bosque mesófilo de montaña**
César I. Carvajal-Hernández, Libertad Silva-Mijangos, Michael Kessler, Marcus Lehnert

19 **El género *Psittacanthus* (Loranthaceae) en Veracruz, México**
Gonzalo Castillo-Campos, María Elena Medina-Abreo, Raúl Acevedo-Rosas

35 **El uso ornamental de *Guarianthe skinneri* (Orchidaceae), en Chiapas y Guatemala, determina parcialmente su diversidad y estructura genética**
Ana Gabriela Coutiño-Cortés, Vincenzo Bertolini, Fredy Archila Morales, Javier Valle-Mora, Leobardo Iracheta-Donjuan, Maricela García-Bautista, Lorena Ruiz-Montoya

49 **Sitios prioritarios para la conservación de la riqueza florística y el endemismo de la Sierra Norte de Oaxaca, México**
Mario Ernesto Suárez-Mota, José Luis Villaseñor, Marleny B. Ramírez-Aguirre

75 **Factores ambientales relacionados con la cobertura de *Agave angustifolia* (Asparagaceae) en el matorral costero de Yucatán, México**
José Carlos Cervera Herrera, Jorge L. Leirana-Alcocer, Jorge A. Navarro Alberto

85 **Estructura y diversidad de plantas leñosas de la selva mediana subcaducifolia en el centro de Veracruz, México**
Olivia Margarita Palacios-Wassenaar, Gonzalo Castillo-Campos, Santiago Mario Vázquez-Torres, María Elena Medina-Abreo

105 **Diversidad genética de *Mangifera indica* (Anacardiaceae) en Valencia, Córdoba, Colombia, usando marcadores microsatélites**
Martha Guerra, Rosalba Ruiz, Enrique Pardo

117 **Distribución histórica, actual y futura de *Cedrela odorata* en México**
Jonathan Hernández Ramos, Roberto Reynoso Santos, Adrián Hernández Ramos, Xavier García Cuevas, Edgar Hernández-Máximo, José Vidal Cob Uicab, Dante Sumano López

135 **Angiospermas nativas documentadas en la literatura para el Estado de México, México**
Isabel Martínez-De La Cruz, José Luis Villaseñor, Luis Isaac Aguilera Gómez, Martín Rubí Arriaga

219 ***Cestrum chiangi* (Solanaceae), una especie nueva de Guerrero y Oaxaca, México**
Juan Carlos Montero Castro

notas científicas

227 **Contenido nutrimental en hojas de *Laguncularia racemosa* (Combretaceae), relacionado con su fenología en una laguna tropical del Golfo de California, México**
Daniel Benítez-Pardo, Asahel Benítez-Hernández, Francisco Flores-de-Santiago, Francisco Amador-Cruz

Contents

research articles

7 **Additions to the pteridoflora of Tabasco, Mexico: the importance of the humid montane forest**
César I. Carvajal-Hernández, Libertad Silva-Mijangos, Michael Kessler, Marcus Lehnert

19 **The genus *Psittacanthus* (Loranthaceae) in Veracruz, Mexico**
Gonzalo Castillo-Campos, María Elena Medina-Abreo, Raúl Acevedo-Rosas

35 **Ornamental use of *Guarianthe skinneri* (Orchidaceae), in Chiapas and Guatemala, is partially responsible for its diversity and genetic structure**
Ana Gabriela Coutiño-Cortés, Vincenzo Bertolini, Fredy Archila Morales, Javier Valle-Mora, Leobardo Iracheta-Donjuan, Maricela García-Bautista, Lorena Ruiz-Montoya

49 **Priority sites for the conservation of floristic richness and endemism of the Northern Sierra of Oaxaca, Mexico**
Mario Ernesto Suárez-Mota, José Luis Villaseñor, Marleny B. Ramírez-Aguirre

75 **Environmental factors associated with the cover of *Agave angustifolia* (Asparagaceae) in the coastal scrubland of Yucatán, Mexico**
José Carlos Cervera Herrera, Jorge L. Leirana-Alcocer, Jorge A. Navarro Alberto

85 **Structure and diversity of woody plants of the semideciduous forest in central Veracruz, Mexico**
Olivia Margarita Palacios-Wassenaar, Gonzalo Castillo-Campos, Santiago Mario Vázquez-Torres, María Elena Medina-Abreo

105 **Genetic diversity of *Mangifera indica* (Anacardiaceae) in Valencia, Córdoba, Colombia, using microsatellite markers**
Martha Guerra, Rosalba Ruiz, Enrique Pardo

117 **Historical, current and future distribution of *Cedrela odorata* in Mexico**
Jonathan Hernández Ramos, Roberto Reynoso Santos, Adrián Hernández Ramos, Xavier García Cuevas, Edgar Hernández-Máximo, José Vidal Cob Uicab, Dante Sumano López

135 **Native angiosperms documented in the literature for the State of Mexico, Mexico**
Isabel Martínez-De La Cruz, José Luis Villaseñor, Luis Isaac Aguilera Gómez, Martín Rubí Arriaga

219 ***Cestrum chiangi* (Solanaceae), a new species from Guerrero and Oaxaca, Mexico**
Juan Carlos Montero Castro

scientific notes

227 **Phenology related nutrient content in leaves of *Laguncularia racemosa* (Combretaceae) in a tropical lagoon of the Gulf of California, Mexico**
Daniel Benítez-Pardo, Asahel Benítez-Hernández, Francisco Flores-de-Santiago, Francisco Amador-Cruz

ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN

RESEARCH ARTICLES

Acta Botanica Mexicana 124: 7-18 Julio **2018**

Artículo de investigación

Adiciones a la pteridoflora de Tabasco, México: la importancia del bosque mesófilo de montaña

Additions to the pteridoflora of Tabasco, Mexico: the importance of the humid montane forest

César I. Carvajal-Hernández[1,5], Libertad Silva-Mijangos[2], Michael Kessler[3], Marcus Lehnert[4]

1 Universidad Veracruzana, Instituto de Investigaciones Biológicas, Av. Dr. Luis Castelazo Ayala s/n, Col. Industrial Ánimas, 91190 Xalapa, Veracruz, México.
2 Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, sede Mapastepec, Libramiento norte s/n, barrio Luis Donaldo Colosio, 30506 Mapastepec, Chiapas, México.
3 University of Zurich, Institute of Systematic and Evolutionary Botany, Zollikerstrasse 107, 8008 Zurich, Suiza.
4 University of Bonn, Nees Institute for Biodiversity of Plants, Meckenheimer Allee 170, D-53115 Bonn, Alemania.
5 Autor para la correspondencia: ccarvajal@uv.mx

Recibido: 13 de octubre de 2017.
Revisado: 31 de octubre de 2017.
Aceptado: 23 de noviembre de 2017.
Primero en línea: 29 de mayo de 2018.
Publicado: 1 de julio de 2018.

Citar como:
Carvajal-Hernández, C. I., L. Silva-Mijangos, M. Kessler y M. Lehnert. 2018. Adiciones a la pteridoflora de Tabasco, México: la importancia del bosque mesófilo de montaña. Acta Botanica Mexicana 124: 7-18. DOI: 10.21829/abm124.2018.1300

DOI:
10.21829/abm124.2018.1300

Resumen:

Antecedentes y Objetivos: El ejido Villa de Guadalupe del municipio Huimanguillo, Tabasco, mantiene el único fragmento de bosque mesófilo de montaña en el estado, mismo que ha sido florísticamente poco explorado. Este estudio se suma a otros anteriormente publicados, donde los reportes de nuevos registros aumentan considerablemente la riqueza de especies de helechos y licopodios conocidas hasta ahora para Tabasco. El objetivo principal es actualizar el conocimiento de la pteridoflora de la entidad, enfatizando la importancia del bosque mesófilo de montaña.

Métodos: Se realizaron colectas al azar de helechos epífitos y terrestres en la cara norte y noreste del cerro Las Flores (450-1000 m s.n.m.) en el municipio Huimanguillo. Los especímenes fueron identificados principalmente mediante claves taxonómicas y distribuidos en herbarios nacionales y extranjeros.

Resultados clave: Se registraron en total 64 especies de helechos y licopodios. Las familias mejor representadas fueron Polypodiaceae, Dryopteridaceae e Hymenophyllaceae. Se destaca el registro de 30 especies que no habían sido reportadas previamente en el estado de Tabasco. Para los géneros *Cochlidium, Elaphoglossum, Hypolepis, Odontosoria, Parapolystichum, Polytaenium, Saccoloma* y *Sphaeropteris,* este es el primer reporte para la entidad.

Conclusiones: Las nuevas adiciones a la pteridoflora de Tabasco proporcionan un recuento de 169 especies para el estado, lo cual actualiza la información conocida hasta ahora (137 especies) y manifiesta la necesidad de continuar con la realización de inventarios florísticos regionales. El presente estudio representa uno de los pocos trabajos publicados que documentan la riqueza de un grupo taxonómico en específico en el bosque mesófilo de montaña del estado.

Palabras clave: helechos, Huimanguillo, inventario florístico, licopodios, nuevos registros, Pteridofitas.

Abstract:

Background and Aims: The ejido Villa de Guadalupe of the municipality of Huimanguillo, Tabasco, contains the only fragment of humid montane forest in the state, which has been little explored floristically. This study is an addition to those previously published, where reports of new records increase considerably the richness of fern species known so far for Tabasco state. The main objective is to update the knowledge of the pteridophyte flora of this state, emphasizing the importance of the humid montane forest.

Methods: Epiphytic and terrestrial fern collections were made randomly on the north and northeast face of the Las Flores mountain (450-1000 m a.s.l.) in the municipality of Huimanguillo. Specimens were identified mainly by dichotomous keys and distributed to national and foreign herbaria.

Key results: A total of 64 species of ferns and lycopods were recorded. The best represented families were Polypodiaceae, Dryopteridaceae and Hymenophyllaceae. We highlight the records of 30 species that had not previously been reported in the state of Tabasco. Even of the genera *Cochlidium, Elaphoglossum, Hypolepis, Odontosoria, Parapolystichum, Polytaenium, Saccoloma* and *Sphaeropteris,* this is the first report for the state.

Conclusions: The new additions to the pteridophyte flora of Tabasco lead to a count of 169 species for the state, which updates the information known so far (137 species) and shows the need of continued regional floristic inventories. The present study represents one of the few published papers that document the richness of a specific taxonomic group in the humid montane forest of the state.

Key words: ferns, floristic inventory, Huimanguillo, lycopods, new records, pteridophytes.

Introducción

La pteridoflora de México es una de las que presenta mayor diversidad a nivel mundial. Se reporta que existen entre 1030 y 1039 especies (Tejero-Díez et al., 2014; Villaseñor, 2016), lo que representa cerca de 10% de la diversidad de helechos en el mundo (Mickel y Smith, 2004), aunque registros recientes siguen incrementando este número (p. ej. Rojas-Alvarado y Tejero-Díez, 2017; Sundue, 2017). Esto confirma también que la pteridoflora mexicana es una de las que mayor estudio han tenido en el país a lo largo de la historia. Así lo demuestran publicaciones de estudios regionales y/o estatales en el norte de México (Knobloch y Correll, 1962), en la región centro-occidente (Díaz-Barriga y Palacios-Ríos, 1992; Mickel, 1992; Riba et al., 1996; Arreguín-Sánchez et al., 2001; Tejero-Díez y Arreguín-Sánchez, 2004) y en el sur del país (Smith, 1981; Mickel y Beitel, 1988; Magaña-Alejandro, 1992; Palacios-Ríos, 1992), hasta la obra The Pteridophytes of Mexico de Mickel y Smith (2004). Recientemente se publicaron trabajos como los helechos del estado de Hidalgo (Sánchez-González et al., 2017) y las especies de helechos epífitos de Veracruz (Mendoza-Ruíz et al., 2016), por citar algunos ejemplos.

La investigación florística previa demuestra que los estados con mayor diversidad de helechos y licopodios en México son Chiapas (697 especies), Oaxaca (667) y Veracruz (564) (Mickel y Smith, 2004; Krömer et al., 2015). Sin embargo, aún quedan estados o regiones que requieren de estudios más detallados. Un ejemplo de ello lo representa el estado de Tabasco, en el cual se han realizado pocos estudios que documenten la riqueza de especies de helechos y licopodios. De los trabajos que tratan estos grupos de plantas, el de Cowan (1983) reporta 84 especies y Magaña-Alejandro (1992) registra la presencia de 118. La misma cantidad es mencionada por Mickel y Smith (2004), aunque con especies distintas; incluso los autores no incluyen algunos taxa que sí son considerados por Magaña-Alejandro (1992), por no haber sido verificados. Por otro lado, Pérez et al. (2005), basados en un estudio de campo focalizado en zonas específicas del estado, reportan únicamente 85 especies en el apartado de flora de la obra Biodiversidad de Tabasco (Cuadro 1).

Cuadro 1: Comparación de números de familias, géneros y especies de helechos y licopodios registrados para el estado de Tabasco en diferentes estudios. Datos no disponibles=n/d.

Autor	Familias	Géneros	Especies
Cowan (1983)	20	37	84
Magaña-Alejandro (1992)	21	40	118
Mickel y Smith (2004)	25	46	118
Pérez et al. (2005)	16	35	85
Cetzal-Ix et al. (2013a, b)	n/d	n/d	137
Este estudio	25	54	169

La realización de inventarios florísticos, en conjunto con la revisión de ejemplares de herbario (Bebber et al., 2010), en algunas regiones de México, sobre todo donde la información es escasa y con grupos taxonómicos específicos, sigue siendo una tarea vigente y necesaria (Magaña y Villaseñor, 2002; Krömer et al., 2015; Vergara-Rodríguez et al., 2017). Para el caso concreto del estado de Tabasco, han transcurrido más de 20 años desde el estudio de Magaña-Alejandro (1992), para que se registraran 21 nuevas especies para la pteridoflora de ese estado, basado en trabajo de campo y herbario (Cetzal-Ix et al., 2013a, b).

En el presente trabajo, se muestran los resultados de las recolectas de helechos y licopodios realizadas en el ejido Villa de Guadalupe del municipio Huimanguillo. La zona mantiene el único fragmento de bosque mesófilo de montaña en el estado de Tabasco, y son escasos los estudios florísticos publicados previamente de este tipo de vegetación. Por lo tanto, este estudio tiene como objetivo contribuir a la actualización del listado de especies de helechos y licopodios conocidos hasta ahora en Tabasco, destacando la importancia que tiene el bosque mesófilo de montaña como zona de resguardo para estos grupos taxonómicos.

Materiales y Métodos

Área de estudio

El estado de Tabasco se localiza al sureste de México en la costa del Golfo de México y presenta un relieve plano en la mayor parte de su territorio. Pequeñas porciones al sur están cubiertas por sierras que alcanzan altitudes de 500 a 1000 m en las zonas limítrofes con los estados de Veracruz y Chiapas, así como en la frontera con Guatemala (Díaz-Jiménez et al., 2015). El muestreo fue realizado en la cara norte y noreste de la localidad conocida como cerro Las Flores, perteneciente al ejido Villa Guadalupe (región Agua Selva), en el municipio Huimanguillo, cerca de las colindancias con los estados de Chiapas y Veracruz (Fig. 1). La zona de estudio contiene en su superficie un fragmento de bosque mesófilo de montaña en buen estado de conservación que ocupa una franja de cerca de 300 m de altitud, ya que se distribuye desde los 700 hasta los 1000 m s.n.m., abarcando una superficie aproximada de 0.9 km^2. En un rango altitudinal de 500 a 700 m, se encuentra representada una zona de transición entre la selva mediana subperennifolia y bosque mesófilo de montaña. Por debajo de 500 m, cercano a las comunidades Francisco J. Mújica y Villa de Guadalupe, predominan fragmentos de selva mediana subperennifolia rodeados de fracciones de terreno ocupadas por vegetación secundaria.

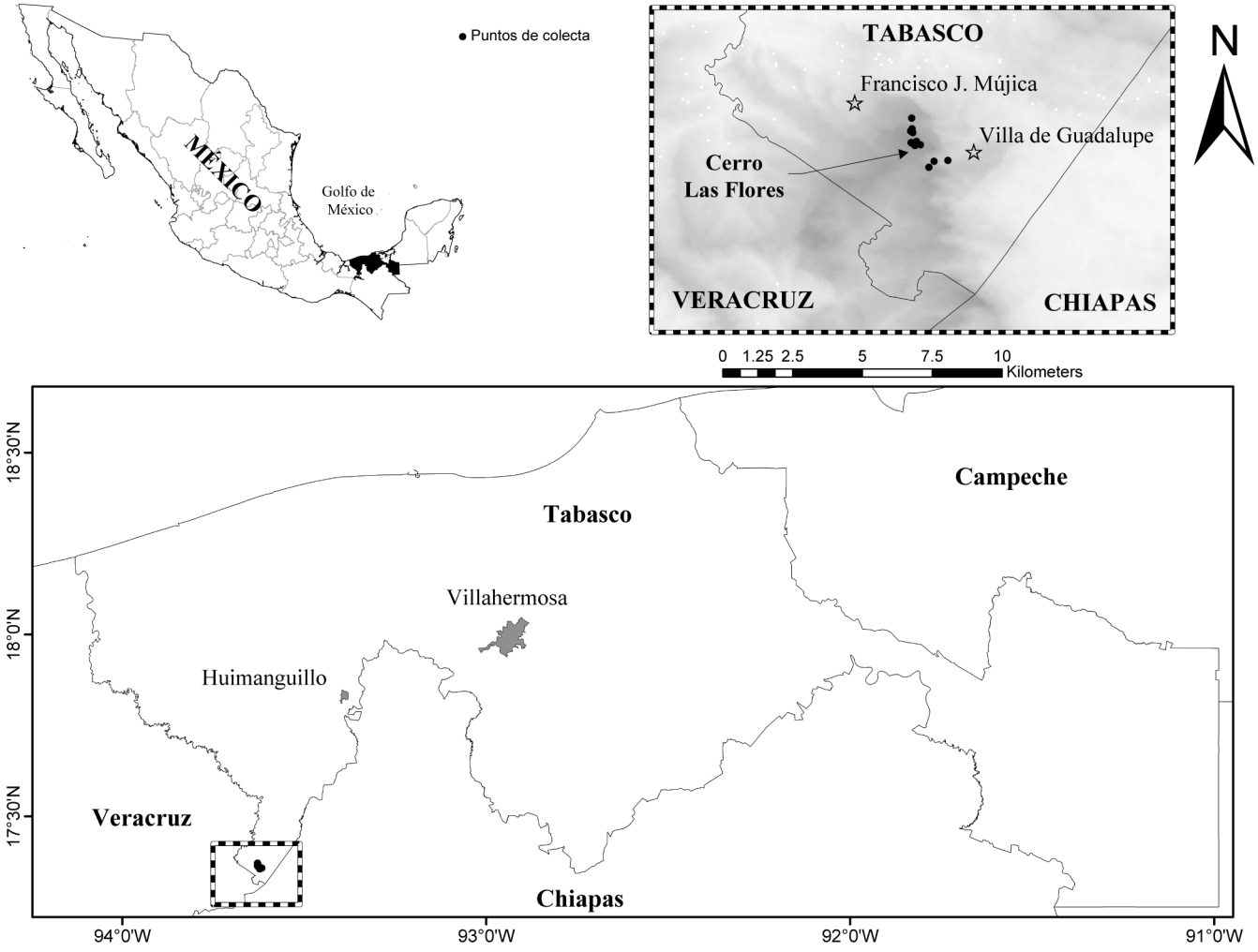


Figura 1: Ubicación de los puntos de colecta de helechos y licopodios en el cerro Las Flores del ejido Villa de Guadalupe, Huimanguillo, Tabasco, México.

El clima en la mayor parte del estado es de tipo cálido húmedo con lluvias abundantes en verano (Salazar, 1994). Presenta una temperatura media anual de 26 ºC, mientras que la precipitación promedio anual es entre 1500 mm en la costa y 3000 mm en la zona serrana (INEGI, 1999). No existe información de los aspectos climáticos en la zona de estudio ya que las estaciones cercanas se encuentran a 100 m s.n.m.; por lo tanto, los valores que registran no corresponden a las altitudes como las que presenta este sitio. En consecuencia, se consultó la información climática disponible en "Climatologies at high resolution for the earth's land surface áreas (CHELSA)", la cual es una base de datos con información del clima a nivel mundial que considera las diferencias en temperatura y precipitación en distintas altitudes (Karger et al., 2017). Con base en lo anterior, la zona de estudio presenta una temperatura media anual de 20.6 °C y una precipitación anual de 3638 mm.

Trabajo de campo

Se realizaron recolectas intensivas de helechos y licopodios en diferentes altitudes del ejido Villa de Guadalupe (450, 600, 800 y 1000 m s.n.m.), las cuales se hicieron al azar tanto en la cara norte como noreste del cerro Las Flores, ingresando por las comunidades Francisco J. Mújica y Villa de Guadalupe respectivamente. Los tipos de vegetación muestreados fueron la selva mediana subperennifolia, bosque mesófilo de montaña y la zona de transición entre ambos tipos de vegetación. Se colectaron especímenes tanto terrestres como epífitos (altura aproximada de cinco metros o epífitos del dosel que se encontraron en ramas caídas). La colecta de muestras botánicas se realizó de acuerdo con las técnicas propuestas en Lot y Chiang (1986).

Determinación de especies

Los ejemplares fueron determinados con base en la obra de Mickel y Smith (2004) y consulta a especialistas (ver agradecimientos). La clasificación taxonómica se realizó de acuerdo con Mickel y Smith (2004) y Smith et al. (2006). Las actualizaciones nomenclaturales se uniformizaron según Ranker et al. (2004), Ebihara et al. (2006), Moran et al. (2010); Kessler et al. (2011a), Lehnert (2012), Smith y Tejero-Díez (2014) y Oliveira et al. (2017). Para el ordenamiento de las familias fue utilizada la clasificación de The Pteridophyte Phylogeny Group (PPG I, 2016).

Las recolectas se depositaron en el herbario CIB del Instituto de Investigaciones Biológicas, Universidad Veracruzana. Los duplicados han sido distribuidos parcialmente al Herbario Nacional en el Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (MEXU) y al Herbario de la Universidad de California-Berkeley (UC).

Resultados

Se contabilizaron 64 especies (tres licopodios, 61 helechos) distribuidas en 41 géneros (Cuadro 2). Las familias mejor representadas fueron Polypodiaceae (14 especies), Dryopteridaceae (8) e Hymenophyllaceae (6). Se destaca que 30 especies no habían sido reportadas previamente en el estado de Tabasco. Incluso, para los géneros *Cochlidium* Kaulf., *Elaphoglossum* Schott ex J. Sm., *Hypolepis* Bernh., *Lastreopsis* Ching, *Odontosoria* Fée, *Polytaenium* Desv., *Saccoloma* Kaulf., y *Sphaeropteris* Bernh., este es el primer registro para la entidad.

Del total de especies consideradas, 33 fueron terrestres, 29 epífitas y dos hemiepífitas. El bosque mesófilo fue el ecosistema con mayor riqueza de especies, ya que alberga 78% de la riqueza total (50 especies) en una franja altitudinal desde 700 hasta 1000 m. Las otras 14 especies se encuentran por debajo de los 700 m s.n.m. en la zona de transición entre el bosque mesófilo de montaña y la selva mediana subperennifolia.

Discusión

En la pteridoflora de Tabasco se habían registrado 137 especies (Magaña-Alejandro, 1992; Mickel y Smith, 2004; Cetzal-Ix et al., 2013a, b). Este número está basado en el trabajo de Cetzal-Ix (2013a) donde se menciona que Magaña-Alejandro (1992) considera 116 especies para el estado. Sin embargo, en dicha obra en realidad son repor-

Cuadro 2: Listado de especies de helechos y licopodios registrados en el cerro Las Flores, ejido Villa de Guadalupe, Huimanguillo, Tabasco. Las muestras se encuentran depositadas en el herbario CIB (Universidad Veracruzana), con duplicados en UC (Universidad de California-Berkeley) y MEXU (Universidad Nacional Autónoma de México). Entre paréntesis se indican los nombres abreviados de los colectores (CICH=César I. Carvajal-Hernández, LSM=Libertad Silva Mijangos) y sus números de colecta. Se indican el Hábito (H): Terrestre (T), Epífito (E), Hemiepífito (HE) y el tipo de vegetación (Veg): bosque mesófilo de montaña (B), selva mediana subperennifolia (s), zona de transición (t). Las especies en negritas corresponden a los nuevos registros para el estado. *Ejemplares sin identificar a nivel especifico debido a que se requiere mayores estudios para corroborar que se trata de especies o híbridos sin describir.

Familia	Especie (Colector y número de colecta)	H	Veg
Anemiaceae	***Anemia* sp. (*CICH 1308*) ***	T	S
Aspleniaceae	***Asplenium auriculatum* Sw. (*CICH 1324*)**	E	B
	***Asplenium cirrhatum* Rich. ex Willd. (*LSM 301*)**	E	B
	***Asplenium cuspidatum* Lam. (*CICH 1335*)**	E	B
	Asplenium miradorense Liebm. (*LSM 284*)	T	B
Athyriaceae	*Diplazium drepanolobium* A.R. Sm. (*LSM 308*)	T	B
	Diplazium ternatum Liebm. (*LSM 275*)	T	B
Blechnaceae	***Blechnum appendiculatum* Willd. (*LSM 294*)**	T	B
	Blechnum occidentale L. (*CICH 1317*)	T	S
	Lomaridium ensiforme (Liebm.) Gasper & V.A.O. Dittrich (*CICH 1316*)	HE	B
	***Parablechnum schiedeanum* (C. Presl) Gasper & Salino (*CICH 1327*)**	T	B
Cyatheaceae	*Cyathea costaricensis* (Mett. ex Kuhn) Domin (*CICH 1331*)	T	T
	Cyathea decurrentiloba Domin (*LSM 278*)	T	B
	Cyathea microdonta (Desv.) Domin (*CICH 1334*)	T	B, S
	Cyathea myosuroides (Liebm.) Domin (*CICH 1311*)	T	B
	***Sphaeropteris horrida* (Liebm.) R.M. Tryon (*CICH 1319*)**	T	B
Dennstaedtiaceae	***Hypolepis repens* (L.) C. Presl (*CICH 1325*)**	T	B
Didymochlaenaceae	*Didymochlaena truncatula* (Sw.) J. Sm. (*LSM 295*)	T	S
Dryopteridaceae	*Bolbitis hastata* (E. Fourn.) Hennipman (*LSM 304*)	T	S
	***Ctenitis interjecta* (C. Chr.) Ching (*LSM 299*)**	T	B
	***Elaphoglossum erinaceum* (Fée) T. Moore (*CICH 1333*)**	E	B
	***Elaphoglossum guatemalense* (Klotzsch) T. Moore (*CICH 1336*)**	E	B
	***Elaphoglossum paleaceum* (Hook. & Grev.) Sledge (*LSM 320*)**	E	B
	***Elaphoglossum peltatum* (Sw.) Urb. (*CICH 1344*)**	E	B
	Mickelia hemiotis (Maxon) R.C. Moran, Labiak & Sundue (*LSM 293*)	T	S
	***Parapolystichum effusum* (Sw.) Ching (*LSM 310*)**	T	B
Gleicheniaceae	*Sticherus bifidus* (Willd.) Ching (*CICH 1320*)	T	B
Hymenophyllaceae	*Abrodyctium rigidum* (Sw.) Ebihara & Dubuisson (*CICH 1341*)	E	B
	***Hymenophyllum hirsutum* L. (Sw.) (*CICH 1342*)**	E	B
	***Hymenophyllum myriocarpum* Hook. (*LSM 279*)**	E	B
	***Hymenophyllum polyanthos* (Sw.) Sw. (*CICH 1347*)**	E	B

Cuadro 2: Continuación.

Familia	Especie (Colector y número de colecta)	H	Veg
	Polyphlebium capillaceum (L.) Ebihara & Dubuisson (*CICH 1339*)	E	B
	Vandenboschia collariata (Bosch) Ebihara & K. Iwats. (*LSM 298*)	E	B
Lindsaeaceae	***Odontosoria schlechtendalii* (C. Presl) C. Chr. (*CICH 1315*)**	T	B
Lomariopsidaceae	*Lomariopsis mexicana* Holttum (*LSM 296*)	HE	B
Lycopodiaceae	*Lycopodium cernuum* L. (*CICH 1321*)	T	B
Polypodiaceae	*Campyloneurum xalapense* Fée (*CICH 1310*)	E	B
	***Cochlidium linearifolium* (Desv.) Maxon ex C. Chr. (*CICH 1338*)**	E	B
	***Cochlidium serrulatum* (Sw.) L.E. Bishop (*CICH 1340*)**	E	B
	Moranopteris taenifolia (Jenman) R.Y. Hirai & J. Prado (*CICH 1332*)	E	B
	***Pecluma alfredii* (Rosenst.) M.G. Price (*LSM 277*)**	E	B
	Pecluma sursumcurrens (Copel.) M.G. Price (*CICH 1328*)	E	B
	***Pleopeltis angusta* Humb. & Bonpl. ex Willd. (*CICH 1346*)**	E	B
	Pleopeltis astrolepis (Liebm.) E. Fourn. (LSM 306)	E	B
	***Pleopeltis collinsii* (Maxon) A.R. Sm. & Tejero (*CICH 1330*)**	E	B
	Pleopeltis polypodioides (L.) E.G. Andrews & Windham (*LSM 307*)	E	B
	Pleopeltis sp. (*CICH 1329*) *	E	B
	Polypodium echinolepis Fée (*CICH 1326*)	E	B
	***Polypodium rhachipterygium* Liebm. (*LSM 321*)**	E	B
	Serpocaulon triseriale (Sw.) A.R. Sm. (*LSM 280*)	E	B
Pteridaceae	*Adiantum wilesianum* Hook. (*LSM 305*)	T	S
	***Polytaenium feei* (W. Schaffn. ex Fée) Maxon (*LSM 303*)**	E	B
	Pteris altissima Poir. (*LSM 286*)	T	S
	***Pteris quadriaurita* Retz. (*CICH 1309*)**	T	B
	Vittaria lineata (L.) Sm. (*CICH 1337*)	E	B
Saccolomataceae	***Saccoloma inaequale* (Kunze) Mett. (*LSM 292*)**	T	B
Selaginellaceae	*Selaginella finitima* Mickel & Beitel (*CICH 1318*)	T	T
	***Selaginella martensii* Spring (*LSM 289*)**	T	B
Tectariaceae	*Tectaria incisa* Cav. (*LSM 302*)	T	S
Thelypteridaceae	*Amauropelta oligocarpa* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Pic. Serm (*CICH 1312*)	T	T
	***Christella dentata* (Forssk.) Brownsey & Jermy (*CICH 1313*)**	T	T
	***Goniopteris hatchii* (A.R. Sm.) Á. & D. Löve (*LSM 276*)**	T	B
	Goniopteris hondurensis (L.D. Gómez) Salino & T.E. Almeida (*CICH 1323*)	T	S
	Macrothelypteris torresiana (Gaudich.) Ching (*CICH 1314*)	T	S

tadas 118. Esta misma cantidad concuerda con la cifra de Mickel y Smith (2004), aunque algunas de las especies no coinciden en ambos trabajos debido a que en la obra más antigua no fueron verificadas por Mickel y Smith (2004) y por lo tanto no consideradas para Tabasco por estos autores. Por lo anterior, considerando que había 118 especies y se aumentaron 21 de Cetzal-Ix et al. (2013a, b), suman 139 en total. Con las 30 nuevas adiciones de este estudio, se considera que la pteridoflora de Tabasco consta de 169 taxa (16.7% de la riqueza de helechos de México). De igual forma aumentó a 54 el número de géneros para Tabasco, ya que previamente se conocían 46 (Mickel y Smith, 2004; Cetzal-Ix et al., 2013a, b).

De acuerdo con los datos anteriores, la zona de estudio contiene 37% de la riqueza de helechos y licopodios reportada para todo el estado en una fracción mínima de terreno (0.9 km^2) comparada con la superficie total de Tabasco (24,578 km^2). Este alto porcentaje presente en el sitio tiene sentido si se considera que la mayor superficie del estado se encuentra en terrenos por debajo de los 100 m s.n.m. (Díaz-Jiménez et al., 2015), donde la diversidad de especies de helechos es menor (Acebey et al., 2015; Carvajal-Hernández y Krömer, 2015), debido a que se presentan temperaturas más cálidas, baja disponibilidad de humedad ambiental y precipitaciones no constantes a lo largo del año (Kessler et al., 2011b), así como menor diferenciación de nichos ecológicos debido a una relativa homogeneidad paisajística (Kluge y Kessler, 2011). Dichos factores no son favorables para la sobrevivencia de los helechos. Por otro lado, las elevaciones presentes en la parte alta de la zona de estudio están cerca del rango altitudinal donde la diversidad de helechos aumenta hasta llegar al punto máximo (1000-2000 m s.n.m.) (Kluge et al., 2006; Salazar et al., 2015; Carvajal-Hernández et al., 2017).

Sin embargo, la altitud por sí misma no determina la diversidad de especies de helechos, si no que intervienen diferentes factores abióticos que se presentan con la altitud. Por ejemplo, las condiciones de temperaturas templadas y la constante entrada de humedad en la zona de estudio favorecen el establecimiento de especies de helechos que requieren condiciones de alta humedad y temperaturas templadas para el desarrollo del gametófito (Kessler, 2001). Contrario a las zonas bajas, la heterogeneidad ambiental que predomina en los hábitats montañosos favorece la presencia de una mayor cantidad de hábitats (efecto de las laderas y cañadas, rocas y árboles hospederos) que pueden ser ocupados por varias especies vegetales, incluyendo los helechos (Kessler et al., 2011b).

Las condiciones abióticas del sitio de estudio permiten el establecimiento del bosque mesófilo de montaña, el cual es uno de los ecosistemas terrestres con mayor diversidad vegetal del país (Rzedowski, 1991; Villaseñor, 2010). Además, se considera la taxocenosis de los helechos como uno de los elementos florísticos más conspicuos de este tipo de vegetación por la presencia y abundancia de individuos (Rzedowski, 1996; Williams-Linera et al., 2005; Carvajal-Hernández et al., 2014; Tejero-Díez et al., 2014). Por lo tanto, en la zona se combinan estos factores que favorecen la supervivencia de una gran diversidad de especies de helechos, incluyendo un alto porcentaje de epífitas (62%), acorde al patrón de riqueza en un gradiente altitudinal (Salazar et al., 2015; Acebey et al., 2017a).

El bosque mesófilo de montaña de la zona ha sido poco explorado por la comunidad científica de México, ya que existen muy pocos estudios respecto a su riqueza florística o faunística (Gual-Díaz, 2014), o si existen, estos están sin publicar o dispersos en trabajos con temáticas distintas. Anteriormente la presencia de este tipo de bosque era desatendida en el estado, al grado de que no se consideraba su existencia en los diferentes estudios relacionados con la vegetación (López-Mendoza, 1980; Pérez et al., 2005; Villaseñor, 2010). Algunos de los trabajos que lo incluyen como un tipo de vegetación presente en Tabasco son la tesis no publicada de Almeida (2008) y recientemente el artículo de González-Aguilar y Burelo-Ramos (2017), donde ambos mencionan una parte de la riqueza de orquídeas de la zona. Cabe señalar que, en la compilación de información sobre bosques mesófilos de México, editado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), se seña-

la su presencia en Tabasco basada únicamente en el trabajo de Almeida (2008), sin corroborarlo con otros estudios debido a su escasez (Gual-Díaz y González-Medrano, 2014). Por lo tanto, el presente trabajo es probablemente el único estudio publicado hasta la fecha que aborda la diversidad florística que resguarda el fragmento de bosque mesófilo conocido en Tabasco, desde la perspectiva de los helechos y licopodios como grupos de estudio.

La presencia del bosque mesófilo de montaña en Tabasco se reduce a este único sitio; por lo tanto, no es extraño que la mayoría de los nuevos registros mencionados aquí provengan de este tipo de vegetación y hayan sido reportados previamente en los estados vecinos. La falta de estudios pteridológicos en la zona, y en el estado en general, se puede ejemplificar con el hecho de que especies de amplia distribución en México, no habían sido reportadas en los listados previos, tal es el caso de *Asplenium cuspidatum* Lam., *Blechnum appendiculatum* Willd., *Parablechnum schiedeanum* (C. Presl) Gasper & Salino, *Christella dentata* (Forssk.) Brownsey & Jermy, *Hypolepis repens* (L.) C. Presl, *Pleopeltis angusta* Humb. & Bonpl. ex Willd. y *Pteris quadriaurita* Retz., incluso del género *Elaphoglossum*, el cual es uno de los más diversos del país y tampoco había sido reportado anteriormente en Tabasco.

Al hacer una comparación entre la riqueza y composición de helechos y licopodios en este sitio con respecto a otros bosques mesófilos a la misma altitud, se encuentran similitudes de riqueza, pero diferencias en composición, probablemente relacionadas con los factores abióticos. La riqueza reportada en el bosque mesófilo de montaña de este estudio (50 especies) es similar a la registrada en Los Tuxtlas (ubicado en el sureste de Veracruz) a esa misma altitud, en la cara noreste y suroeste del volcán de San Andrés Tuxtla (47 y 38 especies respectivamente) (Acebey et al., 2017b). Esta similitud en riqueza de especies puede estar relacionada con los valores de temperatura y precipitación igualmente similares en ambos sitios a dichas elevaciones (temperatura=18 y 20 °C y precipitación=3000 y 3500 mm). Por otro lado, en el bosque mesófilo de montaña del municipio Yecuatla ubicado en la región centro del estado de Veracruz, se registran valores de riqueza similares (53 especies), aunque la temperatura promedio es más fría (17 °C) y la precipitación anual es menor (2000 mm). Si bien la riqueza es similar, por la ubicación geográfica del sitio del centro de Veracruz (a 40 km de la zona árida del Altiplano mexicano), la composición es distinta ya que se reportan géneros de afinidad Neártica (Mickel y Smith, 2004), por ejemplo, *Polystichum* Roth (tres especies) y *Woodwardia* Sm. (dos) que no se registraron en este estudio. Además, en Yecuatla existe poca representatividad de la familia Hymenophyllaceae (únicamente dos especies) y no se registraron helechos grammitidoides que requieren de humedad ambiental alta (Carvajal-Hernández et al., 2017). Por el contrario, en el bosque de Tabasco, se reportaron especies de afinidad tropical como *Cyathea decurrentiloba* Domin, *Lomariopsis mexicana* Holttum, seis especies de Hymenophyllaceae y tres del grupo de grammitidoides (Cuadro 2). Estos mismos grupos también fueron registrados en el Volcán de San Martín Tuxtla (Acebey et al., 2017b). Otra de las diferencias entre los sitios radica en la proporción de las especies epífitas, las cuales en este estudio constituyen 62% del total. En la zona de Los Tuxtlas, los helechos epifitos representan entre 70 y 80% de la riqueza total de especies (Acebey et al., 2017a) y en la zona centro de Veracruz, apenas 31% (Carvajal-Hernández et al., 2014).

La diferente composición de especies y los valores contrastantes de porcentaje de epífitas del bosque del centro de Veracruz, con respecto a este estudio, demuestran la importancia de un clima húmedo para la distribución de los helechos. Además, corrobora la dificultad para encasillar al bosque mesófilo de montaña, bosque húmedo de montaña o bosque de niebla (como también es llamado) basados en la composición de especies o en parámetros climáticos (Villaseñor, 2010).

El reciente incremento de 51 nuevas adiciones al inventario de los helechos de Tabasco, 21 reportados por Cetzal-Ix et al. (2013a, b) y 30 en el presente estudio, manifiestan la necesidad de continuar con los inventarios florísticos regionales en el estado con énfasis en grupos taxonómicos como es el caso de los helechos. Además,

estos grupos son importantes en cuanto a la aportación de la riqueza de especies en las floras locales en los trópicos, ya que representan entre 13 y 22% de la diversidad total estimada (Kelly et al., 1994; Kessler, 2010). Por lo tanto, los estudios florísticos que incluyan estos grupos estarán considerando un porcentaje importante de la diversidad local.

La zona representa un refugio de la biodiversidad de Tabasco, con mucho potencial para ser estudiado desde diferentes planteamientos científicos. Esto con la finalidad de incrementar el conocimiento sobre su biodiversidad y dinámica del ecosistema para sugerir medidas de conservación del único y restringido sitio con bosque mesófilo de montaña en Tabasco. Por otro lado, se requiere de un estudio mayor de la pteridoflora del estado que involucre trabajo en los herbarios y se complemente con exploraciones de campo, para obtener un listado actualizado de los helechos y licopodios y disminuir los vacíos de información que existen respecto a la diversidad de estos grupos.

Contribución de autores

CICH y LSM contribuyeron en el trabajo de campo. CICH identificó el material colectado. CICH, LSM, MK y ML participaron en la concepción y diseño del estudio, así como la redacción del manuscrito.

Financiamiento

Este estudio fue apoyado por la Fundación Científica Alemana (DFG-Deutsche Forschungsgemeinschaft) en el Proyecto "Species richness patterns at the transition from the Tropics to the Subtropics: Studying environmental and historic effects" (LE1826/5-1).

Agradecimientos

Los autores agradecen a Abiligam López-Velázquez, Pedro Díaz-Jiménez y Mauricio Juárez-Fragoso, por su colaboración en el trabajo de campo. A Samaria Armenta-Montero por la elaboración del mapa. Al personal del herbario CIB por el apoyo en el procesamiento de los ejemplares. A los dos revisores anónimos por las sugerencias que ayudaron a enriquecer el manuscrito. Un especial agradecimiento para Alan Smith de la Universidad de California, Berkeley por su apoyo en la identificación y/o corroboración de las identidades de algunas especies aquí reportadas.

Literatura citada

Acebey, A. R., T. Krömer y M. Kessler. 2017a. Species richness and vertical distribution of ferns and lycophytes along an elevational gradient in Mexico. Flora 235: 83-91. DOI: https://dx.doi.org/10.1016/j.flora.2017.08.003

Acebey, A. R., T. Krömer, M. Vázquez-Torres y J. D. Tejero-Díez. 2015. Helechos y licófitos de la Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas, Veracruz, México. Botanical Sciences 93(2): 313-344. DOI: https://dx.doi.org/10.17129/botsci.124

Acebey, A. R., J. C. López-Acosta, J. D. Tejero-Díez y T. Krömer. 2017b. Riqueza y composición de helechos y licófitos en tres áreas de bosque mesófilo en los Tuxtlas, Veracruz, México. Revista Mexicana de Biodiversidad 88(3): 625-635. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.07.009

Almeida, C. C. M. 2008. Distribución espacial de la comunidad de orquídeas epífitas en la selva alta perennifolia y bosque mesófilo de montaña, en el ejido Villa Guadalupe, Huimanguillo, Tabasco, México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ecología, Universidad de Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, México. 99 pp.

Arreguín-Sánchez, M. L., R. Fernández-Nava, R. Palacios-Chávez y D. L. Quiroz-García. 2001. Pteridoflora ilustrada del Estado de Querétaro. Instituto Politécnico Nacional, Secretaría de Educación Pública. México, D.F., México. 470 pp.

Bebber, D. P., M. A. Carine, J. R. I. Wood, A. H. Wortley, D. J. Harris, G. T. Prance, G. Davidse, J. Paige, T. D. Pennington, N. K. B. Robson y R. W. Scotland. 2010. Herbaria are a major frontier for species discovery. Proceedings of the National Academy of Sciences 107(51): 22169-22171. DOI: https://doi.org/10.1073/pnas.1011841108

Carvajal-Hernández, C. I. y T. Krömer. 2015. Riqueza y distribución de helechos y licófitos en el gradiente altitudinal del Cofre de Perote, centro de Veracruz, México. Botanical Sciences 93(3): 601-614. DOI: https://dx.doi.org/10.17129/botsci.165

Carvajal-Hernández, C. I., T. Krömer y M. Vázquez-Torres. 2014. Riqueza y composición florística de pteridobiontes en bosque mesófilo de montaña y ambientes asociados en el centro de Veracruz, México. Revista Mexicana de Biodiversidad 85(2): 491-501. DOI: https://doi.org/10.7550/rmb.41292

Carvajal-Hernández, C. I., T. Krömer, J. C. López-Acosta, J. A. Gómez-Díaz y M. Kessler. 2017. Conservation value of disturbed and secondary forests for ferns and lycophytes along an elevational gradient in Mexico. Applied Vegetation Science 20(4): 662-672. DOI: https://dx.doi.org/10.1111/avsc.12318

Cetzal-Ix, W., E. Noguera-Savelli, M. Martínez-Icó y N. Ramírez-Marcial. 2013a. Diversidad de helechos y licófitos en fragmentos de selva mediana subperennifolia del sur de Tabasco, México. Botanical Sciences 91(3): 261-271. DOI: https://dx.doi.org/10.17129/botsci.7

Cetzal-Ix, W., E. Noguera-Savelli y N. Ramírez-Marcial. 2013b. Nuevos registros de helechos para Tabasco, México. Revista Mexicana de Biodiversidad 84(3): 977-982. DOI: https://doi.org/10.7550/rmb.35605

Cowan, C. P. 1983. Listados Florísticos de México I. Flora de Tabasco. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. 123 pp.

Díaz-Barriga, H. y M. Palacios-Ríos. 1992. Listado preliminar de especies de pteridófitas de los estados de Guanajuato, Michoacán y Querétaro. Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Fascículo complementario III: 1-58.

Díaz-Jiménez, P., M. A. Guadarrama-Olivera y T. Croat. 2015. Diversidad florística de Araceae en el estado de Tabasco, México. Botanical Sciences 93(1): 131-142. DOI: https://dx.doi.org/10.17129/botsci.238

Ebihara, A., J. Y. Dubuisson, K. Iwatsuki, S. Hennequin y M. Ito. 2006. A taxonomic revision of Hymenophyllaceae. Blumea 51(2): 221-280. DOI: https://doi.org/10.3767/000651906x622210

González-Aguilar, M. A. y C. M. Burelo-Ramos. 2017. Adiciones a la orquideoflora de Tabasco, México. Acta Botanica Mexicana 121: 161-167. DOI: https://dx.doi.org/10.21829/abm121.2017.1292

Gual-Díaz, M. 2014. Sistema de Información del bosque mesófilo de montaña en México: recopilación y sistematización de datos e información. In: Gual-Díaz, M. y A. Rendón-Correa (comps.). Bosques mesófilos de montaña de México: diversidad, ecología y manejo. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F., México. Pp. 69-108.

Gual-Díaz, M. y F. González-Medrano. 2014. Los bosques mesófilos de montaña de México. In: Gual-Díaz, M. y A. Rendón-Correa (comps.). Bosques mesófilos de montaña de México: diversidad, ecología y manejo. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F., México. Pp. 27-68.

INEGI. 1999. Perspectiva Estadística: Tabasco. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes, México. 106 pp.

Karger, D. N., O. Conrad, J. Böhner, T. Kawohl, H. Kreft, R. W. Soria-Auza, N. E. Zimmermann, H. P. Linder y M. Kessler. 2017. Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas, Scientific Data 4, 170122. http://chelsa-climate.org/ (consultado octubre de 2017).

Kelly, D. L., E. V. J. Tanner, E. M. Lughadha y V. Kapos. 1994. Floristics and biogeography of a rain forest in the Venezuelan Andes. Journal of Biogeography 21(4): 421-440. DOI: https://doi.org/10.2307/2845760

Kessler, M. 2001. Pteridophyte species richness in Andean forests in Bolivia. Biodiversity and Conservation 10(9): 1473-1495. DOI: https://doi.org/10.1023/a:1011811224595

Kessler, M. 2010. Biogeography of ferns. In: Mehltreter, K., L. R. Walker y J. M. Sharpe (eds.). Fern ecology. Cambridge University Press. New York, USA. Pp. 22-60. DOI: https://doi.org/10.1017/CBO9780511844898.003

Kessler, M., M. Moguel-Velázquez, M. Sundue y P. H. Labiak. 2011a. *Alansmia*, a new genus of grammitid ferns (Polypodiaceae) segregated from *Terpsichore*. Brittonia 63(2): 233-244.

Kessler, M., J. Kluge, A. Hemp y R. Ohlemüller. 2011b. A global comparative analysis of elevational species richness patterns of ferns. Global Ecology and Biogeography 20(6): 868-880. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2011.00653.x

Kluge, J. y M. Kessler. 2011. Influence of niche characteristics and forest type on fern species richness, abundance and

plant size along an elevational gradient in Costa Rica. Plant Ecology 212(7): 1109-1121. DOI: https://doi.org/10.1007/s11258-010-9891-x

Kluge, J., M. Kessler y R. R. Dunn. 2006. What drives elevational patterns of diversity? A test of geometric constraints, climate and species pool effects for pteridophytes on an elevational gradient in Costa Rica. Global Ecology and Biogeography 15(4): 358-371. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1466-822x.2006.00223.x

Knobloch, I. W. y D. S. Correll. 1962. Ferns and fern allies of Chihuahua, Mexico. Texas Research Foundation Renner. Texas, USA. 198 pp.

Krömer, T., C. I. Carvajal-Hernández, A. R. Acebey y A. R. Smith. 2015. A decade of new pteridophyte records for the State of Veracruz, Mexico. American Fern Journal 105(3): 162-175. DOI: https://doi.org/10.1640/0002-8444-105.3.162

Lehnert, M. 2012. A synopsis of the species of *Cyathea* (Cyatheaceae-Polypodiopsida) with pinnate to pinnate-pinnatifid frond. Phytotaxa 61(1): 17-36. DOI: https://doi.org/10.11646/phytotaxa.61.1.2

López-Mendoza, R. 1980. Tipos de vegetación y su distribución en el estado de Tabasco y norte de Chiapas. Universidad Autónoma de Chapingo. México, D.F., México. 122 pp.

Lot, A. y F. Chiang. 1986. Manual de Herbario. Administración y manejo de colecciones: Técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos. Consejo Nacional de la Flora de México, A.C. México, D.F., México. 142 pp.

Magaña, P. y J. L. Villaseñor. 2002. La flora de México ¿Se podrá conocer completamente? Ciencias 66: 24-26.

Magaña-Alejandro, M. A. 1992. Helechos de Tabasco. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, México. 273 pp.

Mendoza-Ruíz, A., J. Ceja-Romero y B. Pérez-García. 2016. Helechos y licófitos epífitos de Veracruz, México: riqueza y distribución. Acta Botanica Mexicana 114: 87-136. DOI: https://doi.org/10.21829/abm114.2016.1104

Mickel, J. T. 1992. Pteridophytes. In: McVaugh, R. (ed.). A descriptive account of the vascular plants of western Mexico Vol. 17. Flora Novo Galiciana. University of Michigan Press. Michigan, USA. Pp. 120-467.

Mickel, J. T. y J. M. Beitel. 1988. Pteridophyte flora of Oaxaca, Mexico. Memoirs of the New York Botanical Garden 46: 1-568.

Mickel, J. T. y A. R. Smith. 2004. The pteridophytes of Mexico. Memoirs of the New York Botanical Garden 88: 1-1054.

Moran, R. C., P. H. Labiak y M. Sundue. 2010. Synopsis of *Mickelia*, a newly recognized genus of bolbitidoid ferns (Dryopteridaceae). Brittonia 62(4): 337-356. DOI: https://doi.org/10.1007/s12228-010-9158-9

Oliveira, D. V. A., A. R. Smith y A. L. Gasper. 2017. *Parablechnum roraimense* and *P. paucipinna* spp. nov. (Blechnaceae: Polypodiopsida), lectotypification of *P. stuebalii*, and citation corrections in the family. Phytotaxa 292(1): 72-73. DOI: https://doi.org/10.11646/phytotaxa.292.1.6

Palacios-Ríos, M. 1992. Las Pteridofitas del estado de Veracruz. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. 364 pp.

Pérez, L. A., S. M. Sousa, A. M. Hanan, F. Chiang y P. Tenorio. 2005. Vegetación terrestre. In: Bueno, J., F. Álvarez y S. Santiago (eds.). Biodiversidad del Estado de Tabasco. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México-Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F., México. Pp. 65-110.

PPG I (Pteridophyte Phylogeny Group I). 2016. A community-derived classification for extant lycophytes and ferns. Journal of Systematics and Evolution 54(6): 563-603. DOI: https://doi.org/10.1111/jse.12229

Ranker, T. A., A. R. Smith, B. S. Parris, J. M. O. Geiger, C. H. Haufler, S. C. K. Straub y H. Schneider. 2004. Phylogeny and evolution of grammitid ferns (Grammitidaceae): A case of rampant morphological homoplasy. Taxon 53(2): 415-428. DOI: https://doi.org/10.2307/4135619

Riba, R., L. Pacheco, A. Valdés y Y. Sandoval. 1996. Pteridoflora del estado de Morelos, México. Lista de familias, géneros y especies. Acta Botanica Mexicana 37: 45-65. DOI: https://dx.doi.org/10.21829/abm37.1996.769

Rojas-Alvarado, A. F. y J. D. Tejero-Díez. 2017. Novelties and notes in *Lindsaea* (Lindsaeaceae) from Mexico and Central America. Phytotaxa 296(2): 147-160. DOI: https://doi.org/10.11646/phytotaxa.296.2.4

Rzedowski, J. 1991. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. Acta Botanica Mexicana 14: 3-21. DOI: https://doi.org/10.21829/abm14.1991.611

Rzedowski, J. 1996. Análisis preliminar de la flora vascular de los bosques mesófilos de montaña de México. Acta Botanica Mexicana 35: 25-44. DOI: https://doi.org/10.21829/abm35.1996.955

Salazar, T. J. C. (ed.). 1994. Compendio monográfico de la historia de Tabasco: Obra literaria pedagógica. 2a ed. Villahermosa, México. 249 pp.

Salazar, L., J. Homeier, M. Kessler, S. Abrahamczyk, M. Lehnert, T. Krömer y J. Kluge. 2015. Diversity patterns of ferns along elevation in Andean tropical forests. Plant Ecology and Diversity 8(1): 13-24. DOI: https://doi.org/10.1080/17550874.2013.843036

Sánchez-González, A., Y. Pérez-Atilano, A. G. Hernández-Álvarez, M. Gutiérrez-Lozano, M. A. Pérez-Paredes, E. Álvarez-Zuñiga y J. D. Tejero-Díez. 2017. Helechos y licopodios del estado de Hidalgo, México. In: Ramírez-Bautista, A., A. Sánchez-González, G. Sánchez-Rojas y C. Cuevas-Cardona (eds.). Biodiversidad del estado de Hidalgo. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo-Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Pachuca, México. Pp. 65-97.

Smith, A. R. 1981. Pteridophytes. Flora of Chiapas, Part 2. California Academy of Sciences. San Francisco, USA. 370 pp.

Smith, A. R. y J. D. Tejero-Díez. 2014. *Pleopeltis* (Polypodiaceae), a redefinition of the genus and new combinations. Botanical Sciences 92(1): 43-58. DOI: https://dx.doi.org/10.17129/botsci.29

Smith, A. R., K. M. Pryer, E. Schuettpelz, P. Korall, H. Schneider y P. G. Wolf. 2006. A classification for extant ferns. Taxon 55(3): 705-731. DOI: https://doi.org/10.2307/25065646

Sundue, M. A. 2017. Three new species of grammitid ferns (Polypodiaceae) from the fern hunter's paradise: Sierra Juárez, Oaxaca, Mexico. Systematic Botany 42(1): 160-168. DOI: https://doi.org/10.1600/036364417X694962

Tejero-Díez, J. D. y M. L. Arreguín-Sánchez. 2004. Lista con anotaciones de los pteridófitos del estado de México, México. Acta Botanica Mexicana 69: 1-82. DOI: https://doi.org/10.21829/abm69.2004.981

Tejero-Díez, J. D., A. Torres-Díaz y M. Gual-Díaz. 2014. Licopodios y helechos en el bosque mesófilo de montaña de México. In: Gual-Díaz, M. y A. Rendón-Correa (comps.). Bosques mesófilos de montaña de México: diversidad, ecología y manejo. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F., México. Pp. 197-220.

Vergara-Rodríguez, D., G. Mathieu, M. S. Samain, S. Armenta-Montero y T. Krömer. 2017. Diversity, distribution and conservation status of *Peperomia* (Piperaceae) in the state of Veracruz, Mexico. Tropical Conservation Science 10: 1-28. DOI: https://doi.org/10.1177/1940082917702383

Villaseñor, J. L. 2010. El bosque húmedo de montaña en México y sus plantas vasculares: catálogo florístico taxonómico. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad-Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. 40 pp.

Villaseñor, J. L. 2016. Checklist of the native vascular plants of Mexico. Revista Mexicana de Biodiversidad 87(3): 559-902. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.06.017

Williams-Linera, G., M. Palacios-Ríos y R. Hernández-Gómez. 2005. Fern richness, tree species surrogacy, and fragment complementarity in a Mexican tropical montane cloud forest. Biodiversity and Conservation 14(1): 119-133. DOI: https://doi.org/10.1007/s10531-005-4053-5

El género *Psittacanthus* (Loranthaceae) en Veracruz, México

The genus *Psittacanthus* (Loranthaceae) in Veracruz, Mexico

Gonzalo Castillo-Campos[1,3], María Elena Medina-Abreo[1], Raúl Acevedo-Rosas[2]

1 Instituto de Ecología, A.C., Red de Biodiversidad y Sistemática, carretera antigua a Coatepec Núm. 351, El Haya, 91070 Xalapa, Veracruz, México.
2 Universidad de Guadalajara, Departamento de Geografía y Ordenación Territorial, Guanajuato Núm. 1045, Col. Alcalde Barranquitas, 44260 Guadalajara, Jalisco, México.
3 Autor para la correspondencia: gonzalo.castillo@inecol.mx

Recibido: 10 de agosto de 2017.
Revisado: 14 de septiembre de 2017.
Aceptado: 5 de diciembre de 2017.
Primero en línea: 29 de mayo de 2018.
Publicado: 1 de julio de 2018.

Citar como:
Castillo-Campos, G., M. E. Medina Abreo y R. Acevedo-Rosas. 2018. El género *Psittacanthus* (Loranthaceae) en Veracruz, México. Acta Botanica Mexicana 124: 19-33. DOI: 10.21829/abm124.2018.1278

DOI:
10.21829/abm124.2018.1278

Resumen:

Antecedentes y Objetivos: El género *Psittacanthus* es el más grande de la familia Loranthaceae, habita en zonas templadas y tropicales del Nuevo Mundo, con un amplio grupo de hospederos. El objetivo de este trabajo fue determinar las especies presentes en el estado de Veracruz, México.

Métodos: Se revisaron los especímenes de *Psittacanthus* colectados en Veracruz y depositados en los herbarios ENCB, MEXU y XAL. La determinación de los mismos se realizó utilizando las claves de diferentes tratamientos taxonómicos y floras, con el apoyo de colectas y observación de las especies en campo.

Resultados clave: Se lograron identificar las características morfológicas que permiten diferenciar a las cuatro especies de *Psittacanthus* distribuidas en Veracruz. Con esto, se resuelve la confusión que se tenía para distinguir a los taxa de este género en el estado. Además, se presenta una clave para diferenciarlos, una descripción, fotografías y mapas de distribución de cada uno de ellos.

Conclusiones: Con este trabajo se lograron esclarecer las confusiones entre las especies del género *Psittacanthus* que se distribuyen en Veracruz, excluyendo así mismo a *P. americanus* que otros autores han citado para el estado.

Palabras clave: arbustos, hemiparásitos, hospederos, muérdagos, perturbación, plaga.

Abstract:

Background and Aims: The genus *Psittacanthus* is the largest of the family Loranthaceae, inhabiting temperate and tropical zones of the New World, with a large group of hosts. The objective of this study was to determine the species present in the state of Veracruz, Mexico.

Methods: The specimens of *Psittacanthus* collected in Veracruz and deposited in the herbaria ENCB, MEXU and XAL were reviewed. These were identified using keys of taxonomic treatments and floras, supported by collections and observation of the species in the field.

Key results: It was possible to identify morphological characteristics that allow to differentiate the four species of *Psittacanthus* distributed in Veracruz. As such, the confusion that existed to distinguish the taxa of this genus in the state could be solved. In addition, a key is presented to differentiate the species, and descriptions, photographs and distribution maps of each of them are presented.

Conclusions: With this work, it was possible to clarify the confusions among the species of the genus *Psittacanthus* that are distributed in Veracruz, excluding *P. americanus* that other authors have cited for the state.

Key words: disturbance, hemiparasites, hosts, mistletoes, plague, shrubs.

Introducción

El género *Psittacanthus* Mart. es un grupo de plantas arbustivas hemiparásitas, que generalmente habitan en zonas templadas y tropicales con un amplio grupo de hospederos de angiospermas y gimnospermas. A diferencia de los demás muérdagos de esta familia, se distingue fácilmente por sus flores grandes, conspicuas, de color rojo, amarillo o anaranjado, sus conexiones haustoriales voluminosas sobre los árboles hospederos, y por presentar frutos grandes, los cuales carecen de endospermo (Cházaro y Oliva, 1988; Geils y Vázquez, 2002).

Es uno de los géneros más grandes de la familia Loranthaceae. Consta de 119-120 especies (Kuijt, 2009a; Cocoletzi et al., 2016), distribuidas a lo largo del Nuevo Mundo, alcanza su límite norte en la parte central de Baja California (México), con una representación menor en el Caribe (Jamaica y algunas de las Antillas Menores) y numerosas especies en elevaciones bajas y medias en Sudamérica (Bolivia y norte de Argentina).

Aunque en México ocurren cerca de 12 especies, solamente cuatro (Geils y Vázquez, 2002; Cházaro, 2006), *Psittacanthus calyculatus* (DC.) G. Don, *P. ramiflorus* (DC.) G. Don, *P. rhynchanthus* (Benth.) Kuijt y *P. schiedeanus* (Schltdl. & Cham.) G. Don, se establecen en Veracruz. Todas son hemiparásitas de árboles y arbustos y causan serios daños en algunas localidades (Geils y Vázquez, 2002). Se encuentran desde el nivel del mar hasta 2500 m de altitud. Se desarrollan en una gran diversidad de hospederos, incluyendo árboles y arbustos, donde para algunos como *Liquidambar styraciflua* L. se han convertido en una plaga.

Es muy difícil diferenciar las especies de *Psittacanthus* entre sí, tanto en el campo como en las colecciones de los herbarios, si no se cuenta con estructuras reproductivas; incluso para aquellas que comparten el mismo hospedero, como ocurre frecuentemente con *P. schiedeanus* y *P. rhynchanthus*, que son los más comunes en los ambientes perturbados de las zonas tropicales del estado.

La familia Loranthaceae, a la que pertenece el género, aún no se ha revisado taxonómicamente para Veracruz. Sin embargo, existe la necesidad de tener un conocimiento más claro sobre los muérdagos, ya que por la perturbación que causan se están convirtiendo en una plaga principalmente para las especies arbóreas relictuales o para las que se utilizan como cercos vivos que delimitan los potreros. Por esta razón se decidió hacer este trabajo, colectando y revisando a detalle los ejemplares de herbario y las nuevas colectas.

Materiales y Métodos

Se revisaron los ejemplares de las colecciones del género *Psittacanthus* depositadas en los herbarios del Instituto de Ecología, A.C. (XAL), del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (MEXU) y de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional (ENCB). Los especímenes fueron corroborados desde el punto de vista morfológico, utilizando un estereomicroscopio (Stemi 2000-C, Carl Zeiss de México, S.A. de C.V., Cd. Mx., México) para evaluar sus caracteres taxonómicos, con los cuales se elaboró una clave de identificación, un cuadro sintético, y la descripción de las características morfológicas de cada especie.

También se hicieron recorridos de campo en las distintas localidades ya registradas para colectar y fotografiar in situ (cámara Canon Power Shot SX270HS, North Carolina, EUA) los especímenes con flores y frutos para diferenciarlos claramente.

Se consultaron los ejemplares escaneados de los herbarios FR (Senckenberg Research Institute), GOET (Herbarium Göttingen), K (Botanic Gardens Kew), MO (Missouri Botanical Garden), P (Field Museum of Natural History), localizados en la página electrónica JSTOR Global Plants (JSTOR, 2017) y los disponibles en la página electrónica tropicos.org (TROPICOS, 2017).

Se revisó la literatura de la Flora de Guatemala (Standley y Steyermark, 1946), Flora de Panamá (Toledo, 1960) y Flora Mesoamericana (Kuijt, 2009b).

Los mapas de distribución de los sitios de colecta se realizaron utilizando el Programa ArcGis 10.2.2 (ESRI, 2014).

Resultados

Taxonomía

Psittacanthus Mart., Flora 13: 106. 1830. TIPO: *Loranthus americanus* L., Sp. Pl. 331. 1753.

Arbustos hemiparásitos, hermafroditas, sin raíces aéreas; tallos erectos, generalmente angulosos, nodos engrosados, lisos, generalmente articulados; hojas pecioladas o sésiles, opuestas, subopuestas o verticiladas, lámina coriácea o papirácea, variable en tamaño y forma; inflorescencias axilares o terminales, racemosas, umbeliformes; flores bisexuales, más de 5 cm de largo, pediceladas o sésiles, en díadas o tríadas, subtendidas por una bráctea, generalmente foliosa, más de 1 cm de largo, calículo bien diferenciado, pequeño, lóbulos de la corola 6, estambres 6, adnados a los pétalos, anteras dorsifijas; fruto una baya, ovoide o elipsoide; semillas sin endospermo.

En Veracruz, *Psittacanthus schiedeanus* y *P. rhynchanthus* se distribuyen principalmente en la zona tropical y subtropical de la mayor parte del estado. *Psittacanthus ramiflorus* y *P. calyculatus* tienen una distribución muy restringida en el sur y norte de Veracruz, en altitudes variables de 100-1500 m. En el sur del estado *P. ramiflorus* se encuentra en selva alta perennifolia y en bosque mesófilo de montaña, y en el norte *P. calyculatus* en el matorral crassicaule.

Clave para determinar las especies del género Psittacanthus en el estado de Veracruz

1a. Inflorescencias en díadas, no terminales .... *P. ramiflorus* (DC.) G. Don

1b. Inflorescencias en tríadas, terminales 2

2a. Botones conspicuamente curvados en el ápice, rojos ..... *P. rhynchanthus* (Benth.) Kuijt

2b. Botones rectos en el ápice, anaranjados 3

3a. Hojas generalmente hasta 9.5 cm de longitud, 4.7 cm de ancho, comúnmente ovadas, ocasionalmente asimétricamente ovadas; botones de menos de 6 cm de longitud; cotiledones 3-5 .... *P. calyculatus* (DC.) G. Don

3b. Hojas hasta 20 cm de longitud, hasta 8 cm de ancho, generalmente asimétricamente ovadas a falcadas; botones 6-8 cm de longitud; cotiledones 6-12 .... *P. schiedeanus* (Schltdl. & Cham.) G. Don

Psittacanthus calyculatus (DC.) G. Don, Ge. Hist. 33: 415. 1834. Figs. 1A, B.

= *Loranthus calyculatus* DC., Coll. Mem. VI. Loranthacées XXX. 1830.
= *L. karwinskianus* Schult. & Schult. f., Syst. Veg. 7: 1641. 1830.
≡ *P. karwinskianus* (Schult. & Schult. f.) Eichler in Mart., Fl. Bras. 5(2): 26. 1868. TIPO: MÉXICO. Sultepec, *Karwinski s.n.* (holotipo: P!, isotipo: M).
= *Chatinia calyculata* (DC.) Tiegh., Bull. Soc. Bot. France 42: 351. 1895. TIPO: MÉXICO. Morelos, Cuernavaca, 1828, *Berlandier 1150* (holotipo: G-DC!, isotipo: P!).

Nombre común: injerto.

Arbustos perennes, glabros, 1.3 m de alto, entrenudos 1-8.5 cm de largo, normalmente cuadrangulares, al menos cuando jóvenes, comúnmente con ángulo de los nudos redondeados, nudos no prominentes; hojas opuestas, láminas falcadas a ampliamente ovadas, 2.5-9.5(-14.7) cm de largo, 1.8-4.7 cm de ancho, coriáceas, ápice redondeado, algunas veces atenuado, subsésiles o con peciolo de hasta 3 mm de largo, plano, venación pinnada, 5 pares de nervios secundarios, visibles en el haz, prominentes en el envés; inflorescencias terminales y subterminales con racimos de tríadas, las axilares a menudo en subumbelas de tríadas, dos o más tríadas distales, pedúnculo de la inflorescencia 10-53 mm de largo, pedúnculo de la tríada 9-15 mm de largo, 3-7 mm de ancho, tríadas inferiores frecuentemente con una bráctea foliácea, 2.6-4 cm de largo, 1.1-1.6 cm de ancho, pedicelo floral color verde, (6-)9-15 mm de largo, 3 mm de ancho, cúpula 4-5 mm de ancho, envolviendo 1/4 del ovario; flores en botones o antes de la antesis color anaranjado, amarillentas, escarlata brillante o ligeramente rosado, 3-5.5 cm de largo, rectas o

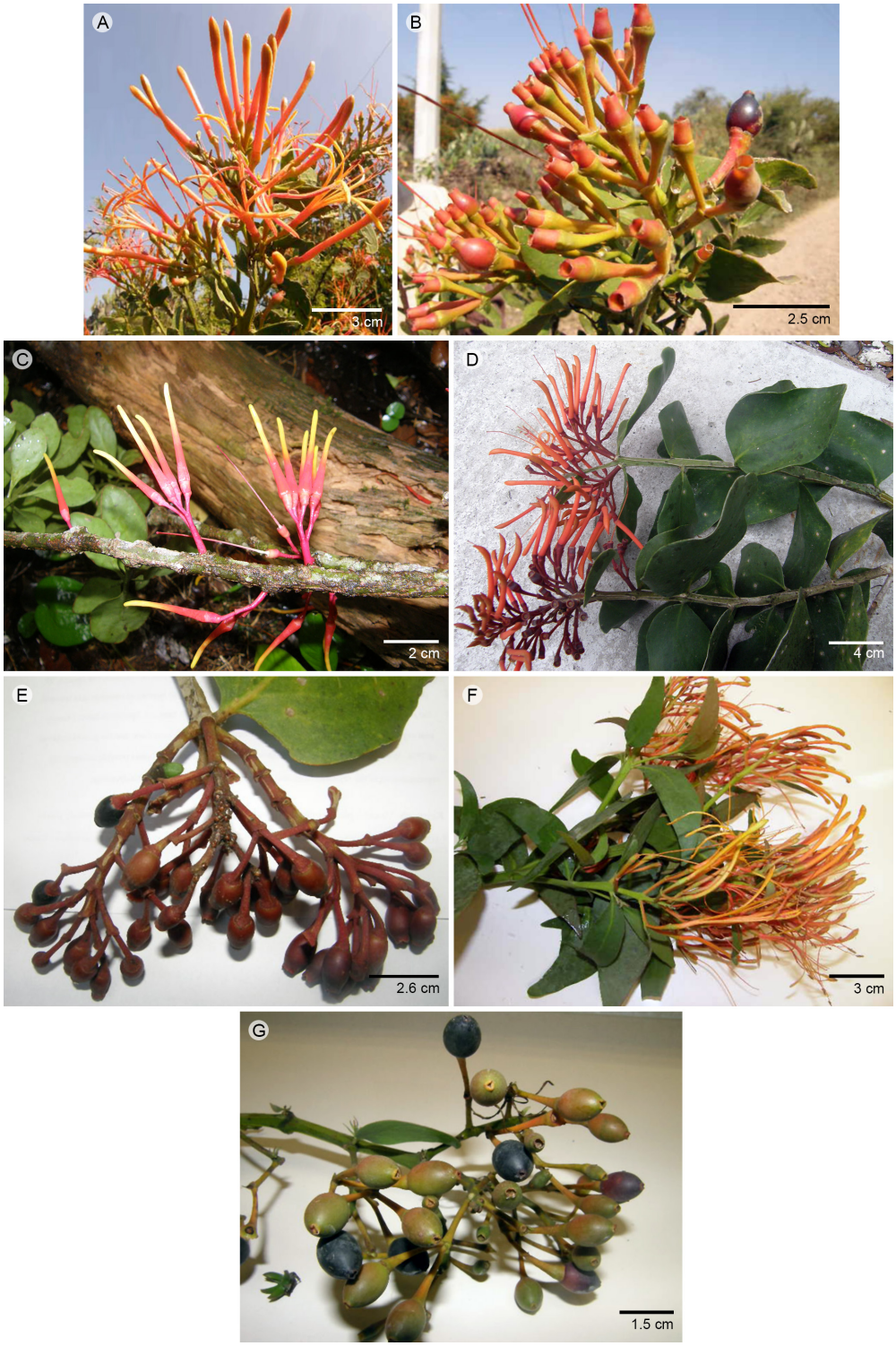


Figura 1: Caracteres diferenciales de las cuatro especies presentes en Veracruz: A, B. *Psittacanthus calyculatus* (DC.) G. Don, rama con inflorescencias y frutos maduros e inmaduros; pedúnculos de las flores y frutos color verde-amarillentos, flores rectas y gruesas (que difieren de las de *P. schiedeanus*); C. *Psittacanthus ramiflorus* (DC.) G. Don, rama con flores caulinares, difiere notablemente de las otras tres especies por presentar inflorescencia caulinar en díadas y flores más pequeñas de color rojo-amarillo; D, E. *Psittacanthus rhynchanthus* (Benth.) Kuijt, se distingue de las otras dos especies (*P. calyculatus* y *P. schiedeanus*) por presentar la rama con inflorescencia e infrutescencia terminal color rojo, frutos color rojo y negros (al madurar); el ápice de los botones curvados, agudos y las ramas articuladas; F, G. *Psittacanthus schiedeanus* (Schltdl. & Cham.) G. Don, rama con inflorescencia terminal, frutos color verde y negros (al madurar), flores curvadas y delgadas con el ápice engrosado y los pedúnculos verdes. Fotografías de Gonzalo Castillo-Campos.

escasamente inclinadas distalmente, 0.3-0.4 cm de grueso basalmente, estrechas en la mitad, ligeramente expandidas hasta 1 cm de largo, usualmente redondeadas en la punta (o puntiagudas cuando secas); calículo ligeramente dentado; pétalos color anaranjado, amarillentos, escarlata brillante o ligeramente rosado, isomórficos, 5.5 cm de largo, lígula basal ausente; estambres dimórficos, filamentos color anaranjado, 2.5-5 cm de largo, anteras 4 mm de largo, ligeramente septadas, redondeadas en ambos extremos, las dos series ligeramente sobrepuestas; ovario 5 mm de largo, 3 mm de ancho, estilo color anaranjado, recto, 2.7-4.1 cm de largo, 0.04-0.05 cm de ancho, liso, estigma finamente papilado; frutos numerosos, frecuentemente en tríadas, color rojo, negro-azulados al madurar, ovoides, 10-15 mm de largo, 8-10 mm de diámetro, pedicelos color verde-amarillento, anaranjados en frutos maduros, 1.3-2.2 cm de largo, 0.2-0.35 cm de ancho, calículo conspicuo; embrión con 3-5 cotiledones.

Distribución, hábitat y estado de conservación: es una especie endémica de México; se distribuye en los estados de Aguascalientes, Chiapas, Colima, Estado de México, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Sinaloa y Veracruz. En el estado de Veracruz crece al norte, en el municipio Huayacocotla, en matorral crassicaule, entre 1960 y 2150 m de altitud (Fig. 2). De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana de especies en riesgo (SEMARNAT, 2010) y la Lista Roja de

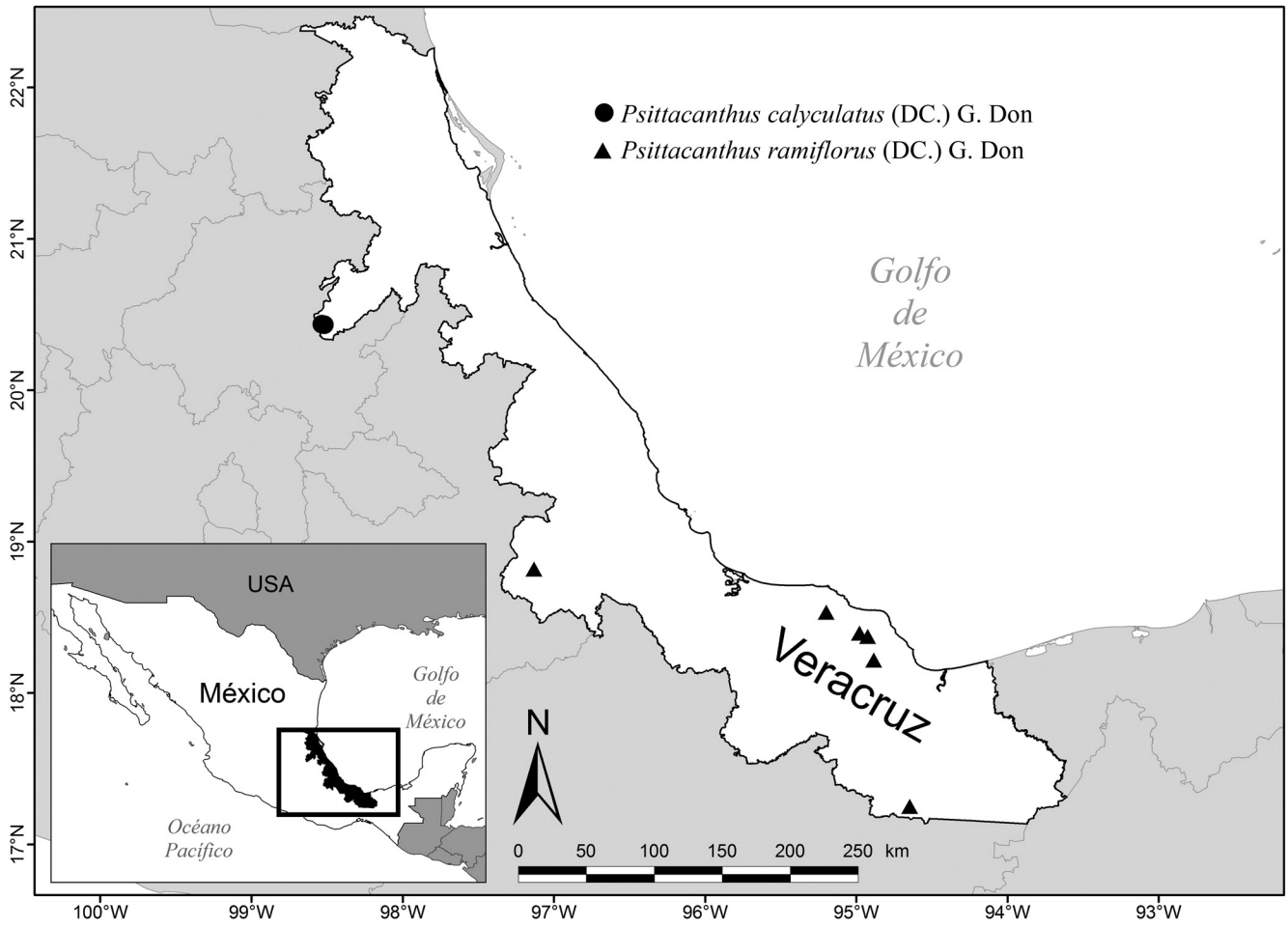


Figura 2: Distribución de *Psittacanthus calyculatus* (DC.) G. Don y *P. ramiflorus* (DC.) G. Don.

la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2017), así como lo observado en el campo, el estado de conservación de *Psittacanthus calyculatus* se considera como no amenazada. Florece y fructifica de septiembre a octubre y parasita árboles de *Acacia* Mill.

Ejemplares examinados: MÉXICO. Veracruz, municipio Huayacocotla, al N de Santiago, *G. Castillo-Campos y M. Escamilla B. 28501* (XAL); El Zapote*, G. Castillo-Campos y M. Escamilla B. 28600* (XAL), *28602* (XAL), *28603* (XAL), *28604* (XAL).

Comentarios taxonómicos: *Psittacanthus calyculatus* ha sido frecuentemente confundido en Veracruz con *P. rhynchanthus*; sin embargo, esta última especie se puede distinguir porque tiene hojas falcadas más grandes, pedicelos, flores, frutos y en general la inflorescencia de color rojo y los ejes de la infrutescencia articulados (Cuadro 1).

Cuadro 1: Caracteres morfológicos de las cuatro especies de *Psittacanthus* Mart. distribuidas en Veracruz.

		P. calyculatus (DC.) G. Don	*P. ramiflorus* (DC.) G. Don	*P. rhynchanthus* (Benth.) Kuijt	*P. schiedeanus* (Schltdl. & Cham.) G. Don
Entrenudos	tamaño (m)	1.3	0.3-3	0.3-3	0.5-5
	forma	cuadrangulares	cilíndrico	cuadrangulares	cuadrangulares a 4-alados
	largo (cm)	1-8.5	2-4	1-3	2-5
Hoja	forma	falcadas a ampliamente ovadas	elípticas a lanceoladas, ovadas o casi orbiculares	ovadas, falcadas	ovadas a ligeramente falcadas
	longitud (cm)	2.5-9.5(-14.7)	4-10(-15)	6-17	8-20
	ancho (cm)	1.8-4.7	1.5-4(-10)	3-9.5	1.4-8
	ápice	redondeado, algunas veces atenuado	obtuso a redondeado	agudo, redondeado	atenuado
Peciolo	largo (mm)	subsésiles o hasta 3	6	10	1-5(-15)
Inflorescencia	posición	terminales, subterminales, axilares	laterales	terminales, axilares	terminales, generalmente dicotómicas, axilares
		tríadas	díadas	tríadas	tríadas, ocasionalmente en díadas
Cúpula	ancho (mm)	4-5	2-3	3	3-5
Flores	color	anaranjadas, amarillentas, escarlata brillante, rosado	anaranjadas a rojas	rojas	anaranjadas, amarillas
	largo (cm)	3-5.5	3-4	3-4.5	6
Calículo		dentado	liso	festoneado	liso
Pétalos	largo (cm)	5.5	menos de 3	4	6.1-6.4
Filamentos de estambres	largo (cm)	2.5-5	1.5	1.5	2.5-3
Anteras	largo (mm)	4	4	3-4	3.8-5
Ovario	largo (mm)	5	4	3	5
Estilo	largo (cm)	2.7-4.1	3.3-3.8	4.1-4.4(-8)	5-6
Estigma		papilado	papilado	capitado, papilado	filiforme
Embrión	cotiledones	3-5	2	4	6-12

Psittacanthus ramiflorus (DC.) G. Don, Gen. Hist. 3: 415. 1834.

= *Loranthus ramiflorus* DC., Prodr. 4: 308. 1830. TIPO: Ilustración de *L. ramiflorus*, en A. L. P. P. de Candolle, Caiques des dessins de la flore du Mexique, de Mociño et Sessé, Geneve, 1874. Fig. 1C.
≡ *P. allenii* Woodson & Schery, Ann. Missouri Bot. Gard. 27: 309. 1940. TIPO: PANAMÁ. Coclé, alrededor de El Valle, 600-1000 m, 8.XII.1938, *P. H. Allen 1223* (holotipo: MO!, isotipo: F!).
≡ *P. lateriflorus* Woodson & Schery, Ann. Missouri Bot. Gard. 27: 309. 1940. TIPO: PANAMÁ. Coclé, alrededor del Valle de Antón, 600 m, 17.IX.1939, *P. H. Allen 1979* (holotipo: MO!, isotipos: F!, NY!, US!).
≡ *P. scheryi* Woodson, Ann. Missouri Bot. Gard. 28: 426. 1941. TIPO: PANAMÁ. Chiriqui, alrededor de Bajo Mono y Quebrada Chiquero, 18.VII.1940, *R. E. Woodson y R. W. Schery 581* (holotipo: MO!, isotipo: US!).

Nombres comunes: no registrados.

Arbustos o hierbas perennes, glabros, 0.3-3 m de alto, entrenudos 2-4 cm de largo, cilíndricos, generalmente con lenticelas prominentes, nudos no prominentes; hojas irregularmente pareadas, frecuentemente con 4-10 pares, alternas o verticiladas, láminas 4-10(-15) cm de largo, 1.5-4(-10) cm de ancho, ligeramente elípticas a lanceoladas, ovadas o casi orbiculares, coriáceas, ápice obtuso a redondeado, base obtusa a cuneada, peciolo 6 mm de largo, venación pinnada, inconspícua, excepto el nervio central; inflorescencias laterales en los tallos de las ramas, frecuentemente agrupadas en díadas, pedúnculo de la inflorescencia 2-4 mm de largo, color rojo, pedicelo floral 4-6 mm de largo, color rojo, cúpula 2-3 mm de ancho, color rosado; flores en botones o antes de la antesis color anaranjado a rojo, 3-4 cm de largo, dilatadas en la parte inferior, la porción superior ligeramente inclinada, ápice redondeado, color rojo brillante en la parte inferior; calículo liso; pétalos color anaranjado a rojo, isomórficos, menos de 3 cm de largo, lígulas basales pequeñas, decurrentes, glabras; estambres irregularmente dimórficos, fasciculados alrededor del estilo, rectos en la antesis, filamentos color morado, 1.5 cm de largo, anteras 4 mm de largo; ovario 4 mm de largo, 3 mm de ancho, estilo color anaranjado, recto, 3.3-3.8 cm de largo, 0.03-0.05 cm de ancho, liso, estigma ligeramente papilado; frutos en díadas, color rojo, negros al madurar, elipsoides, cerca de 12 mm de largo, 8 mm de diámetro, pedicelos color rojo, 0.85-0.9 cm de largo, 0.1-0.15 cm de ancho, calículo inconspícuo; embrión con 2 cotiledones.

Distribución, hábitat y estado de conservación: es una especie poco frecuente, pero de amplia distribución en México (Chiapas, Guerrero, Jalisco, Nayarit y Oaxaca), Costa Rica y Panamá. En Veracruz crece entre 100 y 1500 m de altitud en el sur del estado (Fig. 2). Aunque es una especie escasa, no se encuentra amenazada (SEMARNAT, 2010). Generalmente se desarrolla en selva alta perennifolia, selva baja caducifolia, bosque mesófilo de montaña y bosque de *Quercus*. Considerando que parasita hospederos de la vegetación original, es probable que el cambio de uso del suelo ocasione que la ubiquen como amenazada. Sin embargo, en años recientes se ha encontrado parasitando árboles del género *Citrus* L. Florece y fructifica de abril a junio.

Ejemplares examinados: MÉXICO. Veracruz, municipio Catemaco, La Otra Opción, en el sendero interpretativo del rancho, *G. Castillo-Campos et al. 28187* (XAL). Municipio Huiloapan, cerro San Cristóbal, *M. Cházaro B. et al. 1412* (XAL). Municipio San Andrés Tuxtla, volcán San Martín Tuxtla, *R. Cedillo T. 3172* (MEXU, XAL). Municipio Soteapan, cumbre de El Bastonal, 14 km SE del lago Catemaco, *J. H. Beaman 6143* (XAL); cima del cerro Platanillo, sierra de Santa Martha, *J. I. Calzada 5123* (XAL). Municipio Uxpanapa, 4 km por el camino y vereda al S de entronque de terracería La Laguna - Sarabia con el camino al N a Poblado Dos (entronque que está 16.2 km al W de La Laguna), *T. Wendt e I. Navarrete 3249* (ENCB, MEXU).

Psittacanthus rhynchanthus (Benth.) Kuijt, Ann. Missouri Bot. Gard. 74: 529. 1987. Figs. 1D, E.

= *Loranthus rhynchanthus* Benth., Bot. Voy. Sulphur 102. 1845. TIPO: HONDURAS. Gulf of Fonseca, Tiger Island, *Dr. Sinclair s.n*. (holotipo: K!).
≡ *P. chrismarii* Urb., Bot. Jahrb. Syst. 24: 13. 1897. TIPO: COSTA RICA. Guanacaste, forests of Nicoya, *Tonduz 13706* (neotipo: designado por Kuijt, 1987, US!, isoneotipos: CR!, GH!, K!).
≡ *P. semiarticulatus* Rizzini, Rodriguésia 30/31: 142. 1956. TIPO: VENEZUELA. Guarico, Parapara, 12.IX.1927, *H. Pittier 12532* (holotipo: VEN!, isotipos: MO!, NY!, US!).

Nombres comunes: caballera, chaya, corrigüela, hiedra, higo de chaca, secapalo y tepalcayo.

Arbustos o hierbas perennes, 0.3-3 m de alto, glabros, escasamente ramificados, entrenudos frecuentemente 1-3 cm de largo, cuadrangulares, incluso cuando viejos, color grisáceo en seco o verde amarillento, nudos no prominentes; hojas pareadas, las más pequeñas ovadas, las más largas falcadas, 6-17 cm de largo, 3-9.5 cm de ancho, ápice agudo, redondeado, base aguda, obtusa, venación impresa, ligeramente palmada, peciolo 10 mm de largo; inflorescencias terminales, con 2-3 pares de tríadas, en ocasiones contraídas en un espiral de tríadas, 1-varias por axila, pedúnculos color rojo, 9-12.5 mm de largo, 2 mm de ancho, expandido hacia la parte apical, pedicelos color rojo, 11-15 mm de largo, 2 mm de ancho, brácteas y cúpulas 3 mm de ancho cuando secas; flores en botones o antes de la antesis color rojo, 3-4.5 cm de largo, 1 cm de grueso, punta curvada hacia arriba, terminando en un ápice estrecho, puntiagudo, conspicuo, base ligeramente dilatada; calículo irregularmente festoneado; pétalos color rojo, 4 cm de largo, ligeramente dimórficos, pelos color rojo, largos sobre la superficie interna, desde la inserción del filamento hasta el ápice, lígulas basales ausentes; estambres dimórficos, filamentos 1.5 cm de largo, anteras 3-4 mm de largo, las dos series ligeramente sobrepuestas; ovario 3 mm de largo, 2.5 mm de ancho, estilo color anaranjado, curvado, 4.1-4.4(-8) cm de largo, 0.03-0.05 cm de ancho, liso, estigma capitado, papilado; frutos numerosos por infrutescencia, frecuentemente en díadas, ocasionalmente en mónadas, rara vez en tríadas, color rojo, púrpura a negro brillante al madurar, elipsoides, 11-15 mm de largo, 7-9 mm de diámetro, pedicelos 0.8-1.3 cm de largo, 0.1-0.2 cm de ancho, calículo prominente; embrión con 4 cotiledones.

Distribución, hábitat y estado de conservación: es una especie de amplia distribución en México (Campeche, Chiapas, Colima, Estado de México, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, Tabasco, Yucatán y Zacatecas), Belice, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá, norte de Colombia, Venezuela y Trinidad y Tobago. Crece desde el nivel del mar hasta 1400 m de altitud, desde el sur hasta el norte del estado de Veracruz (Fig. 3). Se presenta con mayor frecuencia en los bosques tropicales y también habita en bosque de *Quercus*, bosque mesófilo de montaña, bosque tropical caducifolio, bosque tropical perennifolio, bosque tropical subcaducifolio, matorral xerófilo, pastizal, vegetación acuática y subacuática; pierde su follaje en la estación seca. Es una especie que no se encuentra amenazada (SEMARNAT, 2010; IUCN, 2017). Florece y fructifica de julio a marzo. Sus hospederos son diversos, entre los que destacan los géneros *Ficus* L. y *Bursera* Jacq. ex L.

Ejemplares examinados: MÉXICO. Veracruz, municipio Actopan, estación de biología de La Mancha, *G. Castillo-Campos 6865* (XAL); cerca de la estación biológica de La Mancha, CICOLMA, *G. Castillo-Campos et al. 16405* (XAL); estación de biología de La Mancha*, H. Oliva R. y M. Cházaro B. 23* (XAL); estación de biología de La Mancha, *F. Ramírez R. 2180* (XAL); La Mancha, *J. Sánchez T. 02* (XAL). Municipio Alvarado, Conejos, laguna Conejos, *G. Castillo-Campos y J. Pale P. 24275* (MEXU, XAL); km 14, carretera 180 Veracruz - Alvarado, rancho 3 M, *S. Olvera F. 47* (MEXU), *132* (MEXU). Municipio Apazapan, *M. Cházaro B. 2557* (XAL). Mu-

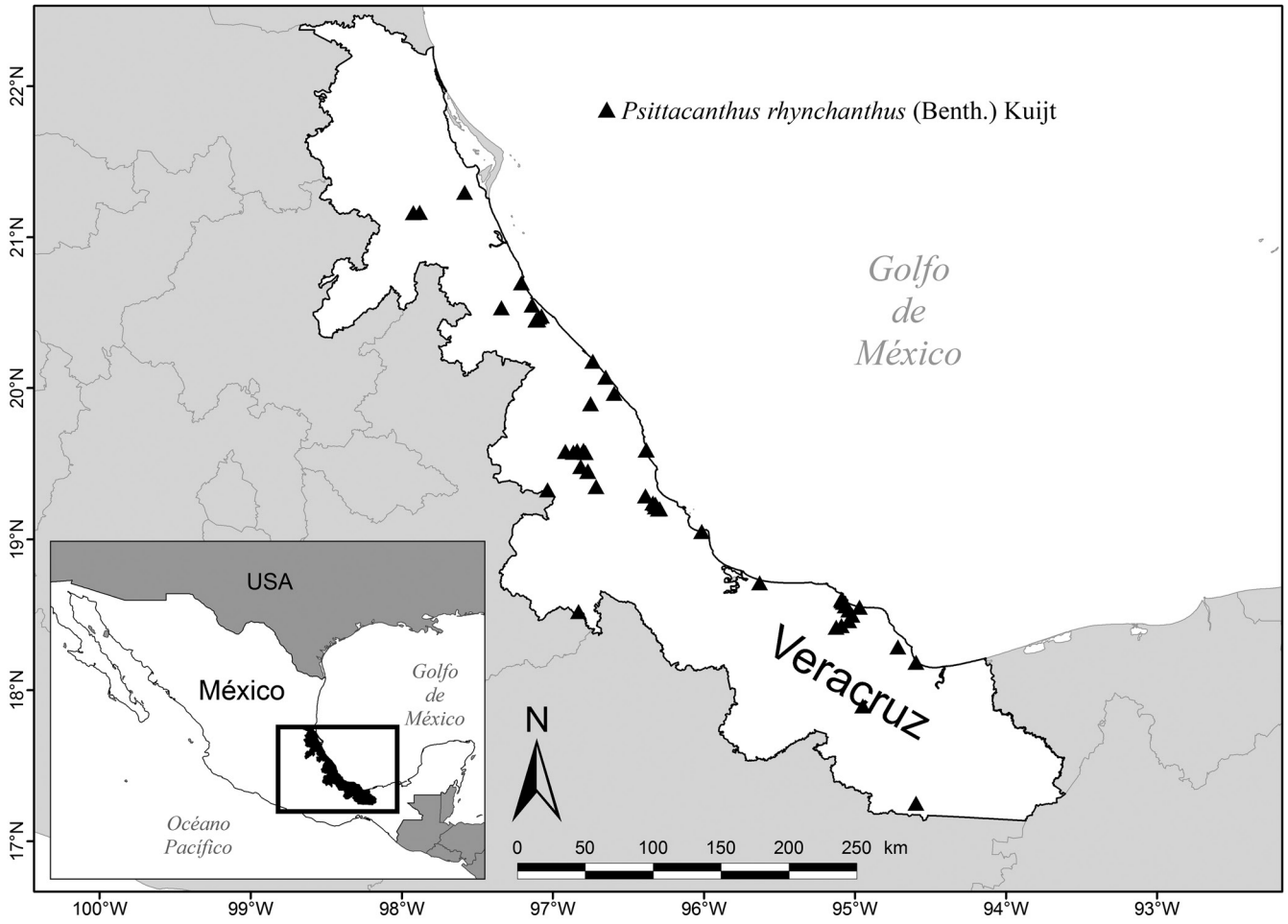


Figura 3: Distribución de *Psittacanthus rhynchanthus* (Benth.) Kuijt.

nicipio Catemaco, lago de Catemaco, *J. I. Calzada 37* (MEXU); brecha a Calpultéotl, entrando por Panga, a través de la barra de Sontecomapan, *A. Campos V. 7770* (MEXU); laguna de Sontecomapan, 20 km al NE del camino de terracería Catemaco - Montepío, *R. Cedillo T. 2885* (MEXU, XAL); La Palma, *T. P. Ramamoorthy 4070* (MEXU); playa Azul, laguna de Catemaco, *M. Sousa 2625* (MEXU); río Coxcoapan, camino a Sontecomapan, *R. Torres C. y H. Hernández 6455* (MEXU). Municipio Cazones, Barra de Cazones, 3 km, *L. Monroy et al. 108* (MEXU). Municipio Coatzacoalcos, cerca de Barrillas, *A. Lot H. 1647* (MEXU, XAL). Municipio Emiliano Zapata, El Lencero, SE, cerca de la cañada, *H. Oliva R. y M. Cházaro B. 50* (XAL); Corral Falso, camino a Pinoltepec, *H. Oliva R. 100* (XAL); La Laja, entre Corral Falso y Pinoltepec, *Puga et al. 7907* (MEXU); La Laja, 900 m camino Xalapa - Veracruz, 16 km al SE Xalapa, entre Corral Falso y Pinoltepec, *M. Sousa S. y C. H. Ramos 4719* (MEXU); arroyo del Chino, 2 km al NE de La Balsa, *F. Vázquez B. 450* (XAL). Municipio Gutiérrez Zamora, 1.5 km al N de Gutiérrez Zamora, sobre la carretera a Tecolutla, *G. Castillo-Campos y M. E. Medina A. 28357* (XAL), *28358* (XAL); 1 km al N de Gutiérrez Zamora, por la carretera a Boca de Lima, *G. Castillo-Campos y M. E. Medina A. 28359* (XAL); 1.5 km carretera Gutiérrez Zamora - Papantla, *G. Castillo-Campos y M. E. Medina A. 28370* (XAL); El Ojite, 2 km al NW de Gutiérrez Zamora, *G. Castillo-Campos y M. E. Medina A. 28371* (XAL); Gu-

tiérrez Zamora, *M. E. Cortés 95* (MEXU, XAL). Municipio Ixhuacán de los Reyes, Pocitos, camino a Ixhuacán de los Reyes, *H. Oliva R. y M. Cházaro B. 20* (XAL). Municipio La Antigua, Vargas, camino a Loma Iguana, *P. Zamora C. y M. G. Zolá B. 140* (XAL); Loma Iguana, 2 km al W, *P. Zamora C. 573* (XAL). Municipio Naolinco, al W de Almolonga, *G. Castillo-Campos et al. 17101* (XAL). Municipio Nautla, entrada al hotel Istirinchá, *G. Castillo-Campos y M. E. Medina A. 28372* (XAL). Municipio Papantla, Poza Rica, camino a Santa Águeda, *M. E. Cortés 526* (MEXU, XAL). Municipio Paso de Ovejas, El Hatito, camino de terracería a Caño Prieto, 1 km del Hatito, *J. E. González H. 188* (XAL). Municipio San Andrés Tuxtla, lote 67, estación de biología tropical Los Tuxtlas, *G. Ibarra M. 477* (MEXU); estación de biología tropical Los Tuxtlas, *G. Ibarra M. 954* (ENCB, MEXU, XAL); N and E sides of laguna Encantada, 3 km NE of San Andrés Tuxtla, *M. Nee 24760* (XAL); Laguna Escondida, 3.5 km NW de la estación de biología tropical Los Tuxtlas, *G. A. Salazar y S. Sinaca C. 303* (MEXU); circuito de la estación de biología tropical Los Tuxtlas, *G. A. Salazar 305* (MEXU); Laguna Escondida, 3 km al NW de la estación de biología tropical Los Tuxtlas, *S. Sinaca C. y F. Chigo S. 228* (ENCB, MEXU, XAL); Laguna Escondida, 2 km al NW de la estación de biología tropical Los Tuxtlas, *S. Sinaca C. 1577* (XAL), *1578* (MEXU). Municipio Sayula de Alemán, km 5 on hwy 185 Acayucan to Salina Cruz, S of autopista, *C. A. Pendry y A. Reyes 933* (MEXU). Municipio Tamiahua, Tampache, camino de terracería a Hormiguero, *A. Rincón G. y C. Durán E. 1272* (MEXU, XAL). Municipio Tecolutla, Boca de Lima, *G. Castillo-Campos y M. E. Medina A. 28364* (XAL). Municipio Tepetzintla, 2.7 km SE, along hwy 105, *M. Nee 22396* (XAL); 30-35 km al S de Mata Redonda (Tampico - Tuxpan), *L. I. Nevling y A. Gómez-Pompa 462* (XAL). Municipio Tezonapa, Vista Hermosa, 3 km al SW, *R. Robles G. 1022* (MEXU, XAL). Municipio Vega de Alatorre, al N de Vega de Alatorre, 5 km hacia playa Navarro, *G. Castillo-Campos y M. E. Medina A. 28374* (XAL); potrero Bougambilia, Llanos de Muchachos, Emiliano Carranza, cerca de arroyo El Baño, *A. Lot H. 615* (MEXU). Municipio Veracruz, Nevería, carretera antigua Nacional Xalapa - Veracruz, *C. Gutiérrez B. 833* (XAL); 2 km al W de Santa Fe, *C. Gutiérrez B. 1226* (ENCB, MEXU, XAL); Paso San Juan, 1.5 km al N, *V. E. Luna M. y M. G. Zolá B. 380* (XAL). Municipio Xalapa, near Xalapa, *M. Cházaro B. et al. 1010* (XAL); ca. de San Antonio Paso del Toro, ca. de 15 km al N de Actopan, *S. Galen Smith 6054* (XAL); Chiltoyac, *M. G. Zolá B. 773* (MEXU, XAL). Municipio Yecuatla, El Ojite, desviación a La Colonia de Colipa, *C. Gutiérrez B. 4099* (XAL).

Comentarios taxonómicos: *Psittacanthus rhynchanthus* estuvo identificado en la mayoría de los ejemplares de herbario como *P. calyculatus*; sin embargo, *P. rhynchanthus* se distingue claramente de *P. calyculatus* por los caracteres ya mencionados.

Psittacanthus schiedeanus (Schltdl. & Cham.) G. Don, Gen. Hist. 3: 418. 1834.

= *Loranthus schiedeanus* Schltdl & Cham., Linnaea 5: 172. 1830. TIPO: MÉXICO. Veracruz, cerca de Jalapa, *Schiede y Deppe 404* (holotipo: B, destruido; isotipos: LE, M!, MO!). Figs. 1F, G.
= *L. kerberi* E. Fourn., Bull. Soc. Bot. France 30: 185. 1883.
= *L. quauchitli* Sessé y Moc., PI. Nov. Hisp. 3: 47. T. 65. 1888. TIPO: MÉXICO. Type drawing (G), *Sessé y Mociño s.n.* 1787-1803.
≡ *P. kerberi* (E. Fourn.) Engl., Nat. Pflanzenfam., Nachtr. Zum II-IV. Teil, 136. 1897. TIPO: MÉXICO. Veracruz, Córdoba, 18.VIII.1882, *Kerber 36* (holotipo: B, destruido, foto: F negativo 11829!, isotipos: BM!, C, F!, GH, K!, P!, US!).

Nombres comunes: corrigüela, tepalcatillo y tepalcayo.

Arbustos perennes, ramificados, glabros, 0.5-5 m de alto, entrenudos 2-5 cm de largo, 0.5-0.6 cm de ancho, cuadrangulares a estrechamente 4-alados, a menudo

conspicuamente planos debajo de los nudos, 0.2-0.3(-0.6) cm de diámetro, nudos no prominentes; hojas frecuentemente opuestas, verticiladas, ocasionalmente alternas, láminas color verde, a menudo asimétricas, ovadas a ligeramente falcadas, 8-20 cm de largo, 1.4-8 cm de ancho, ápice atenuado, base atenuada, aguda a obtusa, venación pinnada, haz color verde, nervio central impreso, envés color verde claro, nervio central ligeramente prominente, peciolo 1-5(-15) mm de largo, 1-2 mm de ancho; inflorescencias terminales, generalmente dicotómicas, 9-14 cm de largo, en su mayoría con una inflorescencia secundaria cerca de las axilas foliares, con 3-5 pares de tríadas, frecuentemente dispuestas en tríadas, ocasionalmente en díadas, pedúnculo color verde a anaranjado-amarillento, l6-24 mm de largo, 2 mm de ancho, brácteas asimétricas, agudas, ligeramente falcadas, 2.5-5.8 mm de largo, ápice agudo, atenuado, base atenuada, pedicelos florales anaranjados, 14-20 mm de largo, 1.8-2 mm de ancho, cúpula 3-5 mm de ancho; flores en botones o antes de la antesis color anaranjado, amarillo, 6 cm de largo; calículo color verde, 0.34-0.4 cm de largo, 0.26-0.3 cm de ancho, liso; pétalos 6, lineares, fusionados cerca de 0.08 cm en la base, 6.1-6.4 cm de largo, 0.8-1 cm de ancho; estambres dimórficos, filamentos cortos, color anaranjado, 2.5-3 cm de largo, 0.04 cm de ancho, filamentos largos 3-3.4 cm de largo, 0.04 cm de ancho, anteras 3.8-5 mm de largo, 0.9-1.4 mm de ancho, alveoladas, las dos series sobrepuestas; ovario 5 mm de largo, 3.5 mm de ancho, estilo color anaranjado, recto, 5-6 cm de largo, 0.04-0.06 cm de ancho, liso, estigma pequeño, filiforme; frutos frecuentemente en tríadas, ocasionalmente en díadas, color verde, rojizo, negro al madurar, elipsoides, 12-15 mm de largo, 8-10 mm de diámetro, pedicelos color verde, amarillo-anaranjado cuando el fruto está maduro, 2-2.5 cm de largo, 0.2 cm de ancho, calículo prominente; embrión con 6-12 cotiledones prismáticos a lanceolados.

Distribución, hábitat y estado de conservación: *Psittacanthus schiedeanus* es de amplia distribución en México (Chiapas, Estado de México, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí y Tamaulipas), Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras y Panamá. En Veracruz se distribuye desde el nivel del mar hasta los 2000 m de altitud, en diferentes tipos de vegetación (bosque de *Quercus*, mesófilo de montaña, tropical caducifolio, tropical perennifolio y tropical subcaducifolio, vegetación acuática y subacuática) (Fig. 4). Parasita diversas especies de árboles y arbustos; entre los géneros más comunes están *Bursera*, *Ficus*, *Liquidambar* L., entre otros. Es una especie que no se encuentra amenazada (SEMARNAT, 2010; IUCN, 2017) y se puede convertir en plaga en árboles aislados, después de la remoción de la vegetación original. Florece y fructifica de junio a diciembre.

Ejemplares examinados: MÉXICO. Veracruz, municipio Actopan, Mozomboa, 2 km al N, camino al cerro de La Mesa, *R. Acosta P. y N. Acosta B. 154* (MEXU, XAL); Raya Los Chalahuites, Sierra Manuel Díaz, *R. Acosta P. 819* (MEXU, XAL); playa Cansa Burros, 2 km al S de La Mancha, *R. Acosta P. y F. Vázquez B. 820* (XAL); estación de biología Morro de La Mancha, *Brigada de dunas 405* (MEXU); 3 km al NE de la desviación a Otates, *G. Castillo-Campos e I. Acosta R. 19372* (MEXU, XAL); estación de biología de La Mancha, *B. Guerrero C. 2150* (MEXU, XAL); estación de biología de La Mancha, *M. Keyes H. y C. Armenta C. 32* (XAL); estación de biología de La Mancha, *P. Moreno-Casasola 1225* (MEXU); estación de biología de La Mancha, *R. Ortiz-Pulido 12* (MEXU, XAL); estación de biología de La Mancha, *F. Ramírez R. 2184* (XAL). Municipio Alto Lucero, 1 km al N de Santander, *G. Castillo-Campos y M. E. Medina A. 28375* (XAL). Municipio Apazapan, Apazapan, 1 km al E, *G. Castillo-Campos y A. Birke B. 6975* (MEXU, XAL); al N de Tigrillos, *G. Castillo-Campos y M. E. Medina A. 28306* (XAL); estación Apazapan, camino a El Palmar, cerca al cerro, *M. Cházaro B. y P. Hernández de Ch. 4269* (XAL). Municipio Atzalan, Hixtatahuía, ca. de la carretera Atzalan - Tlapacoyan, *F. Ventura A. 97* (ENCB). Municipio Banderilla, along Xalapa - Perote hwy on NW side of Banderilla, *M. Nee 25170* (XAL); principio del camino antiguo a Jilotepec,

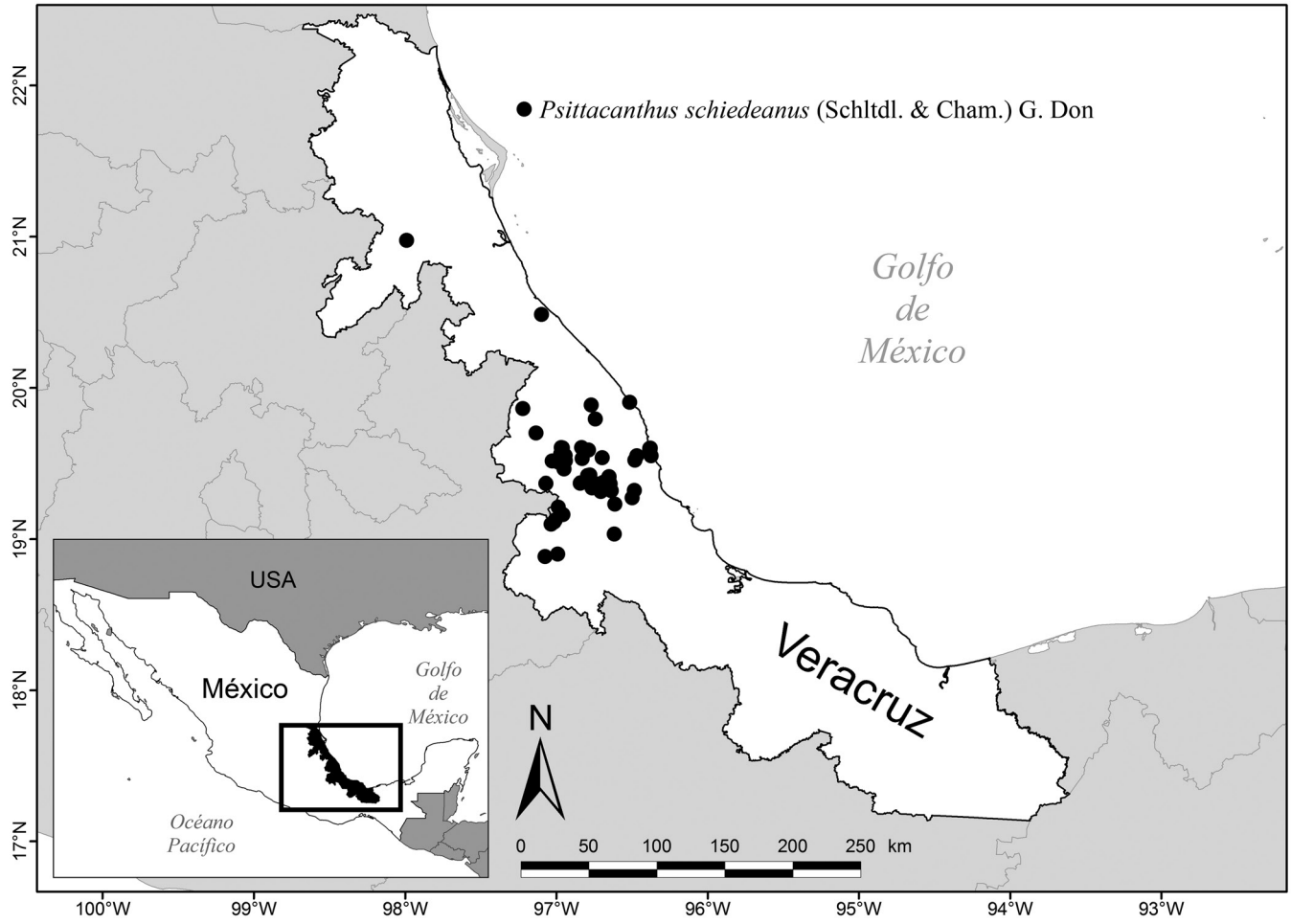


Figura 4: Distribución de *Psittacanthus schiedeanus* (Schltdl. & Cham.) G. Don.

P. Padilla S. 59 (ENCB); rancho La Mesa, 2 km al NW de Banderilla, *M. G. Zolá B. 506* (ENCB, XAL). Municipio Camarón de Tejeda, Villa Adalberto Tejeda, *Concurso infantil popular s.n.* (XAL). Municipio Chiconquiaco, cerro de Villa Rica, arriba de El Cedral, *C. Gutiérrez B. 3571* (XAL). Municipio Chicontepec, La Pagua, 25 km SW de Tepetzintla, laderas de sierra de Otontepec, *G. Castillo-Campos y A. Benavides M. 2330* (XAL). Municipio Coatepec, puente Nuevo, 4 km W de Xalapa, carretera antigua Xalapa - Coatepec, *J. I. Calzada 1950* (ENCB, XAL); Pozo de Cantera, laderas del cerro de Chavarrillo, *G. Castillo-Campos y J. L. Tapia M. 866* (ENCB, XAL); Cinco Palos, 5 km al NW, *V. E. Luna M. 836* (XAL); La Pitaya, *V. E. Luna M. 10306* (ENCB, MEXU). Municipio Emiliano Zapata, cerro de Tepeapulco, camino de terracería Chavarrillo - El Palmar, *J. I. Calzada y F. Vázquez B. 10241* (XAL); entre Tigrillos y Carrizal, sobre la carretera a la cementera, *G. Castillo-Campos y M. E. Medina A. 28307* (XAL); along road from Baños Carrizal to Emiliano Zapata, 2-6 km SE of Emiliano Zapata, *B. F. Hansen y M. Nee 7477* (XAL); carretera Xalapa - Veracruz, cerca de Plan del Río, *R. Torres C. 09* (XAL); Plan del Río, *F. Ventura A. 3011* (ENCB); La Cumbre, *F. Ventura A. 4000* (ENCB). Municipio Fortín, Posada Loma, Fortín de Las Flores, *L. I. Nevling y A. Gómez-Pompa 310* (XAL). Municipio Gutiérrez Zamora, 3 km al N de Gutiérrez Zamora, por la carretera a Boca de Lima, *G. Castillo-Campos y M. E. Medina A. 28361* (XAL). Mu-

nicipio Huatusco, 4 km camino a Coscomatepec, camino a Tenampa, *S. Avendaño R. y J. I. Calzada 413* (XAL); puente Jamapa, camino Huatusco - Córdoba, *W. Márquez R. 369* (MEXU, XAL); Huatusco, 1 km antes, a la derecha, *B. Melo G. 25* (XAL); Coxcontla, *F. Ventura A. 5681* (ENCB). Municipio Ixhuacán de los Reyes, después de Coyopolan, hacia Ixhuacán, *M. Cházaro B. y P. Padilla S. 3724* (MEXU, XAL). Municipio Ixtaczoquitlán, Santa Ana Atzacan, N of Orizaba, *M. Rosas R. 692* (XAL). Municipio Jalcomulco, barranca de Tlacuitlapa, entre Tuzamapan - Jalcomulco, camino Coatepec - Huatusco, *G. Castillo-Campos y W. Bussey 3001* (ENCB, MEXU, XAL). Municipio Las Minas, Las Minas, camino a Puente Caballo, *C. Durán E. y P. Burgos 753* (XAL). Municipio Naolinco, al S de Almolonga, *G. Castillo-Campos et al. 18098* (MEXU, XAL); 2 km al S de Los Cafetales, *G. Castillo-Campos et al. 19744* (MEXU, XAL); ca. de Almolonga, *R. Ortega O. 1266* (XAL). Municipio Paso de Ovejas, barranca de Acazónica, 5 km al NW de Acazónica, *M. E. Medina A. y F. Vázquez B. 329* (ENCB, MEXU, XAL); Mata Mateo, *D. C. Nogueira T. 36* (XAL). Municipio Puente Nacional, Puente Nacional, *A. Miranda J. s.n.* (XAL). Municipio San Andrés Tlalnelhuayocan, represa de Xocollolapa, alrededor, San Andrés Tlalnelhuayocan, *A. Flores-Palacios y J. G. García-Franco 918* (MEXU, XAL); rancho Mutmot, A. P. Vovides yard, *A. P. Vovides 1509* (XAL); rancho Tejocotal, al E, *P. Zamora C. 2754* (MEXU, XAL); Tlalnelhuayocan, orilla del río Pixquiac, *P. Zamora C. 3008* (XAL); Tlalnelhuayocan, al SE, *P. Zamora C. 3154* (MEXU, XAL). Municipio Tlaltetela, camino a Cueva del Abono, ejido Coetzala, *L. Robles H. 313* (MEXU, XAL). Municipio Totutla, Totutla, 3 km adelante, camino a Huatusco, *H. Oliva R. y M. Cházaro B. 103* (XAL). Municipio Uxpanapa, campamento Hnos. Cedillo, 1.3 km, camino a La Laguna Xalapa, *P. E. Valdivia Q. 530* (XAL). Municipio Xalapa, Xalapa, *J. I. Calzada 2093* (MEXU, XAL); rancho Guadalupe, parque ecológico Francisco Javier Clavijero, km 2.5 del camino antiguo Xalapa - Coatepec, *L. Monroy et al. 48* (ENCB, MEXU); vicinity of jardín botánico Clavijero, 4 km SW of center of Xalapa, *M. Nee 32847* (ENCB, MEXU); cañada Tembladeras, *P. Zamora C. 1778* (MEXU, XAL). Municipio Yecuatla, Chalahuite, camino a El Ojite, *C. Gutiérrez B. 3736* (MEXU, XAL).

Discusión

Se han reportado más de 50 géneros de angiospermas y coníferas como hospederos del género *Psittacanthus*, incluyendo árboles, arbustos y monocotiledóneas arborescentes. Entre los principales hospederos se encuentran, entre otros, *Acacia, Amphipterygium* Schiede ex Standl., *Annona* L., *Arbutus* L., *Baccharis* L., *Bursera, Casuarina* L., *Citrus, Coccoloba* P. Browne, *Crataegus* L., *Diphysa* Jacq., *Eucalyptus* L´Hér., *Ficus, Fraxinus* L., *Juglans* L., *Leucaena* Benth., *Liquidambar, Mimosa* L., *Nerium* L., *Olea* L., *Persea* Mill., *Pithecellobium* Mart., *Populus* L., *Prunus* L., *Prosopis* L., *Psidium* L., *Pseudosmodingium* Engl., *Pyrus* L., *Quercus* L., *Salix* L., *Spondias* L. y *Ulmus* L. (Cházaro et al., 1992; García-Franco et al., 1995; Vázquez y Geils, 2002). Para Veracruz, las especies que tienen mayor diversidad de hospederos son *P. schiedeanus* y *P. rhynchanthus*, donde los más comunes son los géneros *Acacia*, *Bursera*, *Ficus*, *Liquidambar*, *Quercus* y *Spondias*. En Veracruz se observó que frecuentemente estas dos especies comparten hospederos principalmente del género *Ficus* y *Bursera*.

Entre las cuatro especies que habitan en Veracruz, Cházaro (2006) cita a *Psittacanthus americanus* (L.) Mart.; sin embargo, Kuijt (2009a) reconoce a *P. americanus* como especie exclusiva del Caribe y que los especímenes de la región continental identificados como ésta corresponden en su mayoría a *P. rhynchanthus*. También asevera que *P. calyculatus* es una especie extremadamente variable y en algunas ocasiones es difícil separarla de *P. rhynchanthus* y especialmente de *P. schiedeanus*. Sin embargo, con este trabajo se puede constatar que las tres especies pueden diferenciarse claramente.

Kuijt (2009a) señala la dificultad para separar las especies, comenta que *P. rhynchanthus* se diferencia de *P. calyculatus* y *P. schiedeanus* por presentar tallos cuadrangulares escasamente ramificados, flores color rojo, rectas, ápice del botón fuertemente curvado, eje articula-

do color rojo, y crece en elevaciones bajas de la costa. Sin embargo, *P. schiedeanus* se puede diferenciar por su gran tamaño (Cuadro 1), ampliamente ramificado, flores color anaranjado con el ápice recto y más delgadas que en las otras dos especies (*P. calyculatus* y *P. rhynchanthus*) y el eje de la inflorescencia color verde y no articulado.

De acuerdo con lo reportado por Cházaro (2006), se deduce que de las cuatro especies presentes en el estado es relevante mencionar a *P. ramiflorus* que tiene preferencia geográfica en la vertiente del Pacífico (Chiapas, Guerrero, Jalisco, Nayarit, Oaxaca y Sinaloa) y sólo se registra de la vertiente del Golfo de México en Veracruz, hecho biogeográfico significativo tomando en cuenta el hábito parasítico de esta especie.

En cuanto a la especificidad por hospederos, *P. calyculatus* no presenta esta condición y puede parasitar una gran diversidad de árboles, incluyendo una situación particular, donde parasita a *Beaucarnea gracilis* Lem., caso raro de una monocotiledónea como hospedero de un muérdago. Por otra parte, *P. ramiflorus* sólo parasita árboles de *Arbutus*, *Quercus* y *Matudaea* Lundell (Cházaro, 2006). En las observaciones de campo se pudo ver que *P. calyculatus* tiene una distribución muy reducida en Veracruz y parasita árboles del género *Acacia*; la población local menciona que su presencia en la zona es muy reciente, no mayor a unos 20 años.

Se reconoce que *Psittacanthus schiedeanus* parasita más de 20 especies de árboles en los bosques de niebla del centro de Veracruz (Cházaro y Oliva, 1988), entre los que destacan como hospederos preferentemente *Liquidambar styraciflua* y *Quercus germana* Schltdl. & Cham.; así también, *Acacia pennatula* (Schltdl. & Cham.) Benth., *Persea americana* Mill., *Platanus mexicana* Moric. y *Quercus leiophylla* A. DC. (Cházaro y Oliva, 1988; López-de Buen y Ornelas, 1999, 2002; Cocoletzi et al., 2016), entre otros. *Psittacanthus schiedeanus* es una especie bastante agresiva para invadir hospederos y sus semillas logran germinar en ambientes poco apropiados para su establecimiento, como rocas y estructuras de cemento. Por esa razón es capaz de parasitar a *Platanus mexicana* que es una especie que cada año muda su corteza y con ello se desprende de epífitas y plantas parásitas de sus troncos.

En un estudio reciente (Cocoletzi et al., 2016) se ha determinado, a través de trabajos anatómicos, que *Psittacanthus schiedeanus* afecta de manera notoria a sus hospederos a nivel del parénquima. Así mismo, en *Liquidambar styraciflua* reduce gradualmente la estructura del floema que se encuentra cerca del haustorio. Sin embargo, en *Quercus germana* la estructura del floema se ve expandido en áreas parasitadas.

Por último, se ha mencionado que las especies del género *Psittacanthus* se usan en forma de té para el tratamiento de la presión arterial, específicamente *P. calyculatus* es utilizada como forrajera (Cházaro y Oliva, 1988) y algunos artesanos en Veracruz y Puebla la han empleado para elaborar artesanías de madera y bases de lámparas (Cházaro, 1995).

Contribución de autores

GCC diseñó el estudio, participó en el muestreo de campo, revisión de especímenes y en la integración y redacción del manuscrito final. MEMA colaboró en el muestreo de campo, elaboración de mapas, y revisión de especímenes y del manuscrito final. RAR contribuyó en la redacción de la introducción, la discusión y revisión del manuscrito final.

Financiamiento

Este estudio fue apoyado con los recursos fiscales del Instituto de Ecología, A.C. (GCC 20030-10134).

Agradecimientos

Se agradece a los curadores de los herbarios ENCB, MEXU, XAL por permitirnos revisar las colecciones depositadas en sus acervos. A Ma. del Rosario Landgrave Ramírez por la edición de los mapas, y a Jesús Pale Pale por la integración de las fotografías.

Literatura citada

Cházaro B., M. J. 1995. Los muérdagos (Loranthaceae) del estado de Jalisco. In: Cházaro B., M. J., M. Lomelí, R. Acevedo R. y S. Ellerbracke R. (comps.). Antología

botánica del estado de Jalisco. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, México. Pp. 74-77.

Cházaro B., M. J. 2006. Las plantas parásitas de México: Florística y Fitogeografía. Tesis de doctorado. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara. Guadalajara, México. 172 pp.

Cházaro B., M. J. y H. Oliva. 1988. Loranthaceae del centro de Veracruz y zona limítrofe de Puebla. Parte 5. Cactáceas y Suculentas Mexicanas 33(3): 71-75.

Cházaro B., M. J., F. M. Huerta M., R. M. Patiño B., R. Sánchez F., E. Lomelí M. y A. Flores M. 1992. Los muérdagos (Loranthaceae) de Jalisco, parásitas poco conocidas. Ciencia y Desarrollo 17(102): 70-85.

Cocoletzi, E., G. Ángeles, G. Ceccantini, A. Patrón y J. F. Ornelas. 2016. Bidirectional anatomical effects in a mistletoe-host relationship: *Psittacanthus schiedeanus* mistletoe and its hosts *Liquidambar styraciflua* and *Quercus germana*. American Journal of Botany 103(6): 986-997. DOI: https://dx.doi.org/10.3732/ajb.1600166

ESRI. 2014. ArcGIS, versión 10.2.2. Environmental Systems Research Institute. Redlands, USA.

García-Franco, J. G., V. Rico-Gray y M. Palacios-Rios. 1995. Parasitismo de *Psittacanthus calyculatus* (Loranthaceae) sobre *Beaucarnea gracilis* (Nolinaceae) en el Valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla, México. Cactáceas y Suculentas Mexicanas 40: 62-65.

Geils, B. W. y I. Vázquez C. 2002. Loranthaceae and Viscaceae in North America. In: Geils, B. W., J. C. Tovar y B. Moody (coords.). Mistletoes of North American conifers. Chapter 1. General Technical Report. Department of Agriculture. Ogden, USA. Pp. 1-8.

IUCN. 2017. The International Union for Conservation of Nature. Red List of Threatened Species. Version 2017-2: http://www.iucnredlist.org/ (consultado septiembre de 2017).

JSTOR. 2017. JSTOR Global Plants: https://plants.jstor.org/collection/TYPSPE (consultado septiembre de 2017).

Kuijt, J. 2009a. Monograph of *Psittacanthus* (Loranthaceae). Systematic botany monographs. Vol. 86. American society of plant taxonomists. Ann Harbor, USA. 361 pp.

Kuijt, J. 2009b. 58. Loranthaceae. Flora Mesoamericana 2(1): 1-15.

López-de Buen, L. y J. F. Ornelas. 1999. Frugivorous birds, host selection and the mistletoe *Psittacanthus schiedeanus*, in central Veracruz, México. Journal of Tropical Ecology 15(3): 329-340. DOI: https://dx.doi.org/10.1017/S0266467499000851

López-de Buen, L. y J. F. Ornelas. 2002. Host compatibility of the cloud forest mistletoe *Psittacanthus shiedeanus* (Loranthaceae) in central Veracruz, Mexico. American Journal of Botany 89(1): 95-102. DOI: https://dx.doi.org/10.3732/ajb.89.1.95

SEMARNAT. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación. Cd. Mx., México. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5173091&fecha=30/12/2010.

Standley, P. C. y J. A. Steyermark. 1946. Loranthaceae. Flora of Guatemala 24(4): 62-86.

Toledo, C. 1960. Loranthaceae. Flora of Panama 47(4): 263-359.

TROPICOS. 2017. Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. http://www.tropicos.org (consultado septiembre de 2017).

Vázquez C., I. y B. W. Geils. 2002. *Psittacanthus* in Mexico. In: Geils, B. W., J. C. Tovar y B. Moody (coords.). Mistletoes of North American conifers. Chapter 2. General Technical Report. Department of Agriculture. Ogden, USA. Pp. 9-18.

El uso ornamental de *Guarianthe skinneri* (Orchidaceae), en Chiapas y Guatemala, determina parcialmente su diversidad y estructura genética

Ornamental use of *Guarianthe skinneri* (Orchidaceae), in Chiapas and Guatemala, is partially responsible for its diversity and genetic structure

Ana Gabriela Coutiño-Cortés[1], Vincenzo Bertolini[1,6], Fredy Archila Morales[2, 3], Javier Valle-Mora[1], Leobardo Iracheta-Donjuan[4], Maricela García-Bautista[5], Lorena Ruiz-Montoya[5]

1 El Colegio de la Frontera, Unidad Tapachula, Chiapas, carretera antiguo aeropuerto km 2.5, 30700 Tapachula, Chiapas, México.
2 Estación Experimental de Orquídeas de Guatemala, 1 Av. 5-28 zona 1, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala.
3 Universidad de San Carlos de Guatemala, Campus central edificio T-10, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Escuela de Biología, Herbario BIGU, zona 12, Guatemala.
4 Instituto Nacional Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Rosario Izapa, km 18 de la carretera Tapachula a Cacahoatán, 30870 Tuxtla Chico, Chiapas, México.
5 El Colegio de la Frontera Sur, Unidad San Cristóbal de las Casas, carretera Panamericana s/n, Barrio de María Auxiliadora, 29200 San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México.
6 Autor para la correspondencia: vin.bertolini@gmail.com

Recibido: 18 de octubre de 2017.
Revisado: 13 de noviembre de 2017.
Aceptado: 11 de enero de 2018.
Primero en línea: 29 de mayo de 2018.
Publicado: 1 de julio de 2018.

Citar como:
Coutiño-Cortés, A. G., V. Bertolini, F. Archila Morales, J. Valle Mora, L. Iracheta Donjuan, M. García Bautista y L. Ruiz-Montoya. 2018. El uso ornamental de *Guarianthe skinneri* (Orchidaceae), en Chiapas y Guatemala, determina parcialmente su diversidad y estructura genética. Acta Botanica Mexicana 124: 35-48. DOI: 10.21829/abm124.2018.1303

DOI:
10.21829/abm124.2018.1303

Resumen:

Antecedentes y Objetivos: *Guarianthe skinneri* es una orquídea nativa de Chiapas, México, con distribución centroamericana, objeto de extracción y comercio ilícito; por esta razón, está catalogada como amenazada en la Norma Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. En la región del Soconusco (Chiapas, México) y Guatemala, se le denomina "Candelaria", debido a que su época de floración coincide con las fechas de la homónima virgen. En la ciudad de Tapachula (Chiapas, México), es común encontrar individuos de esta especie en los patios de domicilios particulares. El objetivo de este trabajo fue estimar la diversidad y estructura genética de *G. skinneri* a partir de muestras obtenidas de una población urbana de Tapachula y de su comparación con cinco poblaciones silvestres de Guatemala, para determinar el potencial de la población urbana como fuente de propágulos y averiguar si la distancia genética entre poblaciones se relaciona con la distancia geográfica que las separa.

Métodos: Como marcador genético se utilizó la variación nucleotídica en secuencias de dos regiones de ADN nuclear ribosomal (ITS 1-2 y ITS 3-4). Se concatenaron las secuencias y se obtuvieron los parámetros convencionales de diversidad y estructura genética.

Resultados clave: Se observaron poblaciones desde bajos hasta altos niveles de diversidad genética. Se registró un total de 38 haplotipos cuyo número entre poblaciones osciló entre 1 y 15. La diversidad haplotípica (Hd) estuvo entre 0 y 1, el número promedio de sitios polimórficos entre 0 y 165. La diversidad nucleotídica (p) y el número promedio de diferencias nucleotídicas muestran que Tapachula tuvo la mayor diversidad, seguida por poblaciones de Guatemala. La estructura genética fue moderada (F_{st}=0.083) y la distancia genética no se asoció con la distancia geográfica de las poblaciones.

Conclusiones: Los patrones de diversidad y estructura genética entre poblaciones se atribuyen a factores antropogénicos derivados de su uso ornamental, especialmente en la ciudad de Tapachula.

Palabras clave: Candelaria, conservación, especie amenazada, estructura poblacional, NOM-059-SEMARNAT-2010, orquídeas.

Abstract:

Background and Aims: *Guarianthe skinneri* is a native orchid from Chiapas, Mexico, with a Central American distribution, which is threatened by extraction and illegal trade. For this reason, it is classified as threatened in the Mexican rule NOM-059-SEMARNAT-2010. In the region of Soconusco (Chiapas, Mexico) and Guatemala, it is commonly called "Candelaria", because its flowering time coincides with the dates of the virgin of the same name. In Tapachula city (Chiapas, Mexico), it is common to find plants of this species in the courtyards of private gardens. The objective of this work was to estimate the diversity and genetic structure of *G. skinneri* from samples obtained from an urban population of Tapachula and from its comparison with five wild populations of Guatemala, in order to determine the potential of the urban population as a source of propagules and understand if genetic distance between populations could be related with the geographic distance that separates them.

Methods: Nucleotidic variation in sequences of two regions of ribosomal nuclear DNA (ITS 1-2 and ITS 3-4) was used as genetic marker. The sequences were concatenated obtaining the conventional parameters of diversity and genetic structure.

Key results: We observed populations with low and high genetic diversity. A total of 38 haplotypes were observed, whose number per population was between 1 and 15. Haplotidic diversity (Hd) was between 0 and 1, the average number of polymorphic sites was between 0 and 165. The nucleotidic diversity (p) and the average number of nucleotidic differences shows that Tapachula had the greatest diversity, followed by populations of Guatemala. The genetic structure was moderate (F_{st}=0.083) and the genetic distance was not associated with the geographic distance of the populations.

Conclusions: The diversity patterns and genetic structure between populations were attributed to anthropogenic factors derived from its ornamental use, especially in the city of Tapachula.

Key words: Candelaria, conservation, NOM-059-SEMARNAT-2010, orchids, population structure, threatened species.

Introducción

Guarianthe skinneri (Bateman) Dressler & W.E. Higgins es una orquídea nativa del sureste de México, con una distribución natural desde México hasta Panamá (Bertolini et al., 2016). En la región del Soconusco (Chiapas, México) se conoce con el nombre común de Candelaria, debido a que la época de floración de la planta coincide con la fecha de la fiesta de la Virgen de la Candelaria y se usa para adornar los altares ceremoniales. Esto también ocurre en Guatemala, donde miles de plantas son utilizadas anualmente para una festividad similar, principalmente en el municipio de Jacaltenango (Archila, obs. pers., 2016). Desde 1939, *G. skinneri* es oficialmente la flor nacional de Costa Rica, con el nombre común de Guaria Morada (Dobles, 1945).

En México, esta especie se ha registrado históricamente sólo en el estado de Chiapas, con una abundancia baja en la Reserva de la Biosfera El Triunfo y también en la Reserva de la Biosfera Volcán Tacaná (Damon, 2010). Actualmente resulta difícil verla de forma natural en los alrededores de la ciudad de Tapachula (Chiapas, México). De hecho, las poblaciones *G. skinneri* en el Soconusco se han reducido drásticamente por la extracción intensiva e ilegal de sus individuos, y por la disminución de su hábitat natural (Jiménez-Bautista, 2009; Damon, 2013). Por estas razones, *G. skinneri* está registrada como especie amenazada en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010).

Para diseñar planes adecuados de manejo de poblaciones para uso ornamental, y posibles programas de reintroducción, es importante entender la diversidad genética de las poblaciones presentes para incrementar nuestra capacidad de predicción a amplia escala y tomar decisiones de conservación bajo consideraciones genéticas y ecológicas (Broadhurst et al., 2017). Manejar el mayor nivel de variación en la formación artificial de poblaciones incrementa la probabilidad de que los esfuerzos de conservación tengan resultados favorables a largo plazo (decenas o cientos de generaciones) (Hamrick et al., 1991; Oyama, 1993). En este mismo sentido, la definición de escenarios de distribución histórica y potencial es conocimiento que fortalece cualquier medida de conservación de orquídeas, ya que ayuda a reconocer aquellas áreas que reúnen condiciones ambientales para el desarrollo de sus poblaciones (Bertolini et al., 2016).

Diversos estudios genéticos indican que las especies de la familia Orchidaceae mantienen poblaciones con cierto grado de aislamiento genético, debido a probables barreras geográficas o ecológicas, así como a diferentes presiones selectivas (Ávila-Díaz y Oyama, 2007; Pinheiro, 2012; Quiant et al., 2013). En especies como *G. skinneri*, los factores antropogénicos pueden tener un efecto de gran magnitud en sus niveles y patrones de diversidad, como se ha señalado para otros grupos de plantas (Vargas et al., 2006; Ávila-Díaz y Oyama, 2007; Piñero et al., 2008). Las estimaciones de la diversidad genética de poblaciones silvestres o en cautiverio pueden ser determinadas mediante herramientas moleculares que a su vez se basan en la variación nucleotídica de secuencias de ADN relativamente cortas o fragmentos de bajo número de pares de bases (pb), o en la variación del tamaño de proteínas, producto del ADN de los individuos. A partir de secuencias, expresiones proteícas o fragmentos, se obtienen las frecuencias genotípicas y alélicas, y con base en éstas se pueden obtener parámetros, acordes al tipo de marcador seleccionado, de diversidad genética y niveles de diferenciación entre poblaciones que pueden estar correlacionados con factores ecológicos de las especies. Por ejemplo, Ávila-Díaz y Oyama (2007), con base en las frecuencias alélicas enzimáticas, detectaron en *Laelia speciosa* (Kunth) Schltr. una alta homocigosidad (F_{is}=0.216), y un polimorfismo alto (74%) en comparación con otras familias vegetales como Asteraceae, Cucurbitaceae, Chenopodiaceae y Onagraceae, entre otras (Hamrick y Godt, 1990). Vargas et al. (2006) encontraron valores significativos de diferenciación (F_{st}=0.370) entre ocho poblaciones de *Myrmecophila christinae* Carnevali & Gómez-Juárez var. *christinae* de la Península de Yucatán, México. Qian et al. (2013) reportaron considerables niveles de diferenciación de las poblaciones de *Calanthe tsoongiana* Tang & F.T. Wang, una orquídea terrestre rara y endémica, nativa de China, con base en marcadores de

ISSR (Inter-Simple Sequence Repeat) (G_{st}=0.55), lo que indicó un reducido flujo genético entre sus poblaciones (N_m=0.408). Así mismo, Pinheiro et al. (2012) encontraron niveles altos de diferenciación entre las poblaciones de *Cattleya labiata* Lindl. (aproximadamente 15%).

Por lo anterior, la propagación con fines de reintroducción o de manejo de poblaciones para servicio ornamental debe considerar el origen y niveles de diversidad genética apropiados para los ambientes en consideración. En este sentido, determinar si las plantas de *G. skinneri* conservadas en los patios particulares de Tapachula (Chiapas) tienen niveles de diversidad similares a los de las poblaciones silvestres, en este caso de Guatemala, puede ser una forma de evaluar su potencial para ser empleadas como fuente de germoplasma, ya que pese a los esfuerzos dirigidos a la ubicación de poblaciones en la región del Soconusco (Chiapas), no se encontraron individuos de la especie (Bertolini, obs. pers., 2016), y por lo tanto el estudio se realizó sólo con muestras de la zona urbana de Tapachula y de áreas silvestres de Guatemala.

Los objetivos de nuestro estudio fueron: (1) evaluar la diversidad genética de la población urbana de *G. skinneri* conservada en los patios particulares de Tapachula y de poblaciones silvestres de Guatemala, para determinar su potencial como fuente de propágulos de uso ornamental y su posible reintroducción cuando se tenga certeza del origen de los individuos, y (2) estimar la estructura genética de las poblaciones estudiadas y si el nivel de diferenciación está directamente relacionada con la distancia geográfica que las separa. La información generada es útil para valorar si las poblaciones urbanas de Tapachula son aptas para ser empleadas como fuente de germoplasma, para el diseño de cruzas que generen propágulos con una suficiente variabilidad genética, e idónea para establecer un manejo sustentable de plantas útiles para ornato, y con ello contribuir a la reducción de la extracción clandestina de las poblaciones silvestres remanentes. También puede llegar a diseñarse un programa de reintroducción en el medio natural una vez que se conozca su procedencia y se valore su adaptabilidad al sitio destino.

Materiales y Métodos

Muestreo

Se colectaron 30 pseudobulbos con hojas a partir de individuos distintos y sanos de *Guarianthe skinneri,* procedentes de domicilios particulares de la ciudad de Tapachula (Chiapas, México), procurando que fuesen suficientemente distantes entre sí (1000 m de distancia mínima) (Cuadro 1), para disminuir la probabilidad de que fueran individuos emparentados. Este conjunto de individuos se consideró como una población. En Guatemala, se eligieron cinco localidades (Escuintla, Huehuetenango, Jutiapa, Mazatenango, Santa Rosa) para la colecta del material vegetal, considerando el conjunto de individuos de cada localidad como una población distinta (Cuadro 1). En total para Guatemala se obtuvieron 40 pseudobulbos con hoja.

Para la selección e individuación de poblaciones silvestres de la especie objeto de estudio en Guatemala, se escogieron los sitios de colecta con base en el patrón de distribución del nicho ambiental reportado por Bertolini et al. (2016), en áreas con alta probabilidad de presencia de nicho ambiental (Fig. 1).

Una vez seleccionadas las localidades, constatada *in situ* la presencia de hábitat favorable y de poblaciones de la especie, previo permiso de la comunidad rural, se llevó a cabo la colecta con procedimientos de disección de un pseudobulbo con hoja, con el menor daño físico posible a las plantas madres, dejando esa última en su forofito original.

Extracción y amplificación de ADN

El ADN genómico se extrajo de fragmentos de hojas frescas, con el kit de extracción DNeasy Plant Mini Kit de QIAGEN® (QIAGEN Inc., Valencia, CA, USA) y con el método convencional de extracción en plantas CTAB 2Xmercaptoetanol (Doyle y Doyle, 1987) con modificaciones.

Se ensayó la amplificación de ADN nuclear ribosomal (ITS, internal transcibed spacer): ITS 1 (TCCGTAGGTGAACCTGCGG) -2 (GCT-

Cuadro 1: Ubicación geográfica, altitud y ambiente general de los sitios de colecta de pseudobulbos y hojas de *Guarianthe skineri* (Bateman) Dressler & W.E. Higgins. * Variables contemporáneas (current 1950-2000) de Worldclim (Hijmans et al., 2005). ** bosque seco subtropical (bs-S), bosque muy húmedo (bmh-S), bosque húmedo subtropical (bh-S). Número de individuos=N.

Localidad		N	Latitud (° sexagesimales)	Longitud (° sexagesimales)	Altitud (m s.n.m.)	Temp. promedio anual (°C)*	Ambiente**
México	Guatemala						
Tapachula	-	30	14°53'28.34"N	92°16'15.74"O	135	26.7	urbano
-	Escuintla	9	14°16'35.94"N	90°48'47.80"O	248	26.6	bh-S
-	Huehuetenango	15	15°17'56.91"N	91°28'28.20"O	1834	16.9	bs-S
-	Jutiapa	5	14°10'11.62"N	89°54'47.07"O	847	24.4	bmh-S
-	Mazatenango	5	14°31'40.45"N	91°30'12.25"O	386	26.2	bh-S
-	Santa Rosa	6	14°10'55.33"N	90°21'45.24"O	596	24.9	bmh-S

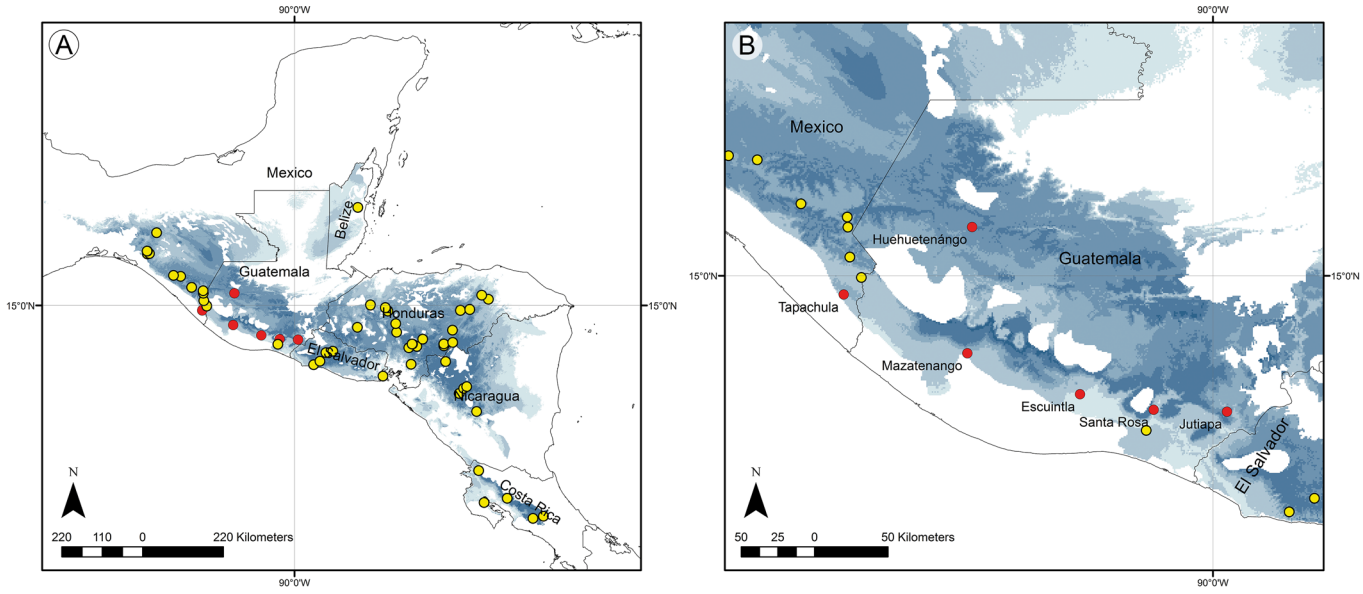


Figura 1: Registros históricos de *Guarianthe skinneri* (Bateman) Dressler & W.E. Higgins, a lo largo de Centroamérica (color amarillo). Modelación de su nicho ambiental (modelo logístico, gradiente de azul) y elección de los sitios de colecta (color rojo), coherentemente con la distribución del nicho ambiental potencial de la especie (fuente: Bertolini et al., 2016). Al azul más oscuro corresponden probabilidades más altas que se presenten las condiciones ambientales óptimas. A. distribución global; B. distribución local relativa a las colectas.

GCGTTCTTCATCGATGC), e ITS 3 (GCATCGATGAAGAACGCAGC) -4 (TCCTCCGCTTATTGATATGC) para todas las muestras (White et al., 1990). Se eligió este marcador debido a que es una región del ADN nuclear, por lo que su herencia es biparental y casi universal para plantas, es de bajo costo y relativamente rápido de obtener (Álvarez y Wendel, 2003). El protocolo de amplificación constó de una desnaturalización inicial de 95 ºC por 3 min, seguida por 35 ciclos con una desnaturalización de 95 ºC por 30 s, una temperatura de alineamiento de 57 ºC para el ITS 1-2, 52 ºC para el ITS 3-4 por 30 s y una extensión de 72 ºC por 2 min; la extensión final se dio a 72 ºC por 10 min (White et al., 1990).

Cada reacción tuvo un volumen final de 39 µl, de los cuales 33 µl fueron de solución Master Mix (PROMEGA), 2 µl de cada primer a 2 mM, y 2 µl de ADN a 20 ng/µl. Los productos de las reacciones de PCR fueron visualizados mediante electroforesis en geles de agarosa a 2%, teñidos con bromuro de etidio y observados con luz UV con la ayuda de un marcador control (Ladder) de 100 pares de bases (pb) y el software Kodak 1D Image Analysis v. 3.6 (Eastman Kodak Company, 1998-2002).

Se realizó la secuenciación de cada muestra amplificada en Macrogen Inc. (Seúl, Corea del Sur), mediante el método de secuenciación por Electroforesis Capilar (Sanger), utilizando el kit de secuenciación ABI PRISM BigDye ®TM Terminator Cycle Sequencing Kit (Applied Biosystems, Foster city, EUA) y el secuenciador ABI PRISM 3730XL14-20139-001 Analyzer KB 1.4.0. 96 capillary type (Applied Biosystems, Foster city, EUA). La extracción y amplificación se realizó por dos ocasiones para corroborar las secuencias y disminuir errores de obtención del genotipo de cada individuo.

Análisis de diversidad y estructura genética

Una vez revisadas y editadas las secuencias se obtuvieron los estimadores de diversidad considerando un modelo de sustitución de bases de Kimura 2-parámetro (K2P), por ser el modelo evolutivo más simple para explicar la mayoría de los sitios polimórficos que son producto de la mutación; su fijación es esencialmente por deriva genética, y a su vez es una estimación de la divergencia entre pares de secuencias (Kimura, 1980; Hedrick, 2000). Las secuencias fueron editadas con el programa Chromas v. 2.4.4 (McCarthy, 1998-2016) y comparadas en la base internacional GenBank NCBI (National Resource for Molecular Biology information) para confirmar la veracidad de los resultados. El alineamiento se realizó con el programa Clustal_X v. 2.1 (Thompson et al., 1997). Los parámetros de diversidad genética se obtuvieron mediante el programa DNaSP v. 5 (Librado y Rozas, 2009) y fueron: sitios polimórficos (s), que corresponden a sitios en donde las secuencias difieren; diversidad de nucleótidos (π), que es el número de nucleótidos diferentes por sitio entre dos secuencias tomadas al azar; media de diferencias nucleotídicas (K), es el número total de posiciones segregantes en un grupo de secuencias; número de haplotipos (h); variación nucleotídica por secuencia (q), que es la probabilidad de que dos muestras tomadas al azar difieran en una posición particular del genoma y diversidad haplotípica (Hd), que indica el polimorfismo dado por cambios nucleotídicos en la región analizada (Kimura, 1980; Nei y Gojobori, 1986; Castillo-Cobián, 2007; Arboleda, 2008).

Para evaluar la historia poblacional de cada especie se realizó la prueba de Tajima (1989) (D), la cual compara la diversidad nucleotídica (π) y la variación nucleotídica por secuencia (q). Si D es negativa, θ posee un valor mayor que π, lo que indica la presencia de mutaciones deletéreas (Tajima, 1983). En cambio, si D resulta ser positiva quiere decir que π tiene un mayor valor que θ, lo que sugiere que algunos alelos se encuentran bajo selección positiva (por ejemplo, selección balanceadora), incrementando así sus frecuencias (Tajima, 1983). Si D es igual a cero se infiere que no existe diferencia entre ambos estimadores y por tanto se encuentran en equilibrio neutral (Tajima, 1989).

Para reconocer si hay estructura o diferenciación genética de las poblaciones estudiadas, se obtuvieron los índices de fijación equivalentes a F_{st}, F_{is} y F_{it} de Wright (1951). F_{st} es una estimación de la diferenciación entre poblaciones, F_{is} puede ser interpretado como el nivel de endogamia de los individuos con respecto a la población analizada, y el F_{it} endogamia de los individuos con respecto a la muestra total. Estos estimadores se obtuvieron a partir de un Análisis de Varianza Molecular (AMOVA), usando el software Arlequín v. 3.1 (Excoffier et al., 2005), con 1023 permutaciones. Con la finalidad de visualizar la posible estructuración de las poblaciones se realizó un análisis de agrupación de las poblaciones o localidades por el método de Neighbour Joining (NJ) y una red de haplotipos en el programa PAUP ver. 4.0a147 (Swofford, 2003) y en TCS ver. 1.21 (Clement et al., 2000), respectivamente. Para establecer la posible relación entre la estructura genética y la distancia geográfica que las separa, se hizo una correlación de la distancia genética Kimura 2-parámetro entre pares de poblaciones contra la distancia

euclidiana (a partir de las coordenadas geográficas), equivalente a la distancia geográfica lineal entre poblaciones. Si la distancia geográfica influye en la diferenciación entre pares de poblaciones, entonces la distancia genética varía en función directa de la distancia geográfica que separa a las poblaciones (Slatkin, 1994). La correlación se hizo empleando el programa R 3.4.0 (Fox, 2005, 2007; R Core Team, 2017).

Resultados

Diversidad genética

De las 70 muestras colectados (30 de Tapachula y 40 de Guatemala) se logró extraer ADN de 25 muestras de Tapachula y 38 de Guatemala, se pudo amplificar la región ITS 1-2 y ITS 3-4 en 54 muestras (19 de Tapachula y 35 de Guatemala), por lo que el análisis genético se basó en 54 secuencias de 587 pb. Se encontraron 184 sitios polimórficos y 217 mutaciones. Se observaron en total 38 haplotipos. El número (H) de haplotipos varió entre 1 (Mazatenango, Guatemala) y 15 (Tapachula, México); en consecuencia, se obtuvo un intervalo amplio de diversidad haplotídica (Hd) que fue 0 para Mazatenango y 1 para Santa Rosa (Guatemala) que en cada individuo mostró una secuencia de ADN única (Cuadro 2). La diversidad con base en número promedio de sitios distintos o polimórficos (s) estuvo entre 0 y 165, que corresponde a Mazatenango y Tapachula, respectivamente. La diversidad nucleotídica (p) y el número promedio de diferencias nucleotídicas muestran la misma tendencia, evidenciando que Tapachula posee la mayor diversidad, seguida por Huehuetenango, Santa Rosa, Jutiapa, Escuintla y Mazatenango, con 0 de diversidad (Cuadro 2). Se obtuvieron valores negativos de D-Tajima no significativos para cada una de las poblaciones, lo que no permite descartar procesos evolutivos aleatorios ni selectivos (Cuadro 2).

Cuadro 2: Diversidad genética de poblaciones de *Guarianthe skinneri* (Bateman) Dressler & W.E. Higgins, de las localidades de Tapachula y Guatemala. Número de muestras=N, número de haplotipos=H, diversidad haplotípica=Hd, sitios polimórficos=s, diversidad de nucleótidos=π, media de diferencias nucleotídicas=K, prueba de Tajima=D. No significativo=NS.

Localidad	N	H	Hd	s	π	K	D
Tapachula	19	15	0.97	165	0.050	33.07	-1.69^{NS}
Escuintla	4	2	0.50	1	0	0.5	-0.61^{NS}
Huehuetenango	15	13	0.97	87	0.040	28.4	-0.16^{NS}
Jutiapa	5	2	0.60	1	0.001	0.6	1.22^{NS}
Mazatenango	5	1	0	0	0	0	-
Santa Rosa	6	6	1	49	0.030	20.06	-0.65^{NS}

Estructura genética

El Análisis de Varianza Molecular (AMOVA) mostró que la mayor variación genética se encuentra dentro de las poblaciones (91.71%), entre las poblaciones fue de 8.29% (Cuadro 3).

El estimador de diferenciación genética reveló 8% de diferenciación entre poblaciones (F_{st}=0.083), así como niveles importantes de endogamia de los individuos con respecto a las subpoblaciones (F_{is}=0.145) o a la muestra total (F_{it}=0.099).

Cuadro 3: Análisis de varianza molecular (AMOVA) en *Guarianthe skinneri* (Bateman) Dressler & W.E. Higgins, con el modelo Kimura 2-parámetro.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Componentes de varianza	% de variación	g.l.
Entre poblaciones	110.42	1.143	8.29	5
Dentro de las poblaciones	607.21	12.65	91.71	48
	717.62	13.79		

Se obtuvieron dos redes de haplotipos, una formada por sólo dos haplotipos y otra con 17 haplotipos. No se ubicaron en ninguna de las redes 10 haplotipos de Huehuetenango, ocho de Tapachula y tres de Santa Rosa (Fig. 2). El haplotipo basal de la red más grande (15 haplotipos) se colectó en Tapachula, de la cual se derivan los haplotipos observados en Jutiapa, Santa Rosa y Escuintla (Fig. 2), mientras que Mazatenango tuvo un solo haplotipo, el cual es el mismo que el basal de Tapachula. Al contrario, el análisis de agrupación por NJ mostró una relación genética entre las poblaciones de Escuintla, Jutiapa y Mazatenango, por un lado, y entre Huehuetenango y Santa Rosa por otro; Tapachula aparece de forma más distante genéticamente (Fig. 3). El análisis de correlación no evidenció una relación entre la distancia genética y geográfica (Fig. 4).

Discusión

Se observaron niveles de diversidad desde nulos hasta altos (p entre 0 y 0.05) en las poblaciones de *Guarianthe skinneri.* La estructura genética fue moderada (8% de divergencia entre poblaciones), debido a una probable reproducción endogámica en sus poblaciones silvestres, así como por su movilización para su utilización como planta de ornato en jardínes privados de Tapachula, y en festividades religiosas tanto en Chiapas como en Guatemala, lo que facilita el flujo de genes, de manera que la distancia geográfica y las barreras físicas entre poblaciones sólo tuvieron impacto entre las poblaciones de Tapachula, Huehuetenango y Mazatenango.

Los patrones de baja diversidad y una estructura de moderada a alta en las poblaciones silvestres de Guatemala son consistentes con lo observado en otras especies de orquídeas, como *Calanthe tsoongiana* (Qian et al., 2013). Es interesante que la población urbana de Tapachula presentara altos niveles de diversidad y que contenga el haplotipo basal de una de las redes de haplotipos; esto puede ser debido a que los individuos muestreados pueden tener un origen poblacional diverso. Este dato es alentador en el sentido de que la población urbana representa un reservorio de germoplasma y puede ser fuente de propágulos para programas de comercialización y/o cultivo en invernaderos de aquellos individuos, que incluyan las características más sobresalientes o de más calidad estética. Es claro que la diversidad evaluada de la población del centro urbano es un resultado que debe ser tomado con reserva, ya que se trata de una población artificial y probablemente es el resultado de colecta y/o comercio clandestino. Es posible que esta diversidad sea el efecto de colectas e introducciones de germoplasma procedente de

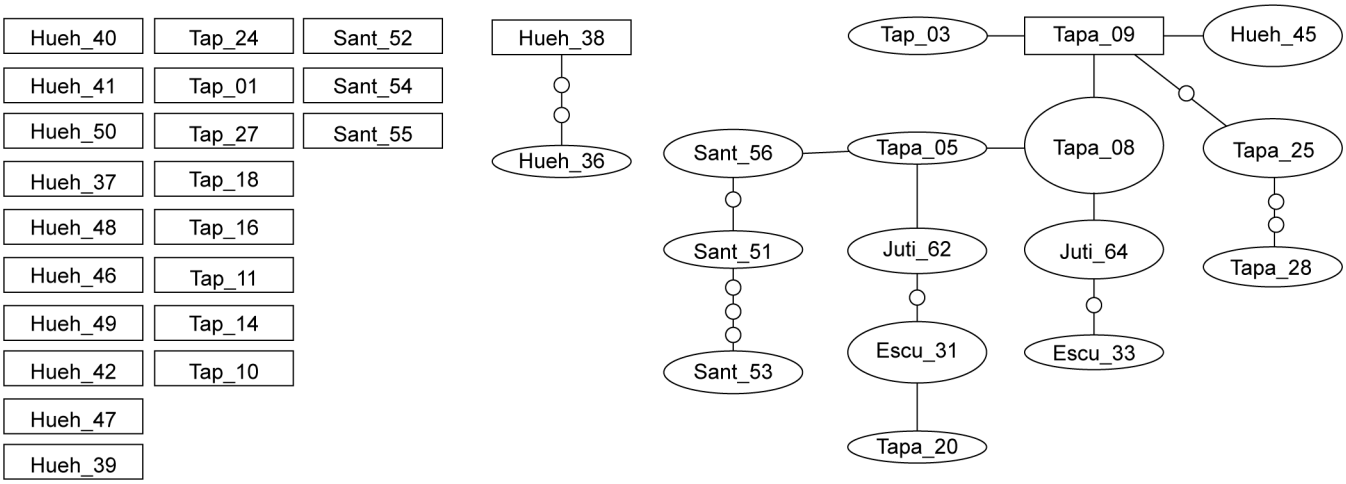


Figura 2: Red de haplotipos de *Guarianthe skinneri* (Bateman) Dressler & W.E. Higgins, colectados en Tapachula (México) y en las localidades Guatemaltecas de Escuintla, Huehuetenango, Jutiapa y Santa Rosa.

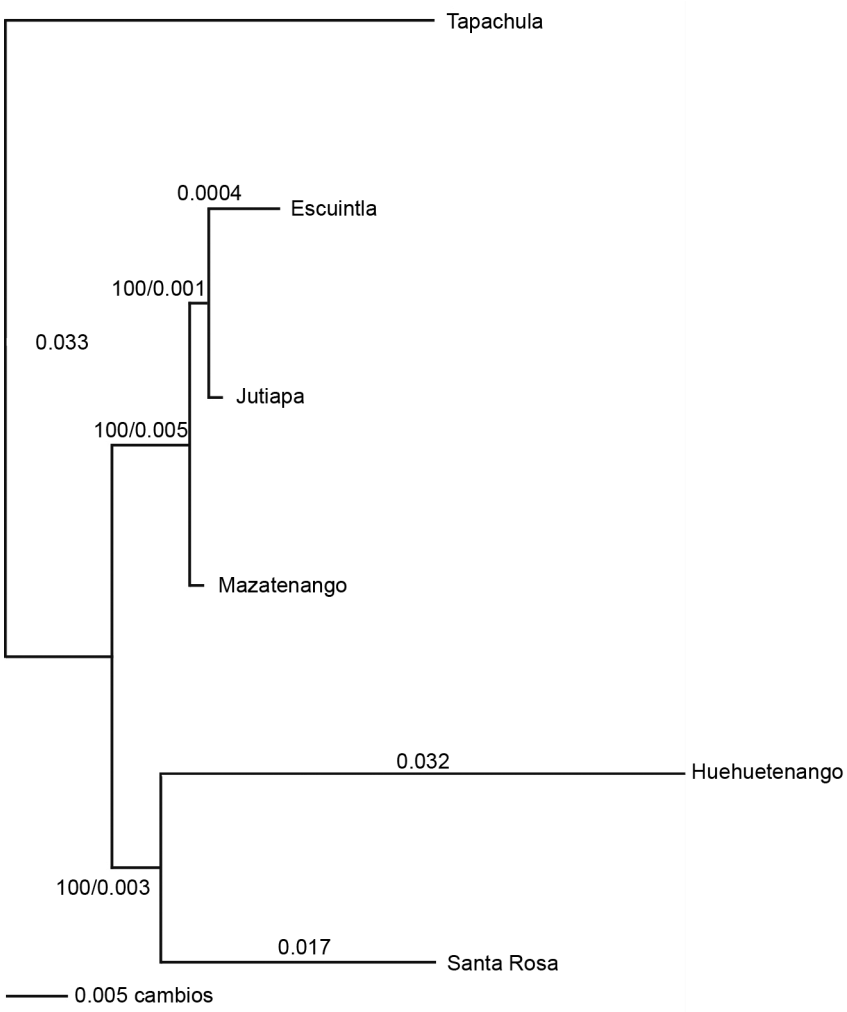


Figura 3: Resultado del análisis de agrupación con el método de Neighbour Joining (NJ) con base en las distancias genética Kimura 2-parámetro de poblaciones de *Guarianthe skinneri* (Bateman) Dressler & W.E. Higgins, de Chiapas (Tapachula, México) y Guatemala (Escuintla, Huehuetenango, Jutiapa, Mazatenango, Santa Rosa).

diferentes áreas geográficas, en décadas diferentes. *Guariante skinneri* tiene un valor ceremonial en Mesoamérica. Considerando que el Soconusco es una región que ha sido habitada por la etnia mam, es posible que *G. skinneri* haya sido empleada ornamentalmente y para algún tipo ceremonial en épocas anteriores a la colonización española. Según de la Cerda (1940), los mames se constituyeron de poblaciones asentadas en la Huasteca potosina y veracruzana que llegaron a colonizar el Soconusco durante los siglos III y IV. Se sabe que las poblaciones prehispánicas en México apreciaban y empleaban las orquídeas como flores ceremoniales (Halbinger y Soto, 1997; Hágsater et al., 2005). Es probable, por lo tanto, que estas costumbres hayan trascendido la colonización y la evangelización católica realizada por los españoles durante la conquista y que permanezca hasta la actualidad con el empleo de flores de *G. skinneri* para la fiesta católica de la Virgen de la Candelaria, tanto en México (en Tuxtla Chico, a unos cuantos kilómetros de la ciudad de Tapachula) como en Guatemala. Este fenómeno antrópico explicaría en parte el porqué de una baja diferenciación entre las poblaciones y al mismo tiempo una alta diversidad en poblaciones artificiales como el caso de Tapachula. Además, la influencia del fenómeno migratorio actual entre los países de

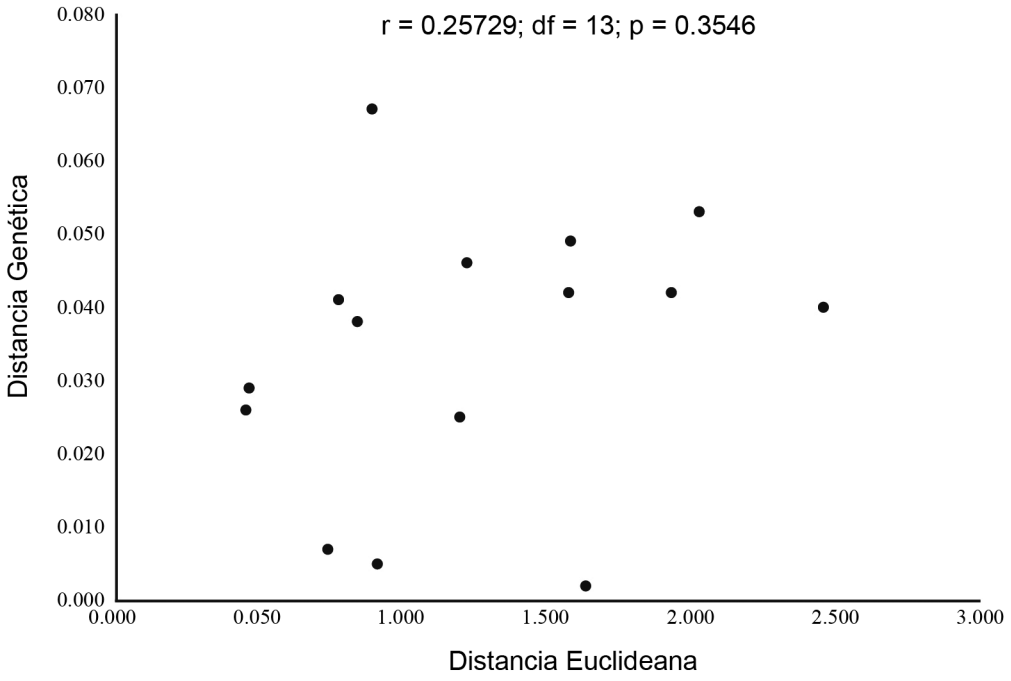


Figura 4: Análisis de correlación entre la distancia genética y geográfica (expresada en distancia Euclideana; Fc=0.9216; g.l.=1.13; p=0.3546) de poblaciones de *Guarianthe skinneri* (Bateman) Dressler & W.E. Higgins.

Centroamérica y México puede jugar un rol importante en la configuración de la diversidad y estructura genética de *G. skinneri* en la población artificial de la ciudad mencionada.

Asimismo, los datos muestran menos diversidad en las poblaciones de Guatemala que en la de Tapachula, al grado de observar un solo haplotipo en una población de Guatemala, lo cual probablemente puede ser el resultado del tamaño de muestra (García-Bautista et al., 2014) o que estas poblaciones se hayan originado a partir de uno o pocos genotipos. Aunque el estimador D-Tajima fue no significativo, de cualquier manera, se considera que la expansión demográfica de *G. skinneri* es reciente y que su diversidad genética responde a eventos principalmente aleatorios, sin un claro efecto de la selección natural (Tajima, 1983). Por lo anterior, se puede concluir que la diversidad y diferenciación entre poblaciones son aleatorias y asociadas en parte al manejo y uso de la flor. La reducción de las poblaciones por las modificaciones del hábitat o por la sustracción de individuos conduce a un riesgo de endogamia (Pinheiro et al*.,* 2012) que es probable en *G. skinneri*, dado los valores de F_{is} y F_{it} observados. Además, la endogamia a su vez incrementa la probabilidad de expresión de genes deletéreos, con lo que la población se reduce en cada generación hasta llegar a un punto de riesgo de extinción. Es deseable un seguimiento de las poblaciones y estimaciones de la adecuación de los organismos muestreados para determinar apropiadamente el potencial evolutivo y viabilidad de las poblaciones.

Encontramos una baja diferenciación entre poblaciones que no pudo ser atribuida a la distancia geográfica. El nivel de diferenciación entre poblaciones de *G. skinneri* (8%), está por debajo de lo observado en otras poblaciones de orquídeas; por ejemplo, Brzosko et al. (2013) reportan una diferenciación genética de 6% en *Goodyera repens* (L.) R. Br.; en contraste, Pillon et al. (2007) reportan alta diferenciación genética significativa entre poblaciones de *Liparis loeselii* (L.) Rich. (F_{st}=0.382). El valor de F_{st} para *G. skinneri* sugiere un flujo genético que puede ser producto del movimiento

realizado por el humano, al ser esta especie de interés como planta de ornato o también es posible que se trate de poblaciones formadas por los mismos genotipos, como es el caso de la población de Mazatenango que tuvo un solo haplotipo y éste se comparte con la muestra de Tapachula. El flujo génico encontrado en la orquídea *Cymbidium sinense* (Jacks.) Willd. fue de 2.4, e indica que el flujo de genes entre poblaciones que habitan las seis regiones que fueron muestreadas fue suficiente para evitar la diferenciación poblacional (Lu et al., 2011). La falta de una estructura con relación a la distancia que separa las poblaciones reveladas por el análisis de correlación parece común entre orquídeas. Qian et al. (2013) no observaron una correlación significativa entre las distancias genéticas y distancias geográficas en las poblaciones de colecta de la orquídea *Calanthe tsoongiana*. Asimismo, Smith et al. (2002) encontraron que la distancia genética entre poblaciones de *Tipularia discolor* (Pursh) Nutt. no se correlacionó significativamente con la distancia geográfica. La falta de correlación entre la distancia genética y la distancia geográfica en *G. skinneri* puede deberse a la dificultad de obtener un mayor número de poblaciones a lo largo de la escala geográfica considerada (la máxima distancia entre las poblaciones fue de 308.5 km).

Es posible que la estructura genética de *G. skinneri* observada tenga relación con la distribución geográfica, en tanto que las poblaciones de Guatemala tienen mayor semejanza genética en el análisis de NJ y Tapachula aparece como la más distante. Posiblemente si se plantean estudios con un mayor número de poblaciones y considerando todo el intervalo de distribución de la especie, se obtengan patrones más claros de estructura y sus causas, incluyendo las poblaciones que se conservan en jardines privados de ciudades en Guatemala y/o Costa Rica.

Una diferenciación escasa con bajos y moderados niveles de diversidad es un patrón que puede ser común para algunas orquídeas, atribuido a sus limitaciones de dispersión y reproducción (Pinheiro et al., 2012; Alamillo-Vásquez, 2013). Nuestros resultados sugieren que los factores antropogénicos pueden tener un efecto mayor sobre la diversidad y estructura genética de las poblaciones que los de tipo ecológico. La extracción indiscriminada de *G. skinneri* en las áreas silvestres de los alrededores de Tapachula ha reducido enormemente el número de individuos nativos, a tal grado que hoy en día es difícil observar poblaciones silvestres en los alrededores de la ciudad (Bertolini, obs. pers.). A pesar de la fuerte presión antrópica, la diversidad genética poseída por la población urbana de *G. skinneri* ha resultado ser altamente variada comparativamente con las poblaciones silvestres. Una resistencia similar se ha observado en poblaciones de *Laelia speciosa* en la cuenca de Cuitzeo en Michoacán (México), que pese a la extracción masiva mantiene un tamaño efectivo poblacional, diversidad alélica y una heterocigosidad moderada (Rojas-Méndez et al., 2017).

Conclusiones

Los resultados sugieren que, a pesar de la alta presión antrópica ejercida en la especie en cuestión, la comercialización ilegal de esta planta en la ciudad de Tapachula ha incrementado la diversidad genética en esta población. Este estudio ofrece una base sólida para sugerir una propagación *in vitro* de *G. skinneri* (Coutiño-Cortés et al., 2017), utilizando como individuos fuente a la población establecida en los jardines particulares de Tapachula, con fines de cultivo intensivo en invernaderos controlados y su uso sustentable, para bajar la presión antrópica sobre las poblaciones silvestres.

Cabe mencionar que este estudio no justifica ni pretende fomentar la colecta y venta ilegal *G. skinneri*, ni de otras orquídeas u otros organismos amenazados. En contraste, se resalta que los resultados señalan que hay posibilidades biológicas para la formación de invernaderos de cultivo para la especie, con una gran diversidad genética, para seleccionar a los mejores genotipos. Tapachula es un lugar con condiciones ambientales propias del nicho ambiental de *G. skinneri*, razón por la cual, a pesar del estrés de la colecta, las plantas han podido encontrar un ambiente favorable en los patios particulares y recuperar su vigor. Frente a este raro caso de éxito de conservación involuntario, hay decenas de otras especies de orquídeas

que son traídas de altitudes mayores y por lo tanto de climas distintos, de tal manera que se conducen ineludiblemente a su muerte.

Contribución de autores

VB, FAM y LRM concibieron y diseñaron el estudio. AGC realizó los análisis. AGC, JVM, LID, MGB contribuyeron a la adquisición de datos y a su interpretación. AGC, VB, MGB y LRM escribieron el manuscrito con la ayuda de los otros integrantes del grupo de trabajo. Todos los autores contribuyeron a la discusión, revisión y aprobación del manuscrito final.

Financiamiento

Este estudio fue apoyado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (México), otorgando una beca (número de becario: 307907) a AGC para estudios de maestría.

Agradecimientos

Se agradece a todas las personas que han dado acceso a sus patios para recaudar el material vegetal de la urbe y a aquellas de los poblados cercanos a los sitios de colecta silvestre, por su amabilidad y disposición.

Literatura citada

Alamillo-Vásquez, J. A. 2013. Evaluación de la estabilidad genética de *Laelia anceps* subsp. *dawsonii* Rolfe propagada *in vitro* utilizando marcadores moleculares RAPD. Tesis de licenciatura. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México. 52 pp.

Álvarez, I. y J. F. Wendel. 2003. Ribosomal ITS sequences and plant phylogenetic inference. Molecular Phylogenetics and evolution 29(3): 417-434. DOI: https://doi.org/10.1016/s1055-7903(03)00208-2

Arboleda, B. C. E. 2008. Polimorfismo y divergencia en genes implicados en la resistencia al frío en *Drosophila*. Tesis de doctorado. Universitat de Barcelona. Barcelona, España. 221 pp.

Ávila-Díaz, I. y K. Oyama. 2007. Conservation genetics of an endemic and endangered epiphytic *Laelia speciosa* (Orchidaceae). American Journal of Botany 94(2): 184-193. DOI: https://doi.org/10.3732/ajb.94.2.184

Bertolini, V., A. Damon y C. Ibarra-Cerdeña. 2016. Atlas de las orquídeas del Soconusco: modelos digitales de nichos ambientales entre Centro y Sudamérica. El Colegio de la Frontera Sur. Tapachula, México. 56 pp.

Broadhurst, L., M. Breed, A. Lowe, J. Bragg, R. Catullo, D. Coates, F. Encinas-Viso, N. Gellie, E. James, S. Krauss, B. Potts, M. Rossetto, M. Shepherd y M. Byrne. 2017. Genetic diversity and structure of the Australian flora. Diversity and Distributions 23(1): 41-52. DOI: https://doi.org/10.1111/ddi.12505

Brzosko, E., A. Wroblewsks, E. Jermakowicz y A. Hermaniuk. 2013. High level of genetic variation within clonal orchid *Goodyera repens*. Plant Systematics and Evolution 299(8): 1537-1548. DOI: https://doi.org/10.1007/s00606-013-0817-7

Castillo-Cobián, A. 2007. La selección natural a nivel molecular. In: Eguiarte, L. E., V. Souza y X. Aguirre (eds.). Ecología molecular. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Instituto Nacional de Ecología (INE), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México, D.F., México. Pp. 11-48.

Clement, M., D. Posada y K. A. Crandall. 2000. TCS: a computer program to estimate gene genealogies. Molecular Ecology 9(10): 1657-1660. DOI: https://doi.org/10.1046/j.1365-294x.2000.01020.x

Coutiño-Cortés, A. G., V. Bertolini, L. Iracheta-Donjuan, L. Ruiz-Montoya y J. F. Valle-Mora. 2017. In vitro callogenesis induction of *Guarianthe skinneri* (Bateman) Dressler & W.E. Higgins (Orchidaceae). Acta Agronómica 66(2): 254-259. DOI: https://doi.org/10.15446/acag.v66n2.57982

Damon, A. 2010. Diversidad y conservación de las orquídeas del corredor biológico Tacaná-Boquerón. Proyecto CHIS-2006-C06-45802. 2007-2010. Informe final. Consejo Nacional de Ciencia y Tencnología (CONACyT), Fondos Mixtos-Chiapas. Chiapas, México.

Damon, A. 2013. Conservation status and strategies for the preservation of orchids in the Soconusco region of

southeast Mexico. Lankesteriana 13(1-2): 27-31. DOI: https://doi.org/10.15517/lank.v0i0.11530

de la Cerda, S. R. 1940. Los Mames. Revista Mexicana de Sociología 2(3): 61-100.

Dobles, S. L. 1945. La Guaria Morada. La flor nacional de Costa Rica. Revista del Instituto de Defensa del Café de Costa Rica 15(127): 315-320.

Doyle, J. J. y J. L. Doyle. 1987. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. Phytochemistry Bulletin 19(1): 11-15.

Eastman Kodak Company. 1998-2002. KODAK ID Image Analysis Software v. 3.6. Scientific Imaging Systems Rochester. New York, USA. 14650.

Excoffier, L., G. Laval y S. Schneider. 2005. Arlequin (version 3.0): An integrated software package for population genetics data analysis. Evolutionary Bioinformatics 1: 47-50. DOI: https://doi.org/10.1177/117693430500100003

Fox, J. 2005. The R Commander: A basic statistics graphical user interface to R. Journal of Statistical Software 14(9): 1-42. DOI: https://doi.org/10.18637/jss.v014.i09

Fox, J. 2007. Extending the R Commander by "plug in" packages. R News 7(3): 46-52.

García-Bautista, M., M. T. Pérez-Gómez y L. Ruiz-Montoya. 2014. Diversidad genética de especies de árboles plantados en el Cerrito de San Cristóbal. In: Ruiz-Montoya, L. (ed.). Diversidad biológica y enriquecimiento florístico del Cerrito de San Cristóbal. El Colegio de la Frontera Sur. San Cristóbal de las Casas, México. Pp. 123-146.

Hágsater, E., M. A. Soto-Arenas, G. A. Salazar Chávez, R. Jiménez Machorro, M. A. Lopéz-Rosas y R. L. Dressler. 2005. Orchids of Mexico. Instituto Chinoín. Cd. Mx., Mexico. 304 pp.

Halbinger, F. y M. Soto. 1997. Laelias of Mexico. Orquídea (Méx.) 15: 1-160.

Hamrick, J. L. y M. J. W. Godt. 1990. Allozyme diversity in plant species. In: Brown, A. H. D., M. T. Clegg, A. L. Kahler y B. S. Weir (eds.). Plant population genetics, breeding, and genetic resources. Sinauer Associates, Inc. Sunderland, USA. Pp. 43-63.

Hamrick, J. L., M. J. W. Godt, D. A. Murawsky y M. D. Loveless. 1991. Correlations between species traits and allozyme diversity: implications for conservation biology. In: Falk, D. A. y K. E. Holsinger (eds.). Genetics and conservation of rare plants. Oxford University Press. Oxford, UK. Pp. 75-86.

Hedrick, P. W. 2000. Genetics populations. 2a ed. Jones and Bartlett Publishers. Sudbary, USA. 553 pp.

Hijmans, R. J., S. E. Cameron, J. L. Parra, P. G. Jones y A. Jarvis. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. International Journal of Climatology 25(15): 1965-1978. DOI: https://doi.org/10.1002/joc.1276

Jiménez-Bautista, L. 2009. Diversidad de la familia Orchidaceae en el Corredor Boquerón-Tacaná, Chiapas. Tesis de licenciatura. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Oaxaca, México. 124 pp.

Kimura, M. 1980. A simple method for estimating evolutionary rate of base substitution through comparative studies of nucleotide sequences. Journal of Molecular Evolution 16(2): 111-120. DOI: https://doi.org/10.1007/BF01731581

Librado, P. y J. Rozas. 2009. DnaSP V5: a software for comprehensive analysis of DNA polymorphism data. Bioinformatics 25(11): 1451-1452. DOI: https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btp187

Lu, J., X. Hu, J. Liu y H. Wang. 2011. Genetic diversity and population structure of 151 *Cymbidium sinense* cultivars. Journal of Horticulture and Forestry 3(4): 104-114.

McCarthy, C. 1998-2016. Chromas Version 2.4.4. School of Health Science, Griffith University. Queensland, Australia.

Nei, M. y T. Gojobori. 1986. Simple methods for estimating the numbers of synonymous and non-synonymous nucleotide substitutions. Molecular Biology and Evolution 3(5): 418-426. DOI: https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.molbev.a040410

Oyama, K. 1993. Conservation biology of tropical trees: demographic and genetic considerations. Environment Update 1: 17-32.

Pillon, Y., F. Qamaruz-Zaman, M. F. Fay, F. Hendoux y Y. Piquot. 2007. Genetic diversity and ecological differentiation in the endangered fen orchid (*Liparis loeselii*). Conservation

Genetics 8(1): 177-184. DOI: https://doi.org/10.1007/s10592-006-9160-7

Pinheiro, L. R., A. R. C. Rabbani, A. V. C. da Silva, A. da Ledo Silva, K. L. G. Pereira y L. E. C. Diniz. 2012. Genetic diversity and population structure in the Brazilian *Cattleya labiata* (Orchidaceae) using RAPD and ISSR markers. Plant Systematics and Evolution 298(10): 1815-1825. DOI: https://doi.org/10.1007/s00606-012-0682-9

Piñero, D., J. Caballero-Mellado, D. Cabrera-Toledo, C. E. Canteros, A. Casas, A. Castañeda Sortibrán, A. Castillo, R. Cerritos, O. Chassin-Noria, P. Colunga-García Marín, P. Delgado, P. Díaz-Jaimes, L. Eguiarte, A. E. Escalante, B. Espinoza, A. Fleury, S. Flores Ramírez, G. Fragoso, J. González-Astorga, V. Islas Villanueva, E. Martínez, F. Martínez, J. Martínez-Castillo, A. Mastretta Yanes, R. Medellín, L. Medrano-González, F. Molina-Freaner, B. Morales Vela, A. Murguía Vega, E. Payró de la Cruz, M. R. Reyes-Montes, M. R. Robles Saavedra, G. Rodríguez-Arellanes, L. Rojas Bracho, R. Romero-Martínez, J. H. Sahaza-Cardona, R. Salas Lizana, E. Sciutto, C. Scott Baker, Y. Schramm Urrutia, C. Silva, V. Souza, M. L. Taylor, J. Urbán Ramírez, M. Uribe-Alcocer, M. J. Vázquez Cuevas, E. Vázquez-Domínguez, A. P. Vovides, A. Wegier, A. Zaldívar Riverón y G. Zúñiga. 2008. La diversidad genética como instrumento para la conservación y el aprovechamiento de la biodiversidad: estudios en especies mexicanas. Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Cd. Mx., México. Pp. 437-494.

Qian X., C. Wang y M. Tian. 2013. Genetic diversity and population differentiation of *Calanthe tsoongiana*, a rare and endemic orchid in China. International Journal of Molecular Sciences 14(10): 20399-20413. DOI: https://doi.org/10.3390/ijms141020399

R Core Team. 2017. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. https://www.R-project.org/.

Rojas-Méndez, K. J., J. M. Peñaloza-Ramírez, V. Rocha-Ramírez, A. Cortés-Palomec, R. A. McCauley y K. Oyama. 2017. Massive extraction of the Orchid *Laelia speciosa* (HBK) Schltr. for trading in local markets affect its population genetic structure in a fragmented landscape in Central Mexico. Tropical Conservation Science 10: 1-14. DOI: https://doi.org/10.1177/1940082917693235

SEMARNAT. 2010. NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación. Cd. Mx., México. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5173091&fecha=30/12/2010

Slatkin, M. 1994. Gene flow and population structure. In: Real, L. A. (ed.). Ecological Genetics. Princeton University Press. Princeton, USA. Pp. 3-17. DOI:

Smith, J. L., K. L. Hunter y R. B. Hunter. 2002. Genetic variation in the terrestrial orchid *Tipularia discolor*. Southeastern Naturalist 1(1): 17-26. DOI: https://doi.org/10.1656/1528-7092(2002)001%5B0017:gvitto%5D2.0.co;2

Swofford, D. L. 2003. PAUP*. Phylogenetic Analysis Using Parsimony (*and Other Methods). Version 4.0a147. Sinauer associates, Inc. Sunderland, USA.

Tajima, F. 1983. Evolutionary relationship of ADN sequences in finite populations. Genetics 105(2): 437-460.

Tajima, F. 1989. Statistical method for testing the Neutral Mutation Hypothesis by DNA Polymorphism. Genetics 123(3): 585-595.

Thompson, J. D., T. J. Gibson, F. Plewniak, F. Jeanmougin y D. G. Higgins. 1997. The Clustal_X windows interface: flexible strategies for multiple sequence alignment aided by quality analysis tools. Nucleic Acids Research 25(24): 4876-4882. DOI: https://doi.org/10.1093/nar/25.24.4876

Vargas, C. F., V. Parra-Tabla, P. Feinsinger y J. Leirana-Alcocer. 2006. Genetic diversity and structure in fragmented populations of the tropical orchid *Myrmecophila christinae* var. *christinae*. Biotropica 38(6): 754-763. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2006.00205.x

White, T. J., T. Bruns, S. Lee y J. Taylor. 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes

for phylogenetics. In: Innis, M. A., D. H. Gelfand, J. J. Sninsky y T. J. White (eds.). PCR Protocols: a guide to methods and applications. Academic Press Inc. New York, USA. Pp. 315-322. DOI: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-372180-8.50042-1

Wright, S. 1951. The genetical structure of populations. Annals of Eugenics 15(1): 323-354. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1469-1809.1949.tb02451.x

Acta Botanica Mexicana 124: 49-74 Julio **2018**

Artículo de investigación

Sitios prioritarios para la conservación de la riqueza florística y el endemismo de la Sierra Norte de Oaxaca, México

Priority sites for the conservation of floristic richness and endemism of the Northern Sierra of Oaxaca, Mexico

Mario Ernesto Suárez-Mota[1,3], José Luis Villaseñor[2], Marleny B. Ramírez-Aguirre[1]

1 Universidad de la Sierra Juárez, Avenida Universidad s.n., 68725 Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México.
2 Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología, Departamento de Botánica, Apdo. postal 70-233, 04510 Cd. Mx., México.
3 Autor para la correspondencia: suarezmota.mario@gmail.com

Recibido: 6 de octubre de 2017.
Revisado: 15 de noviembre de 2017.
Aceptado: 11 de enero de 2018.
Primero en línea: 29 de mayo de 2018.
Publicado: 1 de julio de 2018.

Citar como:
Suárez-Mota, M. E., J. L. Villaseñor y M. B. Ramírez-Aguirre. 2018. Sitios prioritarios para la conservación de la riqueza florística y el endemismo de la Sierra Norte de Oaxaca, México. Acta Botanica Mexicana 124: 49-74. DOI: 10.21829/abm124.2018.1296

DOI:
10.21829/abm124.2018.1296

Resumen:

Antecedentes y Objetivos: Una de las principales estrategias para la protección de la diversidad biológica es el establecimiento de sistemas de áreas para su conservación, cuyo manejo minimice los riesgos de extinción. Actualmente, en México las áreas protegidas cubren aproximadamente 12% de la superficie del país. No obstante, es necesario incrementar los esfuerzos de conservación de la diversidad vegetal, especialmente en las altitudes medias de las zonas montañosas del país. Oaxaca es uno de los estados con mayor diversidad biológica y endemismos; sin embargo, las áreas naturales protegidas que se encuentran decretadas en el estado no son suficientes para conservar su riqueza biológica. Este estudio se plantea con el objetivo de definir una red de áreas de conservación en la Sierra Norte del estado de Oaxaca, región que es reconocida por su biodiversidad. Es una zona de amplio aprovechamiento forestal y a la fecha no existen áreas decretadas para la conservación de su biodiversidad.

Métodos: Usando datos climáticos y la información sobre registros de presencia de las especies de la familia Asteraceae, se elaboraron modelos de nicho ecológico para determinar patrones de riqueza e identificar sitios prioritarios de conservación.

Resultados: Se identifica una red de sitios prioritarios para la conservación, dentro de las zonas con aprovechamiento forestal, que ayudarían en la conservación de la riqueza florística del estado.

Conclusiones: Los resultados indican las áreas importantes donde se podrían plantear estrategias de conservación en la Sierra Norte de Oaxaca. El uso de especies de Asteraceae como subrogados de la biodiversidad funcionaría como eje para concentrar futuros esfuerzos de inventario y de protección de la riqueza florística en tales sitios. La Red de Áreas de Conservación estructurada en este trabajo permitirá en un futuro detectar y seleccionar, con bases conceptuales más sólidas, áreas que se integren al Sistema Nacional de Áreas Protegidas.

Palabras clave: Asteraceae, complementariedad, ConsNet, red de áreas de conservación.

Abstract:

Background and Aims: One of the main strategies for the protection of biological diversity is the establishment of systems of areas for conservation, whose management minimizes the risks of extinction. Currently, in Mexico, protected areas cover approximately 12% of the country's surface. However, there is a need to increase efforts to conserve plant diversity, especially at the middle altitudes of the mountainous areas of the country. Oaxaca is one of the states with greater biological diversity and endemisms; however, the natural areas that are decreed in the state are not sufficient to conserve their biological richness. This study aims to define a network of conservation areas in the Sierra Norte of the state of Oaxaca, a region that is recognized for its great biodiversity. The Sierra Norte is an area of extensive forestry use and to date there are no areas decreed for the conservation of its biodiversity.

Methods: Using climatic data and information about presence records of the species of the Asteraceae family, ecological niche models were developed to determine patterns of richness and to identify priority conservation sites.

Results: The results identify a network of priority conservation sites within the forestry zones that would assist in the conservation of its great floristic richness.

Conclusions: The important areas where conservation strategies could be proposed in the Sierra Norte de Oaxaca are identified. The use of species of Asteraceae as surrogates of biodiversity would work as an axis to concentrate future efforts of inventory and protection of floristic richness in such sites. The Network of Conservation Areas structured in this work will allow in the future to detect and select, with more solid conceptual bases, areas that can be integrated into the National System of Protected Areas.

Key words: Asteraceae, complementarity, ConsNet, network of conservation areas.

Introducción

México tiene una vasta riqueza cultural y biológica enmarcada dentro de una compleja geografía. Su ubicación territorial le permite abarcar prácticamente todos los tipos de ecosistemas conocidos a nivel mundial, desde zonas desérticas hasta bosques y selvas exuberantes, cubriendo cañadas, costas y sierras. Por esta razón se le ha considerado entre los 10 países más ricos del mundo, tanto por las especies de animales como por las de vegetales que lo conforman (Narro, 2010).

La biodiversidad, formada a lo largo de millones de años, provee la materia prima de la evolución; en consecuencia, toda ella debería de ser conservada (Margules y Sarkar, 2009). México, junto con Centroamérica, constituye una región de alta riqueza de plantas, donde el nivel de endemismo, tanto a nivel genérico como específico, es alto (Rzedowski, 1998; Myers et al., 2000; Villaseñor, 2016). Se estima que originalmente 52% del país estaba cubierto con bosques y selvas (Rzedowski y Reyna-Trujillo, 1990); sin embargo, los datos del Inventario Forestal Nacional 2000 reportan que dicha superficie se había reducido a 33% del territorio nacional (Palacio-Prieto et al., 2000; Ricker et al., 2007). Debido a su fragilidad y a la, actualmente, reducida cobertura de los diferentes tipos de vegetación; se ha discutido que México requiere acciones más eficientes para la protección y conservación de su biodiversidad (Koleff et al., 2007). Aunque no existen áreas de conservación con decreto federal o estatal, en algunas localidades de México las comunidades han planteado el establecimiento de "Zonas de conservación indígena-comunitarias" (ICCAs) (Robson, 2007; Martin et al., 2011).

El establecimiento de sistemas de áreas para la conservación, cuyo manejo minimice los riesgos de extinción, es fundamental para la protección de la diversidad biológica (Margules y Sarkar, 2009). Para la identificación de dichas áreas prioritarias, se ha propuesto la planeación sistemática de la conservación utilizando protocolos específicos para identificarlas y desvincularlas de los procesos que amenazan su permanencia (Margules y Sarkar, 2009). De esta manera, los sistemas de áreas prioritarias en cada región del mundo deberían constituir el marco en el que se puedan construir las acciones de conservación (Margules y Sarkar, 2009). Actualmente, en México las áreas protegidas cubren aproximadamente 12% de la superficie del país; sin embargo, es necesario incrementar los esfuerzos de conservación de la diversidad vegetal, especialmente en las altitudes medias de las zonas montañosas del país (EMCV, 2008).

La flora fanerogámica de México es una de las más diversas del planeta. El recuento más reciente reporta 23,314 especies; la mitad de ellas son endémicas (Villaseñor, 2016). Estos datos sugieren que el territorio nacional representa una región donde se han originado y evolucionado un gran número de linajes vegetales (Rzedowski, 1998). Por el número de endemismos presentes y por su gran riqueza florística, uno de los estados que destacan en México es Oaxaca (García-Mendoza, 2004; Suárez-Mota y Villaseñor, 2011; Villaseñor y Ortiz, 2012; Villaseñor, 2016). La cifra más reciente sobre su flora reporta 10,229 especies, de las cuales 760 son endémicas del estado (Villaseñor, 2016). Algunas áreas de Oaxaca son particularmente importantes por su riqueza y el número de endemismos que contienen. Lorence y García-Mendoza (1989) señalan como ejemplo la Sierra Norte. Ésta representa el límite septentrional de distribución de muchos taxones mesoamericanos de montaña y es una región de importancia para las pteridofitas y géneros como *Begonia* Hook. f., *Miconia* Ruiz & Pav., *Piper* L. o *Quercus* L. La Sierra cuenta con un inventario florístico (Torres-Colín et al., 2009), donde se reconocen 830 géneros y 2160 especies de plantas vasculares para la región de Ixtlán y algunas localidades colindantes (región que se conoce como Sierra de Juárez). En dicho inventario se reporta que la flora se distribuye en 10 tipos diferentes de vegetación, de los 26 reportados en el estado de Oaxaca cuando se realizó este trabajo (Torres-Colín et al., 2009). Asteraceae constituye la familia más importante por su riqueza de especies (174) y es una de las 34 familias que concentran 66.3% de toda la riqueza florística de la Sierra (Torres-Colín et al., 2009).

La familia Asteraceae ocupa un lugar preponderante en la flora de México, tanto por su número de géneros como de especies pues contribuye sustancialmente a la riqueza florística nacional con 362 géneros y más de 3000 especies (Balleza y Villaseñor, 2002; Villaseñor, 1993, 2004, 2016); además, se distribuye en todos los tipos de vegetación existentes en el país. Por otra parte, estudios recientes señalan que la familia puede ser un buen subrogado de la riqueza florística total (Villaseñor et al., 2005, 2007; Suárez-Mota et al., 2015, 2017). Oaxaca es el estado mexicano con la mayor riqueza de ésta familia botánica; su número asciende a más de 800 especies, de las cuales poco más de 500 son endémicas de México y unas 133 son endémicas del estado (Villaseñor, 2004; Suárez-Mota y Villaseñor, 2011).

Una evaluación reciente (Villaseñor, datos no publicados) revela la existencia de 2704 especies nativas de plantas vasculares en la Sierra Norte. Esta cifra es mayor en 25% con respecto a lo reportado por Torres-Colín y colaboradores en 2009, quienes se concentraron exclusivamente en el Distrito de Ixtlán. Hay que destacar que la riqueza no está balanceada entre los tres distritos administrativos que conforman el territorio político de la Sierra (Ixtlán, Mixe y Villa Alta; Cuadro 1); seguramente el mayor esfuerzo de recolecta en el Distrito de Ixtlán ha generado la notable diferencia en sus valores de riqueza.

Para la selección de áreas de conservación de diversas especies y determinación de patrones de distribución, en la última década, una de las estrategias usadas ha sido utilizar modelos de nicho ecológico (MNE). Los MNE son aproximaciones empíricas o matemáticas al nicho ecológico de una especie, que se emplean como sustitutos de la biodiversidad. Con ello se persigue el objetivo de relacionar diferentes tipos de variables ecogeográficas con la distribución de las especies y así identificar las variables que limitan y definen su nicho (Guisan y Zimmermann, 2000; Peterson et al., 2002). Estos MNE están basados en el concepto de nicho ecológico de Hutchinson (1957), que relaciona la información biológica con la ambiental, identificando las zonas donde no existan registros previos de la especie, corrigiendo la predicción y obteniendo su área de distribución potencial (Guisan y Zimmermann, 2000; Peterson et al., 2002; Suárez-Mota et al., 2015). El resultado final de un MNE puede ser una representación espacial de los hábitats favorables para la presencia de una especie, inclusive en áreas poco muestreadas o previendo cambios futuros en el entorno (Shugart, 1990; Sykes et al., 1996; Guisan y Zimmermann, 2000;

Cuadro 1: Riqueza de especies vasculares y de la familia Asteraceae en la Sierra Norte de Oaxaca, México y su distribución en los tres distritos que la conforman (Ixtlán, Mixe y Villa Alta).

	Sierra Norte	Distrito Ixtlán	Distrito Mixe	Distrito Villa Alta
Riqueza total				
Especies nativas	2704	2500	657	376
Endémicas de México	744	683	145	55
Endémicas de Oaxaca	141	126	26	13
Endémicas Sierra Norte	87	72	18	9
Familia Asteraceae				
Especies nativas	340	297	179	36
Endémicas de México	147	136	57	11
Endémicas de Oaxaca	22	22	4	2
Endémicas Sierra Norte	11	11	1	1

Teixeira y Arntzen, 2002; Araújo et al., 2006; Engler et al., 2009). También son útiles para evaluar las tendencias de abundancia de las especies o la posibilidad de persistencia en determinadas áreas (Araújo y Williams, 2000; Real et al., 2009).

La modelación de la distribución geográfica de las especies permite identificar patrones generales de biodiversidad, lo que facilita decidir acerca de las prioridades de conservación a gran escala (Chapman y Busby, 1994; Franklin, 1995; Austin, 1998, 2002; Guisan y Zimmermann, 2000; Elith y Burgman, 2002; Scott et al., 2002). Además, ha demostrado su importancia en el establecimiento de prioridades para la conservación de la biodiversidad, mediante la identificación de áreas particularmente especiales para tales estrategias (Ceballos et al., 2005).

Un factor importante que afecta o determina la distribución de los organismos es el clima; por consiguiente, los análisis de las variables climáticas ayudan a entender por qué una especie crece en un determinado sitio y no en otro (Lindenmayer et al., 1996). Las plantas adaptadas a un régimen climático particular con frecuencia tienen morfologías similares o ciertos tipos de formas de crecimiento (Cain, 1950). Se han utilizado los elementos del clima para delimitar grandes unidades de vegetación, como es el caso del sistema de las zonas de vida elaborado por Holdridge (1967), o bien, para relacionar las adaptaciones de los grandes biomas con ciertos intervalos de variables ambientales (Cox et al., 1976). De manera particular, cada especie tiene su propio perfil climático, por lo que el análisis de las variables que lo determinan, puede servir para cuantificar las diferencias en sus áreas de distribución. En otras palabras, esto ayuda a determinar el espacio climático en el cual se considera que una especie vegetal sobrevive bajo condiciones naturales, siendo diferente entre las especies (Fischer et al., 2001).

Busby (1986) y Nix (1986) desarrollaron un conjunto de variables climáticas que pueden ser significativas para entender la distribución de una amplia gama de la biota. Un factor clave en este enfoque es que las variables ambientales son más simples y más fáciles de definir que otras que son incluidas en el inventario de la biota a nivel regional o nacional. Para la conservación biológica a gran escala, tal enfoque medioambiental sin duda podría favorecer el establecimiento de reservas para un número cada vez mayor de especies raras y/o en peligro de extinción.

En la Sierra Norte de Oaxaca, también conocida como Sierra Madre de Oaxaca o Sierra de Juárez, los ecosistemas templados están conformados principalmente por bosques húmedos de montaña o de pino-encino, siendo de gran importancia ecológica y silvícola (Vásquez-Cortés, 2013). En esta región la mayor parte de las comunidades rurales practican el aprovechamiento forestal, enfocados principalmente hacia la producción de madera (Castellanos-Bolaños et al., 2010). Sin embargo, dicha actividad ejerce un efecto negativo sobre la dinámica de la vegetación y sus componentes florísticos (Castellanos-Bolaños et al., 2010). Para ayudar a entender el papel de la riqueza florística en la composición regional y su relevancia en la conservación de los bosques de la Sierra Norte, este trabajo se plantea el objetivo de definir una red de áreas de conservación biológica. Para ello, se utiliza una estrategia de análisis de complementariedad, utilizando la riqueza conocida y modelos de nicho ecológico de especies endémicas de Asteraceae, utilizándolas como substitutos de la biodiversidad de la región. La hipótesis de este trabajo es que sitios con alta riqueza de especies de Asteraceae serán igualmente sitios de alta riqueza de especies de otros grupos vegetales.

Materiales y Métodos

Área de estudio

La Sierra Norte o Sierra Madre de Oaxaca es una de las ocho grandes regiones que integran el estado de Oaxaca, comprende un territorio de gran riqueza forestal (García-Mendoza, 2004). Se ubica dentro de las coordenadas 16°58' y 17°48' de latitud N y 95°8' y 96°47' de longitud W e incluye las regiones de La Chinantla, Sierra Mazateca, Sierra Mixe y Sierra de Juárez. En el concepto de territorio político; cuenta con 68 municipios divididos en tres distritos: Ixtlán, Mixe y Villa Alta (Fig. 1). Es una región importante por su compleja fisiografía que incluye 34 tipos de

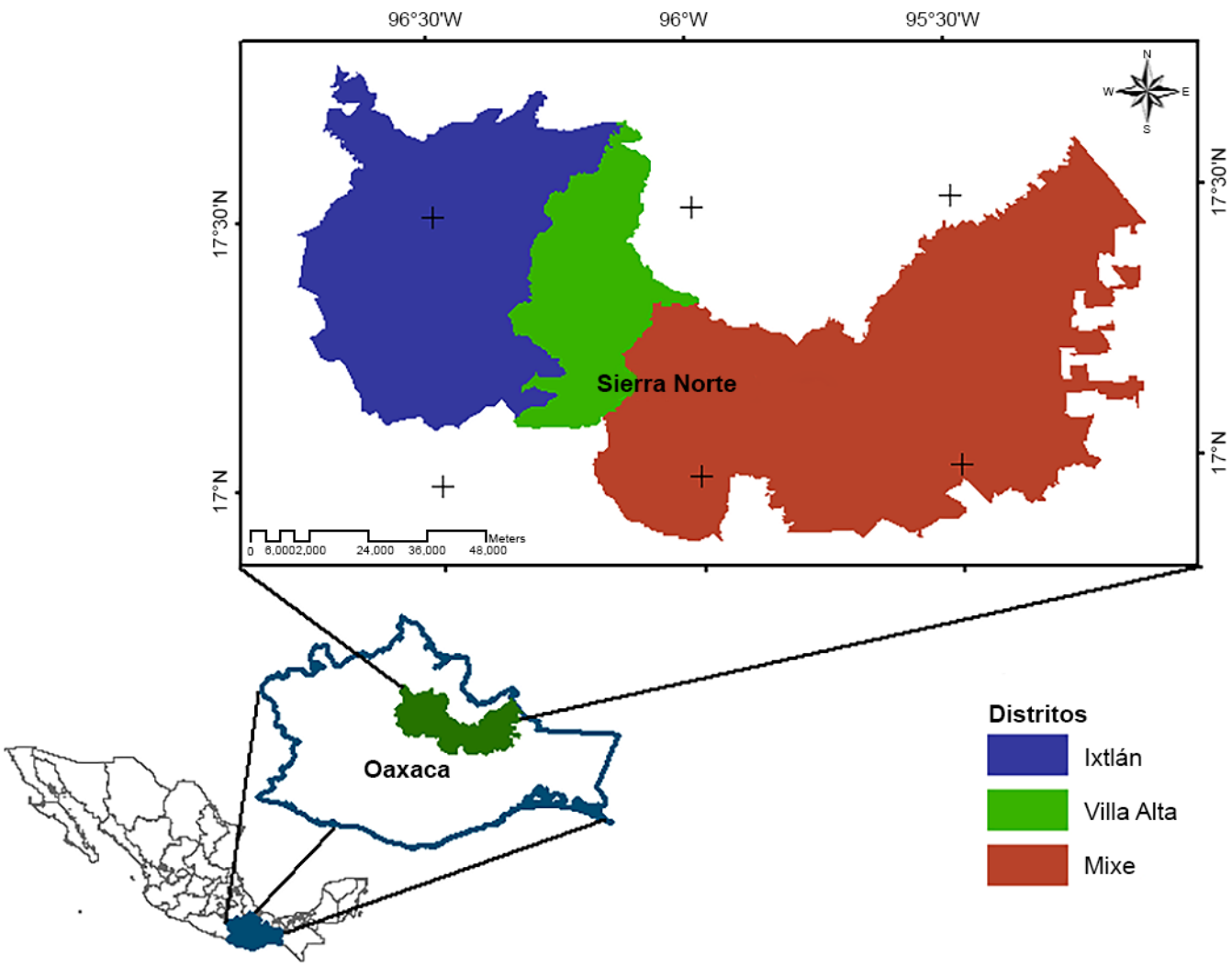


Figura 1: Ubicación geográfica de la Sierra Norte de Oaxaca, México y sus distritos (Ixtlán, Mixe y Villa Alta).

vegetación diferentes (INEGI, 2015), 19 de suelos (INEGI, 2004b), 28 de rocas (INEGI, 2005), 19 de clima (INEGI, 2004a) y los cinco principales tipos de biomas (Villaseñor y Ortiz, 2014). La superficie que comprende esta región estimada en este trabajo es de aproximadamente 8925.7 km^2.

Obtención de datos

Los datos de las especies endémicas de Oaxaca y de la Sierra Norte fueron obtenidos de dos fuentes principales: 1) consulta de ejemplares herborizados, resguardados en diferentes herbarios, tanto nacionales (ENCB, IZTA, MEXU, XAL) como extranjeros (ARIZ, K, LL, TEX) y 2) revisión de los registros de bases de datos disponibles en la Red Mundial de Información sobre Biodiversidad (REMIB, 2017) de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), la Unidad de Informática para la Biodiversidad (UNIBIO, 2017) del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México y la Global Biodiversity Information Facility (GBIF, 2017). Estos datos se evaluaron para verificar su correcta determinación y georreferenciación; varias especies fueron además verificadas directamente con trabajo de campo, complementando así la información sobre su distribución geográfica en la región.

Modelos de nicho ecológico

El mapa que delimita la zona de la Sierra Norte se sobrepuso sobre un modelo digital de elevación (MDE) con una resolución de 120 m. Este mapa se utilizó como base para realizar modelos de nicho ecológico de las especies seleccionadas (Apéndice). Se utilizaron los programas MaxEnt 3.3.3k (Phillips y Dudík, 2008) y el sistema de información geográfica (SIG) ArcMap 10.1 (ESRI, 2011) para la elaboración y edición de los mapas que muestran los nichos ecológicos de las especies. Siguiendo los criterios del diagrama BAM para la elaboración de modelos de nicho, propuesto por Soberón y Peterson (2005), la región geográfica (M del diagrama) para la elaboración de los modelos se definió con los límites de la Sierra Norte (Fig. 1). Las variables climáticas utilizadas para la generación de los modelos se obtuvieron de Cuervo-Robayo et al. (2013; Cuadro 2).

Los datos geográficos que señalan la distribución de las especies, junto con las variables climáticas, se incorporaron al programa MaxEnt para generar los modelos de nicho ecológico (MNE). Para las especies que contaron con 25 registros o más, se empleó 75% de ellos como datos de entrenamiento y 25% restante como datos de prueba; los modelos de las especies con menos de 25 registros se obtuvieron usando 100% de los datos para entrenamiento. Se empleó el método del área bajo la curva (AUC, por sus siglas en inglés) de la Característica Operativa del Receptor (ROC por sus siglas en inglés) parcial como método de evaluación de los modelos. Finalmente el archivo tipo ASCII, generado por MaxEnt, fue importado como un mapa al Sistema de Información Geográfica (SIG) para su edición en modo binario.

Cuadro 2: Parámetros climáticos usados para generar los modelos de distribución potencial de las especies endémicas distribuidas en la Sierra Norte de Oaxaca, México.

1. Temperatura media anual (°C).
2. Rango medio diurno (°C).
3. Isotermalidad (°C).
4. Temperatura estacional (%).
5. Temperatura máxima del mes más cálido (°C).
6. Temperatura mínima del mes más frío (°C).
7. Rango de temperatura anual (°C).
8. Temperatura media del trimestre más húmedo (°C).
9. Temperatura media del trimestre más seco (°C).
10. Temperatura media del trimestre más cálido (°C).
11. Temperatura media del trimestre más frío (°C).
12. Precipitación anual (mm).
13. Precipitación del mes más húmedo (mm).
14. Precipitación del mes más seco (mm).
15. Precipitación estacional (C of V) (%).
16. Precipitación del trimestre más húmedo (mm).
17. Precipitación del trimestre más seco (mm).
18. Precipitación del trimestre más cálido (mm).
19. Precipitación del trimestre más frío (mm).

Selección de áreas prioritarias de conservación

Los mapas obtenidos con los MNE se sobrepusieron con el mapa de la Sierra Norte. La coincidencia de esta sobreposición permitió elaborar una matriz de datos binarios para hacer el análisis de complementariedad mediante el uso de los algoritmos metaheurísticos, implementados en el software ConsNet (Ciarleglio et al., 2008, 2009). Con el uso de estos algoritmos se asegura la representatividad de los objetos de conservación, que en este caso son considerados subrogados o indicadores de la biodiversidad (especies y ecosistemas) en ambientes donde aún existen hábitats naturales. Los criterios de configuración espacial (área, forma y conectividad) forman parte del proceso de la planeación sistemática para definir redes de áreas de conservación haciendo uso de ConsNet (Ciarleglio et al., 2008).

Se evaluaron tres escenarios, definidos con base en tres algoritmos implementados en ConsNet: 1) selección de celdas con los substitutos de mayor déficit de representación (MDS2 por sus siglas en inglés), 2) ponderación de la rareza en primer lugar (RF4 por sus siglas en inglés), donde las celdas con mayor rareza de substitutos son elegidos con la máxima prioridad y 3) utilización de

un algoritmo que combina los dos anteriores, denominado "InterLeaVes" (ILV4 por sus siglas en inglés) (Ciarleglio et al., 2009). Mediante la probabilidad de la distribución de especies en cada celda utilizada en el análisis, ConsNet hace una decisión de tipo binario (para seleccionar o no una celda sometida a un plan de conservación) y posteriormente ordena cada celda jerárquicamente, con base en su valor de biodiversidad (riqueza de especies). En este análisis se planteó un objetivo que redujo el número de celdas seleccionadas, maximizando la contigüidad de la red de áreas de conservación (RAC).

El número de tipos de vegetación y de uso de suelo, obtenidos de INEGI (2015), distribuidos en la Sierra Norte, fueron agrupados para definir los biomas presentes en la región de estudio, siguiendo la clasificación propuesta por Suárez-Mota y Villaseñor (2011) y Villaseñor y Ortiz (2012). Con los biomas así definidos se analizó la distribución de las especies y su correspondencia con las áreas de conservación identificadas en el análisis (Suárez-Mota et al., 2015).

Resultados

Obtención de datos

La familia Asteraceae registra en la Sierra Norte de Oaxaca 340 especies (Apéndice); 147 de ellas son endémicas de México, 22 endémicas del estado de Oaxaca y 11 de estas últimas solamente se conocen de la Sierra Norte. Aunque existe una red de áreas comunitarias protegidas, el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SINAP) no registra áreas protegidas federales en la Sierra; por consiguiente, ninguno de esos endemismos cuenta actualmente con una estrategia de protección o conservación (SINAP, 2014).

Modelos de Nicho Ecológico

El conocimiento sobre la distribución geográfica de las especies en la Sierra Norte es precario, solamente 138 (40.5%) de las especies de Asteraceae cuentan con cinco o más registros (sitios diferentes de recolecta), el número mínimo que se recomienda para obtener los modelos de nicho ecológico utilizando MaxEnt (Phillips y Dudík, 2008). Un total de 142 especies representan las más raras de la flora, pues se conocen de la región de estudio únicamente con base en uno (95) o dos (46) sitios de recolecta (Apéndice). El modelo digital de elevación, con resolución de 120 m por pixel generó 614,007 celdas, cubriendo un área total de 8925.7 km^2. Las celdas (0.0144 km^2) donde se distribuyen las especies conocidas a partir de un solo registro se seleccionaron como sitios irremplazables para la conservación, pues contienen especies restringidas a porciones específicas de la Sierra. Por otra parte, el mayor número de ocurrencias y de especies se encontró en el intervalo altitudinal comprendido entre 2000 y 2400 m.

La riqueza de especies por celdas varió entre 1 y 79. Es decir, se identificó una celda donde se concentran 79 taxa endémicos, lo que la ubica como la más importante, pues en un área tan reducida se concentra 23% del total de Asteraceae analizadas. Se encontró que *Stevia microchaeta* Sch. Bip. es la especie más ampliamente distribuida, registrada en 46 celdas, seguida de *Ageratina ligustrina* (DC.) R.M. King & H. Rob. (en 26), las otras especies se distribuyen en un número menor de celdas. Los modelos de distribución potencial de estas dos especies sugieren que ocupan áreas de 2349.3 km^2 (163) y 2205.55 km^2 (153 celdas) respectivamente (Fig. 2).

Selección de áreas prioritarias de conservación

El Cuadro 3 muestra los resultados del uso de los modelos de distribución potencial y el programa ConsNet para generar la red de áreas de conservación (RAC). Se muestra el número de celdas obtenido con los tres algoritmos implementados en el software, empleando como meta de conservación 10% de las poblaciones de cada especie (suponiendo que cada celda contiene al menos una población de las especies allí registradas o estimadas), estrategia seguida en otros trabajos (p. ej., Suárez-Mota y Téllez-Valdés, 2014; Suárez-Mota et al., 2015). En general, la superficie obtenida con cada estrategia es bastante similar; sin embargo, el algoritmo MSD2 requiere menos superficie por las celdas que selecciona para la estrategia de conservación y menor perímetro que ocupan los polígonos que conforman su red de áreas de conservación. Por tal razón dicha estrategia es

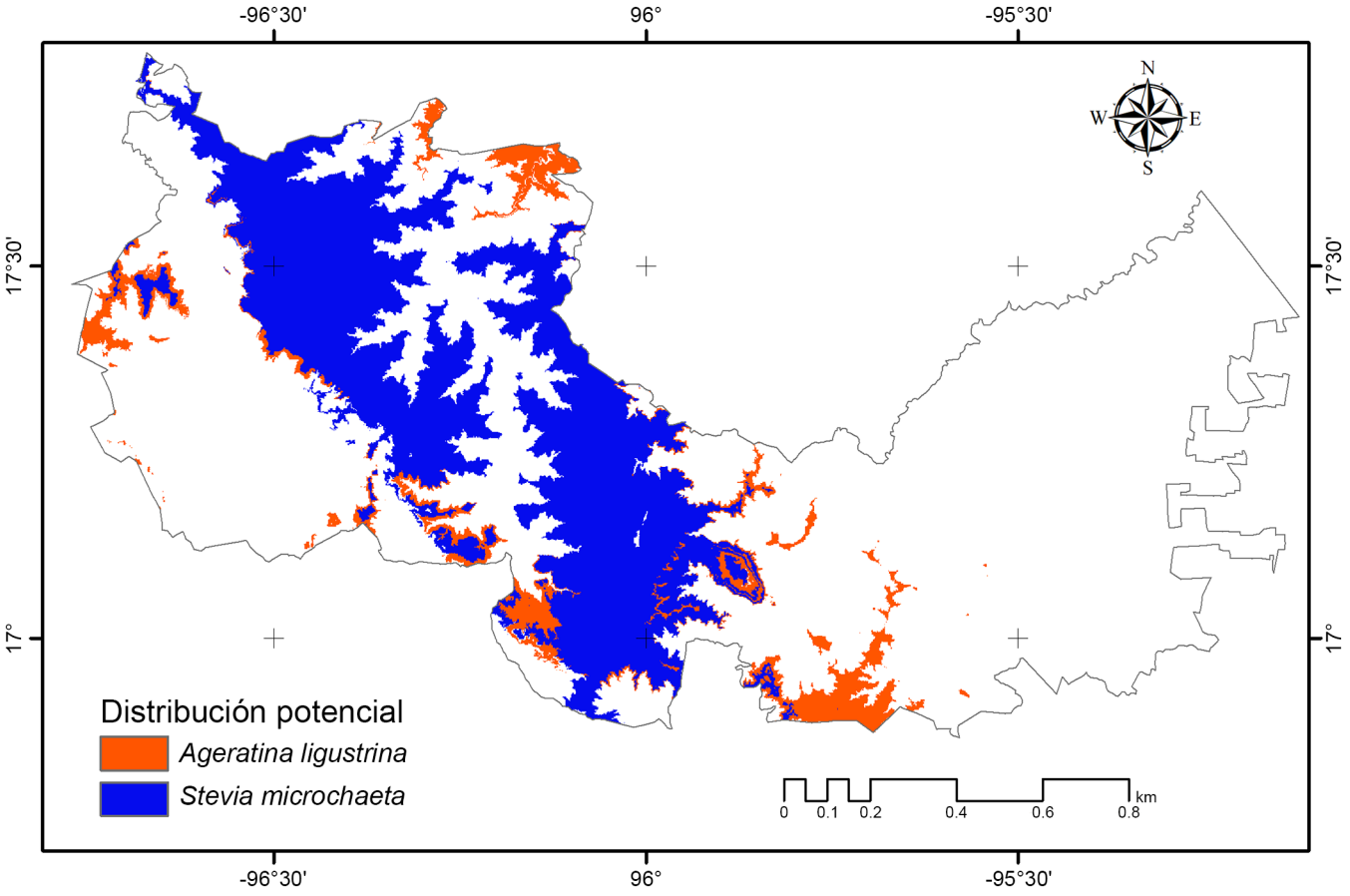


Figura 2: Modelos de distribución potencial de las especies con mayor área de distribución geográfica en la Sierra Norte de Oaxaca, México. La zona en color azul corresponde al área potencial de *Stevia microchaeta* Sch. Bip. compartida con *Ageratina ligustrina* (DC.) R.M. King & H. Rob., mientras que la zona en color rojo señala las áreas de no coincidencia entre ambos modelos.

Cuadro 3: Resultados del análisis de complementariedad con los datos de Asteraceae de la Sierra Norte de Oaxaca, México, obtenidos con los algoritmos implementados en ConsNet. MDS2=substitutos de mayor déficit de representación; RF4=ponderando primero la rareza; ILV4=Combina los dos algoritmos anteriores.

Algoritmo de búsqueda	Total de celdas	Área (km^2)	Perímetro (km^2)
(MDS2 adyacencia)	59351	865.091	2864.531
(MDS2)	59352	865.105	2977.707
(RF4 adyacencia)	59547	867.917	3231.299
(RF4)	59548	867.932	3335.204
(ILV4 adyacencia)	59547	867.917	3231.299
(ILV4)	59548	867.932	3335.204

la seleccionada para ilustrar los resultados (Fig. 3A); en total, la RAC incluye 147 polígonos, que varían desde 0.049 km^2 el más pequeño hasta 490.58 km^2 el más amplio.

La RAC mostrada en la figura 3A incluye 30 de las 93 celdas consideradas como irremplazables. Comprende también 59,352 celdas, que representan 9.7% del total en que se dividió la zona de estudio. En dicha región se registran 225 especies (65.8%) de 340 conocidas en toda la Sierra Norte (Apéndice). La prioridad de conservación considerando el complemento identifica ocho polígonos de esta RAC donde se podrían conservar poblaciones de estas 225 especies de Asteraceae de la Sierra Norte.

Los ocho polígonos identificados en la RAC de la figura 3B se nombraron de acuerdo con el Distrito don-

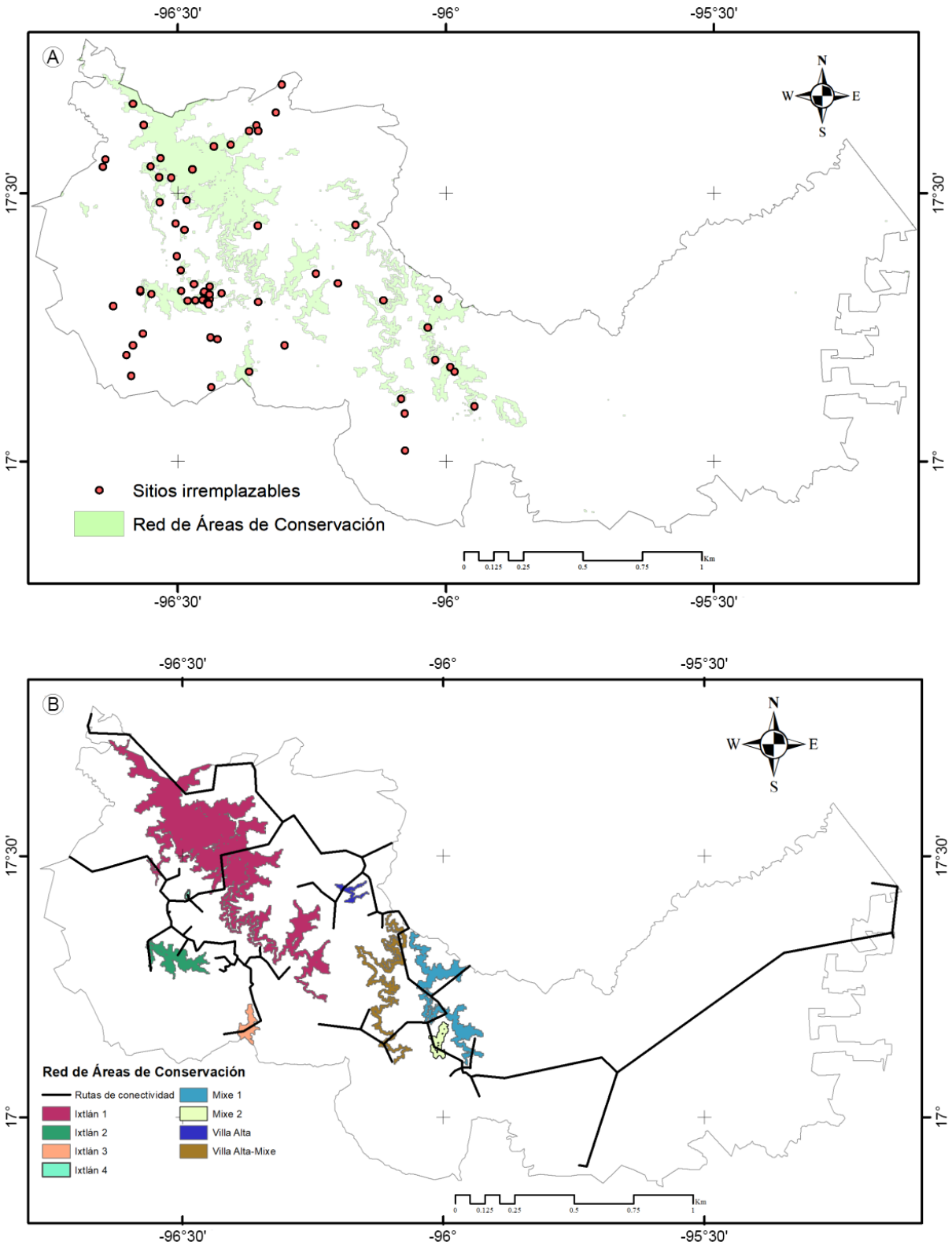


Figura 3: A. red de Áreas Prioritarias de conservación en la Sierra Norte de Oaxaca, México. Los puntos rojos indican los sitios irremplazables por contener especies conocidas solamente en dichas localidades aunque no coincidan con los polígonos que forman parte de la red; B. rutas de conectividad (mínima distancia) entre las áreas prioritarias de conservación en la Sierra Norte. Los nombres de los polígonos corresponden a las áreas complementarias del Cuadro 4.

de se ubican, numerándolos en orden descendente por la superficie que abarcan (Cuadro 4). De esta manera, Ixtlán I es el polígono que más especies registra (144) en una superficie que abarca 490.58 km^2. Treinta especies de este polígono son raras, pues solamente se conocen en una celda dentro de su territorio. Una posible ruta de conectividad entre los polígonos que constituyen la RAC se muestra en la figura 3B, dicha ruta liga los centroides geográficos de cada polígono por su ruta más corta, minimizando a su vez la superficie adicional que se requiere para establecer una posible conectividad entre todos los polígonos seleccionados como importantes para la conservación de las especies.

La cobertura vegetal de la Sierra Norte abarca 6949.4 km^2 (77.8% de su territorio), mientras que 1976.3 km^2 (22.1%) han sido transformados en zonas urbanas, agrícolas o ganaderas (Cuadro 5). En la Sierra se encuen-

Cuadro 4: Prioridad de selección de los principales polígonos que constituyen la red de áreas prioritarias de conservación. Los polígonos fueron definidos utilizando la riqueza de especies de Asteraceae registradas en la Red de Áreas de Conservación (RAC) definida por el algoritmo MDS2 del programa ConsNet en la Sierra Norte de Oaxaca, México.

Prioridad	Polígono	Riqueza		Área (km^2)
		N=225	Complemento	
1	Ixtlán 1	144 (64%)	81	490.58
2	Mixe 1	54 (88%)	48	85.38
3	Ixtlán 2	15 (94.6%)	13	41.39
4	Villa Alta-Mixe	4 (96.4%)	4	71.05
5	Ixtlán 3	3 (97.7%)	3	15.98
6	Mixe 2	2 (98.6%)	2	15.13
7	Ixtlán 4	2 (99.5%)	2	1.26
8	Villa Alta	1 (100%)	1	9.38

Cuadro 5: Número de especies que presentan los tipos de vegetación registrados en la Sierra Norte de Oaxaca, México (adaptado de INEGI, 2015).

Tipo de vegetación	Superficie (km^2)	% Sierra Norte	Especies	Registros
Bosque húmedo de montaña	776.61	8.70	74	145
Bosque tropical caducifolio	1.36	0.01	0	0
Bosque tropical perennifolio	555.35	6.22	29	65
Bosque de *Pinus*	130.29	1.46	26	64
Bosque de *Pinus-Quercus*	988.75	11.07	72	170
Bosque de *Quercus*	150.48	1.68	12	14
Bosque de oyamel (*Abies*)	6.82	0.08	2	2
Vegetación secundaria derivada de bosque húmedo de montaña	1324.34	14.84	129	469
Vegetación secundaria derivada de bosque tropical caducifolio	157.95	1.77	5	7
Vegetación secundaria derivada de bosque tropical perennifolio	680.62	7.63	11	11
Vegetación secundaria derivada de bosque de *Pinus*	277.39	3.11	42	52
Vegetación secundaria derivada de bosque de *Pinus-Quercus*	1560.53	17.48	160	263
Vegetación secundaria derivada de bosque de *Quercus*	338.87	3.79	19	23
Zonas agrícolas	937.58	10.53	142	271
Pastizal inducido	915.29	10.25	2	2
Plantaciones forestales	113.23	1.27	0	0
Zonas urbanas	10.17	0.11	2	2
	8925.7	100	N=342	N=1560

tran siete tipos de vegetación y comunidades secundarias derivadas de ellos (Cuadro 5). Estos tipos de vegetación, agrupados por biomas indican que los bosques templados y el bosque húmedo de montaña son los de mayor cobertura y los que también albergan el mayor número de especies analizadas.

El Cuadro 6 muestra el número de especies incluidas en la RAC distribuidas por bioma. La mayor riqueza se observa en el bosque húmedo de montaña y el bosque tropical húmedo; ambos biomas también ocupan gran parte del territorio de la Sierra Norte. Otro conjunto importante de especies se reporta de las zonas agrícolas, indicando el papel relevante de la familia por su componente de especies arvenses y ruderales.

Discusión

La Sierra Norte de Oaxaca comprende una importante riqueza representativa de la flora del estado, la más diversa del país. La región contiene 26.4% de toda la riqueza conocida del estado, incluyendo un importante número de especies endémicas de México, de Oaxaca y endemismos locales conocidos solamente de partes de la Sierra (Cuadro 1). La relevancia de la región ya había sido detectada previamente; por ejemplo, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) la consideró dentro de las zonas prioritarias para la conservación de la biodiversidad (Arriaga et al., 2000), constituyendo la región prioritaria 130 (Sierra del Norte de Oaxaca-Mixe). Desafortunadamente, aunque ya fue identificada desde hace más de tres lustros como región prioritaria para la conservación, hasta la fecha no hay acciones encaminadas a proponer zonas de protección de su flora y fauna. En la Sierra se identifican 87 especies endémicas locales, 11 de ellas miembros de la familia Asteraceae evaluadas en este trabajo; todas ellas requieren acciones específicas de conservación, dado que ocupan sitios considerados como irremplazables para su conservación a largo plazo.

Las especies de Asteraceae prefieren sitios con una alta heterogeneidad ambiental, como los ocasionados por los abruptos cambios de altitud. En la Sierra Norte se encuentran características fisiográficas cambiantes en distancias cortas, presencia de arroyos, así como cambios en la pendiente y la exposición de las laderas. Tal heterogeneidad ambiental favorece la presencia de un importante número de especies de Asteraceae, con una preferencia por altitudes medias (2000-2400 m). Los resultados apoyan lo discutido por Boyle (1996), quién encontró en la Sierra Norte una disminución en el número de familias, géneros y especies con los cambios de altitud. Ya antes Nix (1986) afirmaba también que a mayor variabilidad ambiental, mayor variabilidad biológica.

Cuadro 6: Área que ocupan los principales biomas distribuidos en la Sierra Norte de Oaxaca y el total de especies que registran. Las dos últimas columnas muestran el número de especies (Spp RAC) y de registros (Registros (RAC)) incluidos en la red de áreas de conservación (RAC), correspondientes a cada bioma. BTES=Bosque tropical estacionalmente seco, BHM=Bosque húmedo de montaña, BTEM=Bosque templado, BTH=Bosque tropical húmedo.

Bioma	Área (km^2)	% de la Sierra Norte	Total de Especies	Total de Registros	Spp. RAC	Registros RAC
Agricultura	1060.97	11.89	109	273	46	60
BTES	159.31	1.79	5	7	2	2
BHM	2100.95	23.54	117	614	111	456
BTEM	1235.97	13.85	36	76	11	17
BTH	3453.15	38.69	117	588	84	204
Sin vegetación	915.29	10.25	2	2	1	1
Total	8925.67	100	---	1560	---	740

La mayoría de las especies de Asteraceae analizadas se encuentran con frecuencia en vegetación secundaria, principalmente la derivada del bosque húmedo de montaña o de los bosques templados, los biomas mejor representados en la región de estudio (Cuadro 6). Muchas especies de Asteraceae son heliófilas favorecidas por el aclareo de la vegetación original, aunque otros miembros forman parte de la vegetación primaria. Muchas de sus especies se encuentran amenazadas por las actividades humanas, sobre todo por el aprovechamiento forestal extendido por toda la Sierra. Por lo tanto, es importante considerar el impacto que la actividad forestal tiene en las estrategias futuras de conservación, pues constituye la base económica de la mayoría de las comunidades rurales.

Aunque no existen áreas de conservación con decreto federal o estatal en la Sierra Norte, las comunidades han planteado el establecimiento de "Zonas de conservación indígena-comunitarias" (ICCAs) (Robson, 2007; Martin et al., 2011) como parte de sus programas de manejo forestal. Desafortunadamente, en estas zonas no quedan incluidas áreas de distribución de las especies endémicas analizadas. La red de áreas de conservación obtenida (Fig. 3A) incluye algunas de estas zonas (ICCAs), las cuales fueron corroboradas durante el trabajo de campo. Sin embargo, aún no se cuenta con cartografía que permita conocer con precisión los límites geográficos de tales ICCAs.

El modelado de la distribución potencial de la biodiversidad se ha desarrollado como una línea de investigación ecológica importante durante las últimas dos décadas (Ferrier y Watson, 1997; Guisan y Zimmermann, 2000; Peterson, 2001; Villaseñor y Téllez-Valdés, 2004; Mouquet et al., 2015). Los Modelos de Nicho Ecológico (MNE) de las especies también han sido provechosos para conocer cuáles son los factores ambientales que determinan la distribución de la biodiversidad a través de diferentes escalas. Además, sirven como pronósticos de la biodiversidad a las presiones ambientales, cambio en el uso del suelo, invasión de especies no nativas y las interacciones entre especies (Ficetola et al., 2010; Vicente et al., 2011; Petitpierre et al., 2012; Guisan et al., 2013; Gonçalves et al., 2016). Todos estos análisis realizados con base en MNE han sido útiles para complementar información sobre la estructura, manejo y conservación de ecosistemas, como es el caso de la Sierra Norte. Los MNE obtenidos en este estudio han permitido reconocer la distribución potencial de las especies endémicas empleadas como substitutos de la biodiversidad; con ello se reconocen áreas prioritarias de conservación (Fig. 3). Es necesario, sin embargo, hacer esfuerzos de trabajo de campo para corroborar valores de riqueza en sitios importantes detectados o para identificar sitios con riqueza florística importante de esta RAC.

El ritmo de deforestación en muchas regiones de Oaxaca requiere de planes urgentes para conservar su biodiversidad, su funcionamiento ecológico y la provisión de bienes y servicios ambientales que mantienen. Sin embargo, la estimación directa de la biodiversidad en estas zonas presenta dificultades metodológicas, especialmente por la carencia de datos de calidad sobre la distribución de las especies, la accesibilidad limitada y la escasez de medios técnicos y económicos para llevar a cabo estudios de campo. Un ejemplo específico es el distrito Mixe, donde la información florística es más escasa que en los distritos de Ixtlán y Villa Alta. El distrito es difícil de acceder por lo complejo del terreno, clima y, por ser una de las zonas de la Sierra Norte con mayores conflictos sociales, que fomentan altos niveles de inseguridad por la falta de acercamiento con los líderes comunitarios, quienes además rechazan autorizar los estudios florísticos. Por ello los MNE, como se ilustra en este ejercicio, pueden ser una herramienta de gran utilidad en el diseño de estrategias de conservación en zonas donde la información es aún insuficiente.

La RAC obtenida con los MNE permitiría proteger una importante cantidad de especies (256), 30 de ellas conocidas de un solo un registro. El polígono Ixtlán 1 concentra la mayor cantidad de especies, lo que lo ubica como la región con mayor relevancia para el establecimiento de algún tipo de reserva; sin embargo, no hay que soslayar que también cuenta con mayor esfuerzo de recolecta (Apéndice). Por otro lado hay que considerar que Mixe 1 constituye otro polígono con alta concentración

de endemismos, ubicado en el distrito con menor número de recolectas. Si fuera posible ampliar el conocimiento de la diversidad y distribución del endemismo en este distrito, su relevancia se ponderaría mejor y se tendría una estimación más precisa de su riqueza biológica (Cuadro 4).

En los resultados obtenidos se identifican ocho áreas importantes donde se podrían plantear estrategias de conservación en la Sierra Norte de Oaxaca. El uso de especies de Asteraceae como subrogados de la biodiversidad (Villaseñor et al., 2007; Suárez-Mota et al., 2015; 2017) funcionaría como eje para concentrar futuros esfuerzos de inventario y de protección de la riqueza florística en tales sitios. La Red de Áreas de Conservación (RAC) estructurada en este trabajo permitirá en un futuro detectar y seleccionar, con bases conceptuales más sólidas, áreas que se integren al SINAP y a mitigar los efectos de la degradación de la cobertura vegetal tan pronunciada en la región bajo estudio. La RAC mostrada en la figura 3A toma en cuenta los sitios irremplazables, es decir, aquellos que registran especies conocidas solamente en esa porción de territorio. Desafortunadamente la RAC no considera otras 63 celdas identificadas como irremplazables. Además, incluye poco más de la mitad de las especies nativas y/o endémicas de México registradas en la zona de estudio, así como importantes zonas con vegetación primaria, aún no afectadas por las actividades humanas (Cuadro 6).

Contribución de autores

MESM realizó los modelos de nicho ecológico y los análisis de complementariedad, JLV contribuyó sustancialmente en los análisis y el manuscrito mientras que MBRA estructuró la base de datos obtenida con datos de campo y realizo también modelos de nicho ecológico con la asesoría de MESM. Todos los autores contribuyeron a la discusión, revisión y aprobación del manuscrito final.

Financiamiento

Este estudio fue apoyado por la Secretaría de Educación Pública (SEP, Proyecto PRODEP-UNSIJ-PTC-028) otorgado al primer autor.

Agradecimientos

Agradecemos a Irene Bautista Juárez, Teresa Martínez Martínez, Diana Nava Juárez y Ángel Mario Muñoz Juárez su apoyo en el trabajo de recolecta y acopio de datos en el campo, así como por su participación en la actualización de la base de datos. Se agradece también la contribución de Enrique Ortiz en el manejo de la información en la base de datos. De igual manera agradecemos a los editores y revisores anónimos por sus valiosas sugerencias.

Literatura citada

Araújo, M. B. y P. H. Williams. 2000. Selecting areas for species persistence using ocurrence data. Biological Conservation 96(3): 331-345. DOI: https://doi.org/10.1016/s0006-3207(00)00074-4

Araújo, M. B., W. Thuiller, R. G. Pearson. 2006. Climate warming and the decline of amphibians and reptiles in Europe. Journal of Biogeography 34(1): 1712-1728. DOI: https://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2699.2006.01482.x

Arriaga, L., J. M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa. (coord.). 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México, D.F., México. 810 pp.

Austin, M. P. 1998. An ecological perspective on biodiversity investigations: examples from Australian eucalypt forests. Annals of the Missouri Botanical Garden 85: 2-17.

Austin, M. P. 2002. Case studies of the use of environmental gradients in vegetation and fauna modelling: theory and practice in Australia and New Zealand. In: Scott, J. M., P. J. Heglund, M. Morrison, J. Haufler, M. Raphael, B. Wall y F. Samson (eds.). Predicting Species Occurrences: Issues of Accuracy and Scale. Island Press. Covelo, USA. pp. 73-82.

Balleza, J. J. y J. L. Villaseñor. 2002. La familia Asteraceae en el estado de Zacatecas (México). Acta Botanica Mexicana 59: 5-69. DOI: http://dx.doi.org/1021829/abm59.2002.893

Boyle, B. L. 1996. Changes in altitudinal and latitudinal gradients. Tesis doctoral. School of Arts and Sciences, Washington University. Washington, D.C., USA. pp. 275.

Busby, J. R. 1986. A biogeoclimatic analysis of *Nothofagus cunninghamii* (Hook) Oerst. in southern Australia. Australian Journal of Ecology 11(1): 1-7.

Cain, S. A. 1950. Life forms and phytoclimates. The Botanical Review 16(1): 1-32. DOI: https://doi.org/10.1007/BF02879783

Castellanos-Bolaños, J. F., E. J. Treviño-Garza, O. A. Aguirre-Calderón, J. Jiménez-Pérez, y A. Velázquez-Martínez. 2010. Diversidad arbórea y estructura espacial de bosques de pino-encino en Ixtlán de Juárez, Oaxaca. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 1(2): 39-52.

Ceballos, G., P. R. Ehrlich, J. Soberón, I. Salazar y J. P. Fay. 2005. Global mammal conservation: what must we manage? Science 309(5734): 603-607. DOI: https://doi.org/10.1126/science.1114015

Chapman, A. D. y J. R. Busby. 1994. Linking plant species information to continental biodiversity inventory, climate modeling and environmental monitoring. Mapping the diversity of nature. Chapman & Hall. London, UK. pp. 179-195.

Ciarleglio, M., S. Sarkar y J. W. Barnes. 2008. ConsNet manual: V.1.10. Biodiversity and Biocultural Conservation Laboratory, University of Texas at Austin. Austin, USA. 47 pp.

Ciarleglio, M., J. W. Barnes y S. Sarkar. 2009. ConsNet: new software for the selection of CANs with spatial and multi-criteria analyses. Ecography 32(2): 205-209. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2008.05721.x

Cox, C. B., I. N. Healey y P. D. Moore. 1976. Biogeography: an ecological and evolutionary approach. Blackwell Scientific Publications. Oxford, USA. 244 pp.

Cuervo-Robayo, A., O. Téllez-Valdés, M. A. Gómez-Albores, C. S. Venegas-Barrera, J. Manjarrez y E. Martínez-Meyer. 2013. An update of high-resolution monthly climate surface for Mexico. International Journal of Climatology 34(7): 2427-2437. DOI: https://doi.org/10.1002/joc.3848

Elith, J. y M. A. Burgman. 2002. Habitat models for Popultion Viability Analysis. In: Brigham, C. A., M. W. Schwanz (eds.). Population Viability in Plants. Springer. Berlin, Germany. pp. 203-235. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-662-09389-4

EMCV. 2008. Estrategia Mexicana para la Conservación Vegetal: Objetivos y Metas. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). México, D.F., México. 36 pp.

Engler, R., C. F. Randin, P. Vittoz, T. Czáka, M. Beniston, N. E. Zimmermann y G. Guisan. 2009. Predicting future distributions of mountain plants under climate change: does dispersal capacity matter? Ecography 32(1): 34-45. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2009.05789.x

ESRI. 2011. Maps throughout this article were created using Arc-GIS® software. Environmental Systems Research Institute (ESRI). Redlands, USA.

Ferrier, S. y G. Watson. 1997. An evaluation of the effectiveness of environmental surrogates and modelling techniques in predicting the distribution of biological diversity. Department of the Environment, Australian Government. Canberra, Australia. 184 pp.

Ficetola, G. F., L. Maiorano, A. Falcucci, N. Dendoncker, L. Boitani, E. Padoa-Schioppa, C. Miaud y W. Thuiller. 2010. Knowing the past to predict the future: land-use change and the distribution of invasive bullfrogs. Global Change Biology 16(2): 528-537. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.01957.x

Fischer, J., D. B. Lindenmayer, H. A. Nix, J. L. Stein y J. A. Stein. 2001. Climate and animal distribution: a climatic analysis of the Australian marsupial *Trichosurus caninus*. Journal of Biogeography 28(3): 293-304. DOI: https://doi.org/10.1046/j.1365-2699.2001.00554.x

Franklin, J. 1995. Predictive vegetation mapping: geographic modelling of biospatial patterns in relation to environmental gradients. Progress in Physical Geography 19(4): 474-499. DOI: https://doi.org/10.1177/030913339501900403

García-Mendoza, A. J. 2004. Integración del conocimiento florístico del Estado. In: García-Mendoza, A. J., M. J. Ordoñez y M. Briones-Salas (eds.). Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza, World Wildlife Found (WWF). México, D.F., México. pp. 305-325.

GBIF. 2017. Global Biodiversity Information Facility. http://www.gbif.org/ (consultado abril de 2017).

Gonçalves, J., J. P. Honrado, J. R. Vicente y E. Civantos. 2016. A model-based framework for assessing the vulnerability of low dispersal vertebrates to landscape fragmentation under environmental change. Ecological Complexity 28: 174-186. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2016.05.003

Guisan, A. y N. E. Zimmermann. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. Ecological Modelling 135(2-3): 147-186. DOI: https://doi.org/10.1016/s0304-3800(00)00354-9

Guisan, A., R. Tingley, J. B. Baumgartner, I. Naujokaitis-Lewis, P. R. Sutcliffe, A. I. T. Tulloch, J. T. Regan, L. Brotons, E. McDonald-Maddem, C. Mantyka-Pringle, G. T. Martin, R. J. Rhodes, R. Maggini, A. S. Stterfield, J. Elith, W. M. Schwartz, A. B. Wintle, O. Broennimann, M. Austin, S. Ferrier, R. Kearney, P. H. Possingham y M. Y. Buckley. 2013. Predicting species distributions for conservation decisions. Ecology Letters 16(12): 1424-1435. DOI: https://doi.org/10.1111/ele.12189

Holdridge, L. R. 1967. Life zone ecology. Tropical Science Center. Saint Joseph, Costa Rica. 206 pp.

Hutchinson, G. E. 1957. Concluding remarks. Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology 22: 415-427. DOI: https://doi.org/10.1101/sqb.1957.022.01.039

INEGI. 2004a. Información de Climas escala 1: 1,000,000. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Aguascalientes, México.

INEGI. 2004b. Continuo nacional de datos alfanumérico edafológico escala 1: 250,000 Serie I. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Aguascalientes, México.

INEGI. 2005. Conjunto de datos vectoriales geológicos, continuo nacional escala 1: 1,000,000. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Aguascalientes, México.

INEGI. 2015. Conjunto de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación escala 1:250,000. Serie V. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Aguascalientes, México.

Koleff, P., A. Lira-Noriega, C. Cantú, T. Urquiza y M. Kolb. 2007. Análisis de vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad terrestre de México: espacios y especies. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), The Nature Conservancy-Programa México (TNC), Pronatura, A.C. (PRONATURA), Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Convenio Sobre la Biodiversidad Biológica (CDB), Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). México, D.F., México. 128 pp.

Lindenmayer, D. B., B. G. Mackey y H. A. Nix. 1996. The bioclimatic domains of four species of commercially important eucalypts from south-eastern Australia. Australian Forestry 59(2): 74-89. DOI: https://doi.org/10.1080/00049158.1996.10674672

Lorence, D. H. y A. García-Mendoza. 1989. Oaxaca, México. In: Campbell, D. G. y H. D. Hammond (eds.). Floristic inventory of tropical countries: the status of plant systematics, collections, and vegetation, plus recommendations for the future. New York Botanical Garden. New York, USA. pp. 253-269.

Margules, C. y S. Sarkar. 2009. Planeación Sistemática de la Conservación. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México, D.F., México. 279 pp.

Martin, G. J., C. I. B. Camacho, C. A. G del Campo, S. A. Fonseca, F. C. Mendoza y M. A. G. Ortiz. 2011. Indigenous and community conserved areas in Oaxaca, Mexico. Management of Environmental Quality 22(2): 250-266. DOI: https://doi.org/10.1108/14777831111113419

Mouquet, N., Y. Lagadeuc, V. Devictor, L. Doyen, A. Duputié, D. Eveillard, D. Faure, E. Garnier, O. Gimenez, P. Huneman, F. Jabot, P. Jarne, D. Joly, R. Julliard, S. Kéfi, J. G. Kergoat, S. Lavorel, L. L. Gall, L. Meslin, S. Morand, X. Morin, H. Morlon, G. Pinay, R. Pradel, M. F. Schurr, W. Thuiller y M. Loreau. 2015. Predictive ecology in a changing world. Journal of Applied Ecology 52: 1293-1310. DOI: https://doi.org/10.1111/1365-2664.12482

Myers, N., R. A. Mittermeier, C. G. Mittermeier, G. A. B. da Fonseca y J. Kent. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature 403(6772): 853-858. DOI: https://doi.org/10.1038/35002501

Narro, R. J. 2010. Flora y fauna mexicanas de los centenarios. Instituto de Biología Universidad, Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. pp. 129.

Nix, H. A. 1986. A biogeographic analysis of elapid snakes. In: Longmore, E. (ed.). Atlas of Elapid snakes of Australia, Australia Flora and fauna series. Australian Government Publishing Service. Canberra, Australia. pp. 4-15.

Palacio-Prieto, J. L., G. Bocco, A. Velázquez, J. F. Mas, F. Takaki-Takaki, A. Victoria, L. Luna-González, G. Gómez-Rodríguez, J. López-García, M. Palma, I. Trejo-Vázquez, A. Peralta, J. Prado-Molina, A. Rodríguez-Aguilar, R. Mayorga-Saucedo y F. González Medrano. 2000. La condición actual de los recursos forestales en México: Resultados del Inventario Forestal Nacional 2000. Investigaciones geográficas 43: 183-203.

Peterson, A. T. 2001. Predicting species geographic distributions based on ecological niche modeling. Condor 103(3): 599-605. DOI: https://doi.org/10.1650/0010-5422(2001)103%5B0599:PSGDBO%5D2.0.CO;2

Peterson, A. T., L. G. Ball y K. P. Cohoon. 2002. Predicting distributions of Mexican birds using ecological niche modelling methods. Ibis 144(1): 27-32. DOI: https://doi.org/10.1046/j.0019-1019.2001.00031.x

Petitpierre, B., C. Kueffer, O. Broennimann, C. Randin, C. Daehler y A. Guisan. 2012. Climatic niche shifts are rare among terrestrial plant invaders. Science 335(6074): 1344-1348. DOI: https://doi.org/10.1126/science.1215933

Phillips, S. J. y M. Dudík. 2008. Modeling of species distributions with MaxEnt: new extensions and a comprehensive evaluation. Ecography 31(2): 161-175. DOI: https://doi.org/10.1111/j.0906-7590.2008.5203.x

Real, R., A. M. Barbosa, A. Rodríguez, F. J. García, J. M. Vargas, L. J. Palomo y M. Delibes. 2009. Conservation biogeography of ecologically interacting species: the case of the Iberian lynx and the European rabbit. Diversity and Distributions 15(3): 390-400. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2008.00546.x

REMIB. 2017. Especies de la Familia Asteraceae. Red Mundial de Información sobre Biodiversidad. http://www.conabio.gob.mx/remib. (consultado marzo de 2017).

Ricker, M., I. Ramírez-Krauss, G. Ibarra-Manríquez, E. Martínez, C. Ramo, G. González-Medellín, G. Gómez-Rodríguez, J. L. Palacio-Prieto y H. M. Hernández. 2007. Optimizing conservation of forest diversity: a country-wide approach in Mexico. Biodiversity and Conservation 16(6): 1927-1957. DOI: https://doi.org/10.1007/s10531-006-9112-z

Robson, J. P. 2007. Local approaches to biodiversity conservation: Lesson from Oaxaca, southern Mexico. International Journal of Sustainable Development 10(3): 267-286. DOI: https://doi.org/10.1504/ijsd.2007.017647

Rzedowski, J. 1998. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. Diversidad biológica de México: orígenes y su distribución. In: Ramamoorthy, T. P., R. Bye, A. Lot y J. Fa (comps.). Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. pp. 129-145.

Rzedowski, J. y T. Reyna-Trujillo. 1990. Vegetación potencial Mapa IV.8.2. Atlas Nacional de México Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México.

Scott, J. M., P. J. Heglund, F. Samson, J. Haufler, M. Morrison, M. Raphael y B. Wall. 2002. Predicting Species Occurrences: Issues of Accuracy and Scale. Island Press. Covelo, USA. 868 pp.

Shugart, H. H. 1990. Using ecosystem models to assess potential consequences of global climatic change. Trends in Ecology and Evolution 5(9): 303-307. DOI: https://doi.org/10.1016/0169-5347(90)90086-s

SINAP. 2014. Áreas Protegidas del Estado de Oaxaca. Sistema Nacional de Áreas Protegidas. https://simec.conanp.gob.mx/Info (consultado noviembre de 2016).

Soberón, J. y A. T. Peterson. 2005. Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas. Biodiversity Informatics 2: 1-10. DOI: https://doi.org/10.17161/bi.v2i0.4

Suárez-Mota, M. E. y J. L. Villaseñor. 2011. Las compuestas endémicas de Oaxaca, México: Diversidad y Distribución.

Boletín de la Sociedad Botánica de México 88: 55-66. DOI: https://doi.org/10.17129/botsci.308

Suárez-Mota, M. E. y O. Téllez-Valdés. 2014. Red de áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad del eje volcánico transmexicano analizando su riqueza florística y variabilidad climática. Polibotánica 38: 67-93.

Suárez-Mota, M. E., J. L. Villaseñor y L. López-Mata. 2015. La región del Bajío, México y la Conservación de su diversidad florística. Revista Mexicana de Biodiversidad 86(3): 799-808. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rmb.2015.06.001

Suárez-Mota, M. E., J. L. Villaseñor y L. López-Mata. 2017. Dominios climáticos de la Sierra Madre Oriental y su relación con la diversidad florística. Revista Mexicana de Biodiversidad 88(1): 224-233. DOI: https://dx.doi.org/10.1016/j.rmb.2017.01.020

Sykes, M. T., I. C. Prentice y W. Cramer. 1996. A bioclimatic model for the potential distribution of north European tree species under present and future climates. Journal of Biogeography 23(2): 203-233.

Teixeira, J. y J. W. Arntzen. 2002. Potential impact of climate warming on the distribution of the Golden-striped salamander, *Chioglossa lusitanica*, on the Iberian Peninsula. Biodiversity and Conservation 11(12): 2167-2176.

Torres-Colín, R., H. D. Lorence, de A. M. P. Ramírez y A. R. E. Villa. 2009. Flora de la Sierra de Juárez, Oaxaca: Distrito de Ixtlán y áreas adyacentes (Sierra Norte de Oaxaca). Listados Florísticos de México XXV: 7-79.

UNIBIO. 2017. Ejemplares de la Familia Asteraceae Unidad de Informática para la Biodiversidad. http://unibio.unam.mx. (consultado febrero de 2017).

Vásquez-Cortés, V. 2013. Estructura, composición y diversidad arbórea en áreas de manejo forestal de Ixtlán de Juárez, Oaxaca. Tesis de licenciatura. Universidad de la Sierra Juárez. Oaxaca, México. 30 pp.

Vicente, J., C. F. Randin, J. Gonçalves, M. J. Metzger, A. Lomba, J. Honrado y A. Guisan. 2011. Where will conflicts between alien and rare species occur after climate and land-use change? A test with a novel combined modelling approach. Biological Invasions 13(5): 1209-1227. DOI: https://doi.org/10.1007/s10530-011-9952-7

Villaseñor, J. L. 1993. La familia Compositae en México. Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural 44: 117-124.

Villaseñor, J. L. 2004. Los géneros de plantas vasculares de la flora de México. Boletín de la Sociedad Botánica de México 75: 105-135.

Villaseñor, J. L. 2016. Checklist of the native vascular plants of Mexico. Revista Mexicana de Biodiversidad 87(3): 559-902. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.06.017

Villaseñor, J. L. y O. Téllez-Valdés. 2004. Distribución potencial de las especies del género *Jefea* (Asteraceae) en México. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica 75: 205-220.

Villaseñor, J. L., G. Ibarra-Manríquez, J. A. Meave y E. Ortiz. 2005. Higher taxa as surrogates of plant biodiversity in a megadiverse country. Conservation Biology 19(1): 232-238. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00264.x

Villaseñor, J. L., P. Maeda, J. A. Rosell y E. Ortiz. 2007. Plant families as predictors of plant biodiversity in Mexico. Diversity and Distributions 13(6): 871-876. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2007.00385.x

Villaseñor, J. L. y E. Ortiz. 2012. La familia Asteraceae en la Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Acta Botanica Mexicana 100: 263-295. DOI: http://dx.doi.org/10.21829/abm100.2012.37

Villaseñor, J. L. y E. Ortiz. 2014. Biodiversidad de las plantas con flores (División Magnoliophyta) en México. Revista Mexicana de Biodiversidad 85(S): 134-142. DOI: https://dx.doi.org/10.7550/rmb.31987.

Apéndice. Especies de Asteraceae registradas en la Sierra Norte de Oaxaca, México. Se indica el número de registros provenientes de ejemplares de herbario identificados y georreferenciados. Su presencia en los distritos Ixtlán, Mixe y Villa Alta se indica con un 1.

Especie	Registros	Ixtlán	Mixe	Villa Alta
Acmella repens (Walter) Rich.	12	1	1	
Acourtia lobulata (Bacig.) Reveal & R.M. King	1	1		
Acourtia reticulata (Lag. ex D. Don) Reveal & R.M. King	1	1		
Achyrocline deflexa B.L. Rob. & Greenm.	11		1	1
Achyrocline oaxacana G.L. Nesom	1	1		
Adenophyllum glandulosum (Cav.) Strother	1	1		
Ageratina areolaris (DC.) Gage ex B.L. Turner	18	1	1	
Ageratina bellidifolia (Benth.) R.M. King & H. Rob.	1	1		
Ageratina collodes (B.L. Rob. & Greenm.) R.M. King & H. Rob.	7	1	1	
Ageratina conspicua (Kunth & Bouché) R.M. King & H. Rob.	8	1	1	
Ageratina cremasta (B.L. Rob.) R.M. King & H. Rob.	2	1	1	
Ageratina chiapensis (B.L. Rob.) R.M. King & H. Rob.	13	1	1	1
Ageratina choricephala (B.L. Rob.) R.M. King & H. Rob.	2	1	1	
Ageratina glauca (Sch. Bip. ex Klatt) R.M. King & H. Rob.	7	1	1	
Ageratina humochica B.L. Turner	1	1		
Ageratina irrasa (B.L. Rob.) R.M. King & H. Rob.	1	1		
Ageratina ligustrina (DC.) R.M. King & H. Rob.	40	1	1	1
Ageratina mairetiana (DC.) R.M. King & H. Rob.	11	1	1	
Ageratina ovilla (Standl. & Steyerm.) R.M. King & H. Rob.	8	1	1	
Ageratina pazcuarensis (Kunth) R.M. King & H. Rob.	3	1	1	
Ageratina petiolaris (Moc. & Sessé ex DC.) R.M. King & H. Rob.	6	1		
Ageratina pichinchensis (Kunth) R.M. King & H. Rob.	1	1		
Ageratina seleri B.L. Turner	4	1		
Ageratina vernalis (Vatke & Kurtz) R.M. King & H. Rob.	1	1		
Ageratum albidum (DC.) Hemsl.	5	1		
Ageratum corymbosum Zuccagni	3	1		
Ageratum houstonianum Mill.	10	1	1	
Ageratum microcephalum Hemsl.	4	1	1	
Aldama dentata La Llave	9	1	1	
Aldama ghiesbreghtii (Hemsl.) E.E. Schill. & Panero	3	1		
Alepidocline trifida (J.J. Fay) B.L. Turner	1	1		
Alloispermum integrifolium (DC.) H. Rob.	30	1	1	1
Alloispermum michoacanum (B.L. Rob.) B.L. Turner	7	1		
Ambrosia peruviana Willd.	3	1		
Archibaccharis asperifolia (Benth.) S.F. Blake	2	1	1	
Archibaccharis auriculata (Hemsl.) G.L. Nesom	1	1		
Archibaccharis breedlovei G.L. Nesom & B.L. Turner	3	1	1	
Archibaccharis campii S.F. Blake	2		1	
Archibaccharis hieracioides (S.F. Blake) S.F. Blake	1	1		
Archibaccharis salmeoides (S.F. Blake) S.F. Blake	1		1	
Archibaccharis schiedeana (Benth.) J.D. Jacks.	2	1	1	

Apéndice. Continuación.

Especie	Registros	Ixtlán	Mixe	Villa Alta
Archibaccharis serratifolia (Kunth) S.F. Blake	1		1	
Archibaccharis trichotoma (Klatt) G.L. Nesom	10	1	1	
Axiniphyllum corymbosum Benth.	1	1		
Aztecaster pyramidatus (B.L. Rob. & Greenm.) G.L. Nesom	1	1		
Baccharis conferta Kunth	6	1	1	
Baccharis glandulifera G.L. Nesom	11	1	1	
Baccharis heterophylla Kunth	19	1	1	
Baccharis mexicana Cuatrec.	2	1		
Baccharis multiflora Kunth	17	1	1	
Baccharis pteronioides DC.	1	1		
Baccharis salicifolia (Ruiz & Pav.) Pers.	11	1	1	
Baccharis trinervis (Lam.) Pers.	21	1	1	1
Barkleyanthus salicifolius (Kunth) H. Rob. & Brettell	16	1	1	
Bartlettina breedlovei R.M. King & H. Rob.	1			1
Bartlettina calderonii (B.L. Turner) B.L. Turner	3	1		
Bartlettina constipatiflora (Klatt) R.M. King & H. Rob.	8	1	1	
Bartlettina karwinskiana (DC.) R.M. King & H. Rob.	12	1	1	
Bartlettina macdougallii R.M. King & H. Rob.	13	1	1	
Bartlettina oresbia (B.L. Rob.) R.M. King & H. Rob.	6		1	
Bartlettina platyphylla (B.L. Rob.) R.M. King & H. Rob.	2	1		
Bartlettina sordida (Less.) R.M. King & H. Rob.	25	1	1	
Bartlettina tuerckheimii (Klatt) R.M. King & H. Rob.	13	1	1	
Bidens alba (L.) DC.	1	1		
Bidens anthemoides (DC.) Sherff	1		1	
Bidens aurea (Aiton) Sherff	6	1	1	
Bidens bicolor Greenm.	1	1		
Bidens odorata Cav.	2		1	
Bidens ostruthioides (DC.) Sch. Bip.	2	1		
Bidens sharpii (Sherff) Melchert	3	1		
Bidens squarrosa Kunth	7	1	1	
Bidens triplinervia Kunth	16	1	1	1
Brickellia argyrolepis B.L. Rob.	2	1		
Brickellia glandulosa (La Llave) McVaugh	3	1		
Brickellia veronicifolia (Kunth) A. Gray	1	1		
Calea ternifolia Kunth	14	1	1	1
Calea urticifolia (Mill.) DC.	3		1	1
Calendula officinalis L.	4	1		
Cirsium anartiolepis Petr.	1	1		
Cirsium ehrenbergii Sch. Bip.	1	1		
Cirsium lappoides (Less.) Sch. Bip.	1			1
Cirsium mexicanum DC.	6	1	1	
Cirsium pinetorum Greenm.	1	1		

Apéndice. Continuación.

Especie	Registros	Ixtlán	Mixe	Villa Alta
Cirsium subcoriaceum (Less.) Sch. Bip.	3	1	1	
Clibadium arboreum Donn. Sm.	7	1	1	
Conyza bonariensis (L.) Cronquist	3	1	1	
Conyza canadensis (L.) Cronquist	6	1	1	
Conyza coronopifolia Kunth	2	1	1	
Conyza laevigata (Rich.) Pruski	3		1	
Conyza microcephala Hemsl.	3	1		
Conyza sumatrensis (Retz.) E. Walker	3	1	1	
Cosmos bipinnatus Cav.	2	1		
Cosmos crithmifolius Kunth	2	1	1	
Cosmos diversifolius Otto	14	1	1	
Critonia daleoides DC.	1	1		
Critonia hospitalis (B.L. Rob.) R.M. King & H. Rob.	2	1	1	
Critonia quadrangularis (DC.) R.M. King & H. Rob.	1	1		
Critonia sexangularis (Klatt) R.M. King & H. Rob.	4	1	1	
Critoniopsis leiocarpa (DC.) H. Rob.	5	1	1	
Critoniopsis tarchonanthifolia (DC.) H. Rob.	1	1		
Critoniopsis tomentosa (Lex.) H. Rob.	2	1		1
Chaptalia nutans (L.) Pol.	1	1		
Chionolaena aecidiocephala (Grierson) Anderb. & S.E. Freire	5	1		
Chionolaena eleagnoides Klatt	9	1		
Chionolaena salicifolia (Bertol.) G.L. Nesom	12	1	1	
Chionolaena sartorii Klatt	1		1	
Chromolaena collina (DC.) R.M. King & H. Rob.	7	1	1	
Chromolaena glaberrima (DC.) R.M. King & H. Rob.	2		1	
Chromolaena odorata (L.) R.M. King & H. Rob.	1	1		
Dahlia australis (Sherff) P.D. Sørensen	6	1		1
Dahlia coccinea Cav.	16	1	1	
Dahlia merckii Lehm.	2	1		
Dahlia pinnata Cav.	4	1	1	
Dahlia sorensenii H.V. Hansen & Hjert.	1		1	
Dahlia tenuicaulis P.D. Sørensen	12	1	1	1
Decachaeta incompta (DC.) R.M. King & H. Rob.	1		1	
Desmanthodium ovatum Benth.	4	1	1	
Desmanthodium perfoliatum Benth.	1	1		
Digitacalia napeifolia (DC.) Pippen	6	1		
Dyssodia decipiens (Bartl.) M.C. Johnst.	4	1		
Dyssodia tagetiflora Lag.	2	1		
Eclipta prostrata (L.) L.	1	1		
Electranthera mutica (DC.) Mesfin, D.J. Crawford & Pruski	10	1	1	
Elephantopus mollis Kunth	6	1	1	
Epaltes mexicana Less.	1	1		

Apéndice. Continuación.

Especie	Registros	Ixtlán	Mixe	Villa Alta
Erechtites hieracifolius (L.) Raf. ex DC.	4	1	1	
Erechtites valerianifolius (Wolf) DC.	15	1	1	1
Erigeron galeottii (A. Gray ex Hemsl.) Greene	1	1		
Erigeron karvinskianus DC.	26	1	1	
Erigeron longipes DC.	14	1	1	
Erigeron veracrucensis G.L. Nesom	1	1		
Flaveria trinervia (Spreng.) C. Mohr	1	1		
Fleischmannia porphyranthema (A. Gray) R.M. King & H. Rob.	1	1		
Fleischmannia pycnocephala (Less.) R.M. King & H. Rob.	12	1	1	
Fleischmanniopsis leucocephala (Benth.) R.M. King & H. Rob.	8		1	
Florestina platyphylla (B.L. Rob. & Greenm.) B.L. Rob. & Greenm.	1	1		
Galinsoga parviflora Cav.	10	1	1	1
Gamochaeta americana (Mill.) Wedd.	10	1	1	
Gamochaeta falcata (Lam.) Cabrera	1	1		
Gamochaeta purpurea (L.) Cabrera	1	1		
Grindelia inuloides Willd.	1	1		
Gymnolaena serratifolia (DC.) Rydb.	1		1	
Gymnosperma glutinosum (Spreng.) Less.	1	1		
Helenium mexicanum Kunth	2	1		
Heliopsis buphthalmoides (Jacq.) Dunal	24	1	1	
Heterosperma pinnatum Cav.	3	1		
Heterotheca inuloides Cass.	10	1		1
Hidalgoa ternata La Llave	1	1		
Hieracium abscissum Less.	8	1		
Hieracium dysonymum S.F. Blake	2	1		
Hymenostephium cordatum (Hook. & Arn.) S.F. Blake	1		1	
Iostephane trilobata Hemsl.	7	1		
Jaegeria hirta (Lag.) Less.	9	1	1	
Koanophyllon albicaule (Sch. Bip. ex Klatt) R.M. King & H. Rob.	1		1	
Koanophyllon pittieri (Klatt) R.M. King & H. Rob.	2	1		
Koanophyllon solidaginoides (Kunth) R.M. King & H. Rob.	2	1		
Lactuca graminifolia Michx.	5	1	1	
Laennecia confusa (Cronquist) G.L. Nesom	1	1		
Laennecia filaginoides DC.	1	1		
Laennecia gnaphalioides (Kunth) Cass.	2	1		
Laennecia sophiifolia (Kunth) G.L. Nesom	2	1		
Lagascea helianthifolia Kunth	14	1	1	
Lasianthaea fruticosa (L.) K.M. Becker	4		1	1
Lepidaploa salzmannii (DC.) H. Rob.	1	1		
Lepidaploa tortuosa (L.) H. Rob.	4	1	1	
Lepidonia jonesii (B.L. Turner) H. Rob. & V.A. Funk	26	1	1	
Leucanthemum lacustre (Brot.) Samp.	2		1	

Apéndice. Continuación.

Especie	Registros	Ixtlán	Mixe	Villa Alta
Leucanthemum vulgare Lam.	3	1	1	
Liabum bourgeaui Hieron.	4	1		
Loxothysanus sinuatus (Less.) B.L. Rob.	1	1		
Matricaria chamomilla L.	7	1	1	
Melampodium divaricatum (Rich.) DC.	13	1	1	
Melampodium gracile Less.	3		1	
Melampodium microcephalum Less.	5	1		
Melampodium mimulifolium B.L. Rob.	2	1	1	
Melampodium montanum Benth.	13	1	1	
Melampodium perfoliatum (Cav.) Kunth	9	1	1	
Melanthera nivea (L.) Small	7	1	1	
Microspermum debile Benth.	17	1	1	
Mikania cordifolia (L. f.) Willd.	4	1	1	
Mikania hookeriana DC.	1	1		
Mikania houstoniana (L.) B.L. Rob.	1	1		
Mikania micrantha Kunth	4	1	1	
Mikania pooleana W.C. Holmes & Vodopich	1	1		
Mikania pyramidata Donn. Sm.	25	1	1	1
Mikania tonduzii B.L. Rob.	3	1		
Montanoa grandiflora Alamán ex DC.	3		1	
Montanoa tomentosa Cerv.	1	1		
Neomirandea araliifolia (Less.) R.M. King & H. Rob.	4	1		
Neurolaena lobata (L.) Cass.	3	1		
Neurolaena macrocephala Sch. Bip. ex Hemsl.	1	1		
Neurolaena oaxacana B.L. Turner	11	1	1	
Osbertia stolonifera (DC.) Greene	8	1	1	
Oxylobus arbutifolius (Kunth) A. Gray	4	1		
Oxylobus glanduliferus (Sch. Bip. ex Hemsl.) A. Gray	2		1	
Oxylobus juarezensis Rzed. & Calderón	1	1		
Oxylobus oaxacanus S.F. Blake	12	1	1	
Oxylobus subglabrus R.M. King & H. Rob.	5	1		1
Packera bellidifolia (Kunth) W.A. Weber & A. Löve	16	1		
Packera sanguisorbae (DC.) C. Jeffrey	6	1		
Packera toluccana (DC.) W.A. Weber & Á. Löve	5	1		1
Paneroa stachyofolia (B.L. Rob.) E.E. Schill.	1	1		
Parthenium tomentosum DC.	2	1		
Pentacalia parasitica (Hemsl.) H. Rob. & Cuatrec.	6	1	1	
Pentacalia venturae (T.M. Barkley) C. Jeffrey	1		1	
Perymenium discolor Schrad.	9	1		
Perymenium gracile Hemsl.	20	1	1	
Perymenium ovalifolium (A. Gray) B.L. Turner	1	1		
Peteravenia schultzii (Schnittsp.) R.M. King & H. Rob.	2		1	

Apéndice. Continuación.

Especie	Registros	Ixtlán	Mixe	Villa Alta
Philactis zinnioides Schrad.	7	1		1
Pinaropappus roseus (Less.) Less.	6	1		
Piptocarpha poeppigiana (DC.) Baker	1	1		
Piqueria trinervia Cav.	5	1	1	
Pityopsis graminifolia (Michx.) Nutt.	1	1		
Pluchea carolinensis (Jacq.) G. Don	11	1	1	1
Pluchea salicifolia (Mill.) S.F. Blake	2	1		
Podachaenium eminens (Lag.) Sch. Bip.	11	1	1	1
Podachaenium pachyphyllum (Sch. Bip. ex Klatt) R.K. Jansen, N.A. Harriman & Urbatsch	14		1	1
Porophyllum linaria (Cav.) DC.	7	1		
Porophyllum viridiflorum (Kunth) DC.	1	1		
Psacaliopsis paneroi (B.L. Turner) C. Jeffrey	4	1		
Psacaliopsis pinetorum (Hemsl.) Funston & Villaseñor	1	1		
Psacalium amplifolium (DC.) H. Rob. & Brettell	6	1	1	
Psacalium beamanii H. Rob.	3	1		
Psacalium cirsiifolium (Zucc.) H. Rob. & Brettell	1		1	
Psacalium megaphyllum (B.L. Rob. & Greenm.) Rydb.	1		1	
Psacalium peltatum (Kunth) Cass.	4	1	1	
Pseudelephantopus spicatus (Juss. ex Aubl.) Rohr	2	1	1	
Pseudognaphalium attenuatum (DC.) Anderb.	1		1	
Pseudognaphalium chartaceum (Greenm.) Anderb.	3	1	1	
Pseudognaphalium elegans (Kunth) Kartesz	1			1
Pseudognaphalium inornatum (DC.) Anderb.	2	1	1	
Pseudognaphalium liebmanni (Sch. Bip. ex Klatt) Anderb.	1		1	
Pseudognaphalium luteoalbum (L.) Hilliard & B.L. Burtt	1	1		
Pseudognaphalium oxyphyllum (DC.) Kirp.	3	1	1	
Pseudognaphalium purpurascens (DC.) Anderb.	3	1	1	
Pseudognaphalium roseum (Kunth) Anderb.	8	1	1	
Pseudognaphalium semilanatum (DC.) Anderb.	2		1	
Pseudognaphalium viscosum (Kunth) Anderb.	3	1		
Roldana angulifolia (DC.) H. Rob. & Brettell	3	1	1	
Roldana anisophylla (Klatt) Funston	12	1	1	
Roldana aschenborniana (S. Schauer) H. Rob. & Brettell	7	1		
Roldana barba-johannis (DC.) H. Rob. & Brettell	10	1		
Roldana cordovensis (Hemsl.) H. Rob. & Brettell	1		1	
Roldana jurgensenii (Hemsl.) H. Rob. & Brettell	1	1		
Roldana lanicaulis (Greenm.) H. Rob. & Brettell	14	1	1	
Roldana lineolata (DC.) H. Rob. & Brettell	5	1	1	
Roldana oaxacana (Hemsl.) H. Rob. & Brettell	31	1	1	
Roldana sartorii (Sch. Bip. ex Hemsl.) H. Rob. & Brettell	4	1	1	
Roldana schaffneri (Sch. Bip. ex Klatt) H. Rob. & Brettell	3	1	1	

Apéndice. Continuación.

Especie	Registros	Ixtlán	Mixe	Villa Alta
Rumfordia floribunda DC.	9	1	1	
Sabazia multiradiata (Seaton) Longpre	2	1	1	
Salmea oligocephala Hemsl.	1		1	
Salmea scandens (L.) DC.	4		1	
Sanvitalia angustifolia Engelm. ex A. Gray	1	1		
Sanvitalia procumbens Lam.	2	1		
Schistocarpha bicolor Less.	10	1	1	
Schistocarpha pedicellata Klatt	4	1	1	
Schistocarpha platyphylla Greenm.	18	1	1	1
Schkuhria pinnata (Lam.) Kuntze	4	1		
Senecio bracteatus Klatt	21	1		
Senecio callosus Sch. Bip.	15	1	1	1
Senecio conzattii Greenm.	22	1	1	
Senecio deppeanus Hemsl.	4	1		
Senecio picridis S. Schauer	10	1	1	
Senecio polypodioides (Greene) T. Durand & B.D. Jacks.	13	1		
Sidneya pinnatilobata (Sch. Bip.) E.E. Schill. & Panero	1	1		
Sigesbeckia jorullensis Kunth	23	1	1	
Sigesbeckia repens B.L. Rob. & Greenm.	7	1		
Simsia amplexicaulis (Cav.) Pers.	1	1		
Simsia sanguinea A. Gray	1	1		
Sinclairia deppeana (Less.) Rydb.	15	1	1	
Sinclairia discolor Hook. & Arn.	1		1	
Smallanthus maculatus (Cav.) H. Rob.	3	1		
Smallanthus oaxacanus (Sch. Bip. ex Klatt) H. Rob.	9		1	
Sonchus oleraceus L.	3	1	1	
Stevia connata Lag.	3	1		
Stevia crassifolia Soejima & Yahara	1	1		
Stevia decumbens (B.L. Rob. & Greenm.) Greene	3	1		
Stevia deltoidea Greene	2	1		
Stevia elatior Kunth	6	1	1	
Stevia incognita Grashoff	3	1		1
Stevia jorullensis Kunth	10	1	1	
Stevia latifolia Benth.	1	1		
Stevia lucida Lag.	16	1		
Stevia microchaeta Sch. Bip.	57	1	1	1
Stevia monardifolia Kunth	2	1		
Stevia oligophylla Soejima & Yahara	1	1		
Stevia origanoides Kunth	2	1		
Stevia ovata Willd.	7	1	1	1
Stevia polycephala Bertol.	8	1	1	
Stevia purpusii B.L. Rob.	1	1		

Apéndice. Continuación.

Especie	Registros	Ixtlán	Mixe	Villa Alta
Stevia seemannii Sch. Bip.	4	1		
Stevia serrata Cav.	2	1	1	
Stevia suaveolens Lag.	3	1		
Stevia subpubescens Lag.	8	1	1	
Stevia viscida Kunth	1	1		
Stramentopappus congestiflorus Redonda-Martínez & Villaseñor	5	1		
Stramentopappus pooleae (B.L. Turner) H. Rob. & V.A. Funk	16	1	1	
Symphyotrichum expansum (Poepp. ex Spreng.) G.L. Nesom	7	1	1	
Symphyotrichum moranense (Kunth) G.L. Nesom	7	1	1	
Symphyotrichum novi-belgii (L.) G.L. Nesom	1		1	
Tagetes erecta L.	12	1	1	
Tagetes filifolia Lag.	15	1	1	1
Tagetes lucida Cav.	21	1	1	
Tagetes micrantha Cav.	2	1		
Tagetes tenuifolia Cav.	17	1	1	1
Tanacetum parthenium (L.) Sch. Bip.	16	1	1	
Taraxacum officinale F.H. Wigg.	4	1		
Telanthophora andrieuxii (DC.) H. Rob. & Brettell	24	1	1	
Telanthophora cobanensis (J.M. Coult.) H. Rob. & Brettell	1	1		
Telanthophora grandifolia (Less.) H. Rob. & Brettell	23	1	1	
Telanthophora liebmannii (Buchinger ex Klatt) H. Rob. & Brettell	17	1	1	1
Telanthophora uspantanensis (J.M. Coult.) H. Rob. & Brettell	21	1	1	1
Tetrachyron orizabaense (Klatt) Wussow & Urbatsch	5		1	
Tithonia diversifolia (Hemsl.) A. Gray	4	1	1	
Tithonia longiradiata (Bertol.) S.F. Blake	12	1	1	
Tithonia tubiformis (Jacq.) Cass.	6	1		
Tridax brachylepis Hemsl.	1	1		
Tridax coronopifolia (Kunth) Hemsl.	2	1		
Tridax procumbens L.	1			1
Trigonospermum melampodioides DC.	20	1	1	1
Trixis alata D. Don	1	1		
Trixis pringlei B.L. Rob. & Greenm.	2	1		
Verbesina abscondita Klatt	1	1		
Verbesina crassipes B.L. Rob. & Greenm.	2	1		
Verbesina hypoglauca Sch. Bip. ex Klatt	10	1	1	
Verbesina neriifolia Hemsl.	10		1	
Verbesina oerstediana Benth.	1		1	
Verbesina perymenioides Sch. Bip. ex Klatt	3	1		
Verbesina sericea Kunth & Bouché	2	1		
Verbesina turbacensis Kunth	12	1	1	
Verbesina virgata Cav.	2	1		
Vernonanthura patens (Kunth) H. Rob.	16	1	1	

Apéndice. Continuación.

Especie	Registros	Ixtlán	Mixe	Villa Alta
Vernonia karvinskiana DC.	24	1	1	
Xanthium strumarium L.	1	1		
Zaluzania montagnifolia (Sch. Bip.) Sch. Bip.	1	1		
Zexmenia serrata La Llave	2	1		
Zinnia elegans Jacq.	3	1		
Zinnia peruviana (L.) L.	4	1		

Factores ambientales relacionados con la cobertura de *Agave angustifolia* (Asparagaceae) en el matorral costero de Yucatán, México

Environmental factors associated with the cover of *Agave angustifolia* (Asparagaceae) in the coastal scrubland of Yucatán, Mexico

José Carlos Cervera Herrera[1], Jorge L. Leirana-Alcocer[1,2], Jorge A. Navarro Alberto[1]

1 Universidad Autónoma de Yucatán, Cuerpo Académico de Ecología Tropical, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Yucatán, México.
2 Autor para la correspondencia: jleirana@correo.uady.mx

Recibido: 19 de mayo de 2017.
Revisado: 18 de octubre de 2017.
Aceptado: 11 de enero de 2018.
Primero en línea: 29 de mayo de 2018.
Publicado: 1 de julio de 2018.

Citar como:
Cervera Herrera, J. C., J. L. Leirana-Alcocer y J. A. Navarro Alberto. 2018. Factores ambientales relacionados con la cobertura de *Agave angustifolia* (Asparagaceae) en el matorral costero de Yucatán, México. Acta Botanica Mexicana 124: 75-84. DOI: 10.21829/abm124.2018.1252

DOI:
10.21829/abm124.2018.1252

Resumen:

Antecedentes y Objetivos: *Agave angustifolia,* o chelem, es el único maguey silvestre de la Península de Yucatán y es el ancestro de especies domesticadas de gran valor económico y cultural. Presta importantes servicios ambientales como recurso alimenticio para la fauna, fijación de suelos arenosos y captura de carbono en ambientes áridos con suelos pobres. Es un cultivo potencial de cara al aumento de las sequías predichas para la región y del empobrecimiento genético del henequén. El objetivo de este trabajo es recabar datos sobre la densidad de sus poblaciones, su patrón espacial, estructura poblacional y la relación entre su abundancia y los factores ambientales en el matorral costero de Yucatán, con el fin de evaluar su uso en la restauración ecológica.

Métodos: Se muestrearon tres localidades costeras: Chuburná (Ch), San Benito (SB) y Río Lagartos (RL). En SB y RL se trazaron 36 cuadrantes de 4 m^2; dentro de cada uno se estimó el porcentaje de cobertura de *Agave angustifolia*, el de los arbustos de más de 1 m de alto y la cobertura de mantillo. Se tomaron muestras de suelo a las que se analizó pH, conductividad eléctrica, nitrógeno total, materia orgánica y escala de gris. Se describieron la densidad poblacional, distribución espacial y estructura por tamaños de *A. angustifolia* en SB y Ch.

Resultados clave: La cobertura de *Agave angustifolia* se correlaciona negativamente con la cobertura de arbustos y mantillo, y cantidad de materia orgánica. Las densidades de su población fueron inferiores a 0.1 individuos/m^2, hubo una mayor proporción de plántulas y su distribución espacial es agregada.

Conclusiones: Al soportar suelos pobres, altas temperaturas y radiación solar, la especie puede servir para restaurar algunas funciones ecológicas en las zonas más áridas de la costa donde la vegetación ha sido severamente dañada.

Palabras clave: Arenosol, distribución espacial, estructura poblacional, suculenta, taxon emparentado con cultivos, zonas semiáridas.

Abstract:

Background and Aims: *Agave angustifolia*, or chelem, is the only wild species of the Yucatán Peninsula and is the ancestor of cultivated species with great economic and cultural values. It provides important environmental services such as food source for fauna, it fixes sandy soils and sequesters carbon in arid habitats with poor soils. It is a potential crop that may face the dryness exacerbation expected for the region and the genetic erosion of henequen. The aim of this work is to gather data about its population density, spatial pattern, size structure, and the relationship between its abundance and environmental factors of the Yucatán coastal scrublands, in order to assess the use of the species for ecological restauration purposes.

Methods: Field work was carried out in three coastal sites: Chuburná (Ch), San Benito, (SB) and Río Lagartos (RL). Thirty six 4 m^2 plots were placed in SB and RL; we estimated the relative cover of *Agave angustifolia,* shrubs higher than 1 m and litter in each plot. Potential of Hidrogen (pH), electric conductivity, total nitrogen, organic matter and gray scale were measured from the soil samples collected. Population density, spatial pattern and size structure of *A. angustifolia* in SB and Ch were also described.

Key results: The cover of *Agave angustifolia* is negatively correlated to the shrubs and litter cover, as well as the amount of organic matter. The population density was lower than 0.1 individuals/m^2, small individuals dominated the population structure and the spatial pattern is aggregated.

Conclusions: Because its ability to live in poor soils, high temperatures and solar radiation, the species could be used to restore some ecological functions in the most arid habitats of the coast where the vegetation has been severily damaged.

Key words: Arenosol, crop related taxa, population structure, semiarid zones, spatial distribution, succulent.

Introducción

Agave angustifolia Haw., o chelem, como es llamado en lengua maya, es el único maguey silvestre de la Península de Yucatán y es el ancestro más probable de especies domesticadas de gran valor económico y cultural como el henequén, el sisal y el agave azul (Colunga-García Marín et al., 1996). Es un recurso de importancia comercial en México y otras partes del mundo pues proporciona la materia prima de diferentes productos industrializados como fibra, jarabe edulcorante, biocombustible y bebidas alcohólicas (García-Mendoza et al., 1993; Salazar-Solano y Mungaray-Lagarda, 2009).

Esta especie puede, así mismo, ser un cultivo alternativo que proporcione cierta resiliencia a los sistemas rurales de producción, de cara al aumento de las sequías que se pronostican para la Península de Yucatán (Hernández-Cerda y Valdez-Madero, 2004) y al empobrecimiento genético del henequén (Colunga-García Marín et al., 1996).

En los ecosistemas en los que esta especie está presente, sus poblaciones naturales prestan importantes servicios ambientales, ya que sus flores y frutos proporcionan alimento a quirópteros, aves e insectos nectarívoros y granívoros, sus raíces fijan el suelo en dunas arenosas y sus individuos secuestran carbono en ambientes áridos con suelos pobres (Rocha et al., 2006; García-Moya et al., 2011; Medina-van Berkum et al., 2016).

Agave angustifolia es un buen candidato para ser reintroducido a ecosistemas degradados, ya que es resistente a las condiciones estresantes como la escasez de agua y altas temperaturas (García-Moya et al., 2011). Sin embargo, para conservarlo es necesario recabar información sobre los factores ambientales asociados a su cobertura relativa y conocer la densidad y estructura de sus poblaciones.

En el caso de los agaves y otras suculentas, entre los factores más importantes que determinan su cobertura relativa se encuentran el acceso a la luz y la competencia por ella con arbustos o árboles; en estudios experimentales también se ha documentado la importancia de algunas propiedades del suelo como el contenido de materia orgánica y el nitrógeno (Nobel, 1988).

En especies longevas, la estructura por tamaños o etapas de vida de una población, es el resultado de los procesos de reclutamiento y mortalidad pasados; conocerlos nos da una idea de la historia de la especie en una localidad. De igual manera, la estructura determina en gran medida su futuro a corto plazo, ya que incide en las tasas de crecimiento poblacional (Krebs, 2009).

La densidad real de las especies nos proporciona un indicador de los sitios en los que la especie es más abundante o escasa, pero sin tomar en cuenta el arreglo espacial de la población dentro del hábitat y de qué manera ocupa los diferentes microambientes que existen en él. La densidad ecológica, por otro lado, proporciona información sobre los mecanismos de dispersión de la especie, de las interacciones entre sus individuos y de su distribución en los diferentes microhábitats.

En las especies de crecimiento clonal, sobre todo en fragmentos con condiciones favorables, los propágulos se producen en abundancia y muy cerca de la planta madre; estos clones tienden a tener una alta sobrevivencia, por lo que las densidades ecológicas tienden a ser más altas que cuando la propagación principal es mediante semillas, o en microambientes menos propicios.

El objetivo de este trabajo es recabar datos sobre la relación entre la cobertura relativa de *A. angustifolia* y algunos factores ambientales, la densidad de las poblaciones, su patrón espacial y estructura poblacional en el matorral costero de Yucatán, lo que determinará su potencial en la restauración ecológica de este ecosistema.

Materiales y Métodos

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en las siguientes tres localidades de la costa de Yucatán (Fig. 1): Chuburná (Ch) (21°15'44.51"N, 89°50'13.5"O), San Benito (SB) (21°19'44.51"N, 89°24'08.8"O) y Río Lagartos (RL) (21°36'40.71"N, 88°03'10.3"O), en el paisaje geomorfológico de "cordón litoral" en el que los suelos son arenosoles calcáreos de colores muy claros y de origen marino (Bautista et al., 2015). Este suelo presenta buen drenaje y no es capaz de almacenar

el agua y los nutrimentos de manera eficaz (León-Arteta, 2003). El contenido de materia orgánica, nitrógeno y otros elementos se correlaciona con la cobertura de los arbustos (Leirana-Alcocer y Bautista, 2014), de manera que cuando la vegetación es destruida, el suelo es incapaz de retener estos nutrimentos por mucho tiempo. El clima en las áreas de estudio oscila entre el cálido seco (BS), con precipitaciones anuales menores a los 600 mm y el cálido subhúmedo (AW) con precipitaciones de 800 mm. Las temperaturas medias anuales son superiores a los 25 °C en toda la costa.

La vegetación en este paisaje se denomina matorral de duna costera o matorral costero (Flores y Espejel, 1994; Espejel et al., 2017), con características fisionómicas de un matorral xerófilo tales como la dominancia de arbustos espinosos, esclerófilos y abundancia de especies suculentas como las cactáceas y los agaves (González-Medrano, 2004). Algunas de las especies dominantes en el estrato arbustivo del matorral costero son *Coccoloba uvifera* (L.) L., *Pithecellobium keyense* Britton, *Caesalpinia vesicaria* L., *Metopium brownei* (Jacq.) Urb. y *Bumelia retusa* Sw., los cuales pueden servir de hospedero a bromelias epífitas como *Tillandsia* sp. u orquídeas como *Myrmecophila christinae* Carnevali & Gómez-Juárez. También son frecuentes algunas cactáceas como *Opuntia stricta* (Haw.) Haw., *Acanthocereus tetragonus* (L.) Hummelinck, *Selenicereus donkelaarii* (Salm-Dyck) Britton & Rose y *Mammillaria gaumeri* (Britton & Rose) Orcutt. Los agaves pueden ser espacialmente raros, aunque existen fragmentos en los que su densidad es muy alta (>5 individuos/m^2).

Relación *Agave angustifolia*-ambiente

Para determinar la correlación entre la cobertura de *Agave angustifolia* y algunas propiedades del suelo y la vegetación se usaron datos colectados en abril de 2008 en San Benito (SB) y en Río Lagartos (RL). En cada sitio se delimitaron dos transectos de 180 m de largo perpendiculares a la línea de costa. Sobre cada transecto se marcaron 18 cuadrantes de 4 m^2 cada 10 metros. Dentro de cada uno de estos cuadrantes se midió el porcentaje de cobertura de mantillo (MAN), el de arbustos de más de 1 m de altura (ARB) y el de *A. angustifolia* (AGV).

En cada cuadrante se tomó una muestra de 100 cm^3 de los primeros 5 cm de suelo, utilizando cilindros de PVC de 5.08 cm de diámetro y 5 cm de largo; no se incluyó el mantillo superficial en la muestra. Las muestras de suelos se secaron a temperatura ambiente hasta peso constante,

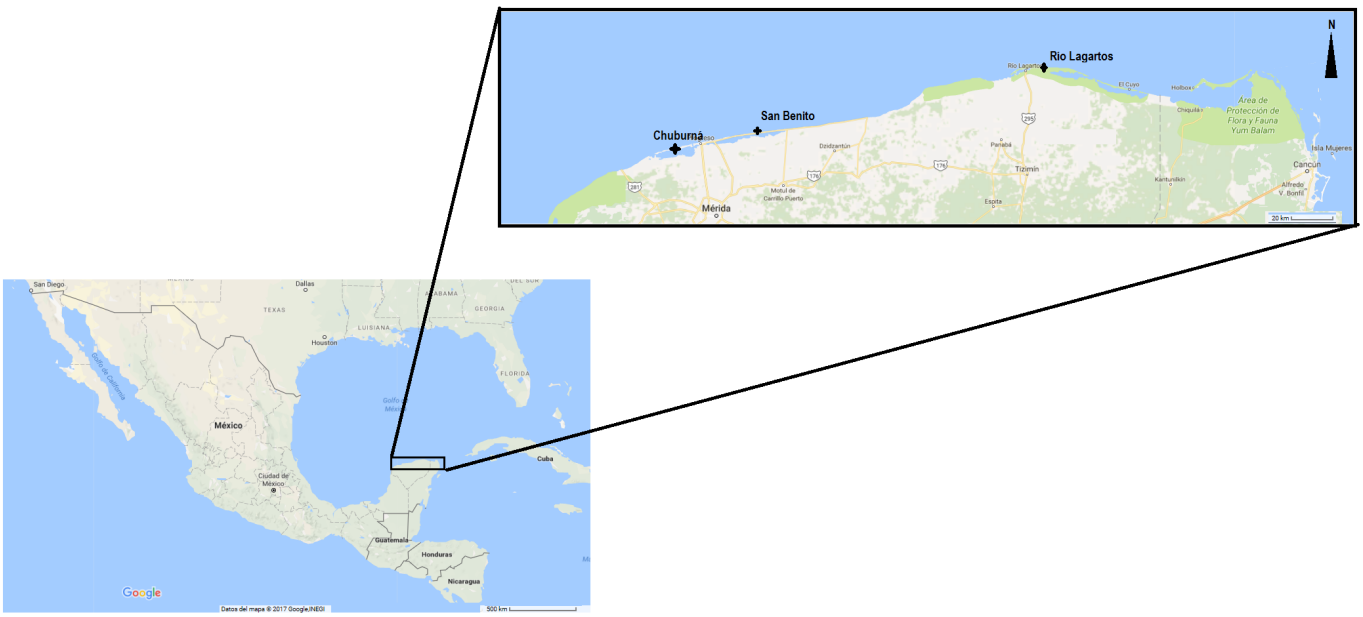


Figura 1: Localización de los sitios de estudio (Chuburná, San Benito y Río Lagartos) en la costa de Yucatán, México.

se midió densidad aparente (relación peso-volumen en g/cm^3), porcentaje de materia orgánica (oxidación húmeda), contenido de nitrógeno total en mg/kg (destilación), pH de solución 1:10 por el método de potenciómetro (medidor de electrodo de gel modelo HI 9124, Hannah Instruments, Woonsocket, RI, EUA) y conductividad eléctrica en µS/cm (conductímetro modelo HI 9033, Hannah Instruments, Woonsocket, RI, EUA) en una solución acuosa 1:10. Por último, se comparó el color de las muestras de suelo con la carta de escala de grises Q13 de Kodak; a cada muestra de suelo se le asignó un valor de escala de gris según su semejanza con el patrón correspondiente de la carta (Leirana-Alcocer y Bautista, 2014).

Se realizaron análisis de correlación simple entre estas variables y la cobertura de *A. angustifolia* usando el programa Statgraphics Centurion XV plus (StatPoint Inc., 2005). Adicionalmente, se llevó a cabo un análisis de correlación parcial entre las variables ARB, MAN y oscuridad, para dilucidar cuál de ellas explicaba mejor la variación en la cobertura de *A. angustifolia*, ya que todas ellas se correlacionaban fuertemente entre sí. Se reportan primero las correlaciones simples en forma de cuadro y enseguida los resultados de las correlaciones parciales.

Estructura poblacional y patrón espacial

Para describir la estructura poblacional y el patrón espacial de *Agave angustifolia,* en noviembre de 2016 realizamos búsquedas intensivas de individuos en Chuburná y San Benito, dos de los sitios de estudio. En cada sitio se trazaron dos cuadrantes rectangulares de 800 m^2 cada uno, sus lados más largos eran perpendiculares a la línea costera y medían 200 × 4 m. Los transectos solamente incluyeron la vegetación de matorral costero que se desarrolla a una distancia de 40 a 50 m de la playa. A los individuos así encontrados se les midió su altura máxima (excluyendo la inflorescencia), longitud de la hoja más larga y diámetro de la copa. Además, se midió la distancia de cada individuo al conespecífico más cercano, a este valor se le llamará en lo sucesivo "distancia mínima".

Las variables indicadoras de tamaño (altura, longitud de la hoja y número de hojas) presentaron una muy alta correlación. Por lo tanto, se optó por usar el diámetro de la copa de los individuos para clasificarlos en clases de tamaños, ya que este valor será más fácil de comparar con otros estudios publicados. Los individuos se dividieron en seis clases de tamaño según el diámetro de su copa, siguiendo a Arias-Medellín et al. (2016): I) 0-5 cm, II) 5.1-20 cm, III) 20.1-50 cm, IV) 50.1-100 cm, V) 100.1-150 cm y VI) >150 cm. Se registraron los individuos que estaban produciendo inflorescencias para recabar los datos sobre los tamaños de los sexualmente reproductivos.

Se estimó la densidad real al dividir el número de individuos encontrados en cada sitio entre la superficie muestreada, que fue de 1600 m^2 en ambos casos.

La distancia mínima sirvió para estimar tanto la densidad ecológica como el índice de agregación, también se probó la hipótesis de que este parámetro variaba entre individuos de diferente tamaño.

La densidad ecológica se define como la densidad de individuos en la fracción del hábitat usada por la especie y se estimó usando la siguiente fórmula (Krebs, 1998):

$$\hat{N} = {}^{n}/_{\pi \sum r_i^2}$$

En donde: $\hat{N}$ es la densidad ecológica estimada, n es el número de individuos muestreados y r_i es la distancia entre el individuo i y su conespecífico más cercano.

El índice de agregación espacial que estimamos fue el de Clark y Evans, (1954, citado en Krebs, 1998) con su respectiva probabilidad P.

Para probar si las distancias mínimas variaban con la clase de tamaño se realizó un análisis de varianza en el que la distancia mínima fue transformada a ln(x) para cumplir los supuestos de normalidad de residuos y homogeneidad de varianza; se comprobó que sí se cumplieron.

Resultados

Relación *Agave angustifolia*-ambiente

En el cuadro 1 se presentan las correlaciones simples de las siguientes variables: cobertura relativa de *A. angustifolia*, cobertura de arbustos >1 m de alto, cobertura de

Cuadro 1: Correlaciones entre las variables ambientales medidas y la cobertura de *Agave angustifolia* Haw. en las localidades de San Benito (SB) y Río Lagartos (RL), Yucatán, México. Cobertura de arbustos >1 m de alto (ARB), cobertura de mantillo (MAN), conductividad eléctrica del suelo (CE), escala de gris (EG), porcentaje de materia orgánica del suelo (MO %), densidad aparente (DA), nitrógeno total (NT), diferencias no significativas (NS).

	Cobertura *Agave angustifolia* Haw.	MAN	DA	NT	MO %	pH	CE	EG
ARB	-0.37(0.04)	0.60(<0.01)	NS	0.39(0.04)	NS	NS	0.56(0.023)	NS
MAN	-0.45(0.02)		NS	0.55(0.01)	NS	NS	NS	NS
DA	NS			-0.44(0.02)	-0.75(<0.01)	NS	NS	0.80(<0.01)
NT	NS				0.87(<0.01)	NS	NS	-0.52(<0.01)
MO %	NS					NS	NS	-0.81(<0.01)
pH	NS						0.6 (<0.01)	NS
CE	NS							-0.62(0.01)
EG	-0.39(0.03)							

mantillo, conductividad eléctrica del suelo, escala de gris del suelo, materia orgánica del suelo, densidad aparente y nitrógeno total del suelo en San Benito (SB) y Río Lagartos (RL). En el cuadro 2 se presentan los valores promedio y las desviaciones estándar de las variables edáficas de ambas localidades.

La cobertura de arbustos de más de 1 m de alto (ARB) y las variables asociadas a la fertilidad del suelo, oscuridad y mantillo (MAN) se correlacionaron negativamente con la cobertura de *A. angustifolia*. Las otras variables no presentaron correlaciones significativas.

En las correlaciones parciales de estas tres variables con *A. angustifolia* se encontró que las más altas fueron con MAN cuando se controlaban tanto el efecto de oscuridad (r=-0.59, P<0.01) como de ARB (r=-0.47, P=0.01). Cuando se controlaba el efecto de MAN ninguna resultó significativa. Esto indica que la variable independiente más asociada con *A. angustifolia* es la cobertura de mantillo.

Cuadro 2: Medias y desviaciones estándar (entre paréntesis) de las variables edáficas por sitio (San Benito y Río Lagartos). Cobertura de arbustos >1 m de alto (ARB), cobertura de mantillo (MAN), conductividad eléctrica del suelo (CE), escala de gris (EG), porcentaje de materia orgánica del suelo (MO %), densidad aparente (DA), nitrógeno total (NT).

Variable	San Benito	Río Lagartos
ARB	76(50)	86(52)
MAN	70(33)	72(26)
DA	1.2(0.07)	1.1(0.11)
NT	0.14(0.05)	0.2(0.11)
MO%	0.89(0.80)	2.6(2.7)
pH	7.3(0.21)	7.4(0.5)
CE	1042(664)	1152(990)
EG	13(7.4)	14.8(6.6)

Estructura poblacional y patrón espacial

En San Benito la categoría de tamaño con mayor frecuencia fue la II (de 5.1 a 20 cm de diámetro de la copa), mientras que en Chuburná fue la III (20.1 a 50 cm). En ambos sitios la categoría I (<5 cm) tuvo muy baja frecuencia relativa. En Chuburná no se encontraron individuos de la categoría VI, que son individuos mayores a 150 cm (Fig. 2).

El tamaño promedio de las plantas que presentaron inflorescencia fue de 120 cm de altura (con valores extremos entre 75 y 200 cm), 75 cm de longitud de hoja (extremos 50 y 115 cm) y una copa de 153 cm de diámetro (extremos 70 y 300 cm). En Chuburná, más de 50% de los individuos en este intervalo de tamaño presentaron inflorescencia, en tanto que en San Benito solamente 26% (noviembre de 2016).

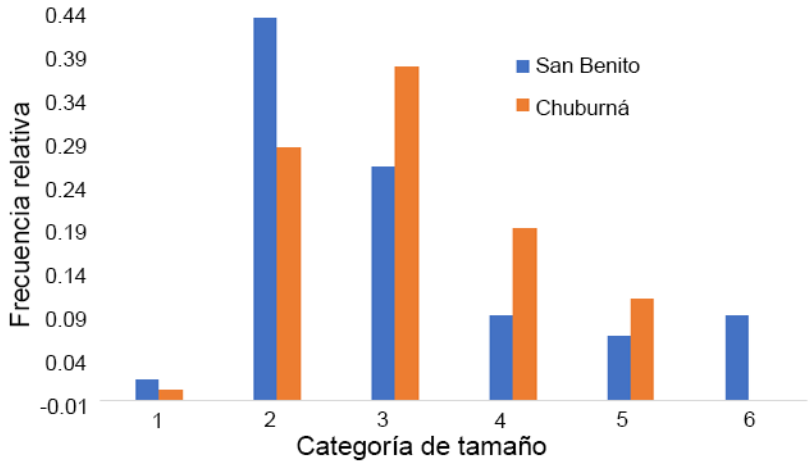


Figura 2: Estructura por tamaños de las poblaciones de *Agave angustifolia* Haw. en Chuburná (n=80) y San Benito (n=128), dos localidades de la costa de Yucatán. Clases de diámetro de la copa en cm: I) 0-5, II) 5.1-20, III) 20.1-50, IV) 50.1-100, V) 100.1-150, VI) >150.

La densidad real en las parcelas muestreadas fue de 0.09 y 0.05 individuos por metro cuadrado en San Benito y Chuburná, respectivamente. La densidad ecológica, es decir la densidad de la especie dentro de la fracción del hábitat ocupado (estimado mediante las distancias mínimas) fue en San Benito de 0.42 y 0.36 individuos/m^2 en Chuburná. En ambas poblaciones los individuos se distribuyen de manera agregada (índice de agregación 0.3 en Chuburná y 0.2 en San Benito, $P<0.01$ en ambos casos).

Las distancias mínimas fueron diferentes en individuos de diferente clase de tamaño, como se muestra en los resultados de la prueba de ANOVA (Cuadro 3). En la figura 3 se muestra la gráfica de medias y error estándar; los literales iguales indican grupos sin diferencias significativas. La Prueba Múltiple de Rangos indicó que la distancia mínima en plántulas (clases I y II de tamaño) era menor que en casi todos los demás grupos. Se observó una tendencia a tener una mayor densidad ecológica de individuos pequeños que mayores.

Discusión

Los resultados sugieren que la cobertura de otros arbustos que compiten por luz y el mantillo que cubre el suelo, son factores que están fuertemente asociados a la disminución de la dominancia relativa de *A. angustifolia*. Esto concuerda con los datos experimentales de este y otros agaves que demuestran que la radiación fotosintéticamente activa, junto con el agua, es uno de los principales factores limitantes de las tasas fotosintéticas en individuos juveniles y adultos (Winter et al., 2014).

En Chuburná se ha documentado que la densidad del flujo de fotones fotosintéticamente activos disminuye drásticamente (hasta 20% del flujo ambiental) bajo el follaje de arbustos muy densos (Hernández-Mendoza y colaboradores, datos sin publicar), lo que ocasiona que la cobertura de herbáceas sea muy pequeña. Los sitios en los que la cobertura del mantillo es mayor, y el suelo contiene más materia orgánica (y tiende a presentar una pigmentación más oscura), probablemente son aquellos en los que el matorral tiene más tiempo de haberse establecido. Por lo tanto, no solamente las condiciones actuales son adversas, sino que el fragmento tiene una historia en la que las condiciones han sido subóptimas para el crecimiento y sobrevivencia de *A. angustifolia.* Sin embargo, no se puede descartar que el mantillo y el color del suelo pueden también tener un efecto directo sobre las semillas y propágulos de agave, al modificar la calidad de la luz que llega al suelo.

Cuadro 3: Anova de las diferencias en las distancias mínimas de individuos de *Agave angustifolia* Haw. de diferentes clases de tamaños en Chuburná y San Benito, Yucatán.

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrados medios	Razón F	P
Entre clases de tamaño	3.58	5	0.72	7.99	<0.001
Dentro de clases de tamaño	10.67	119	0.09		
Total	14.26	124			

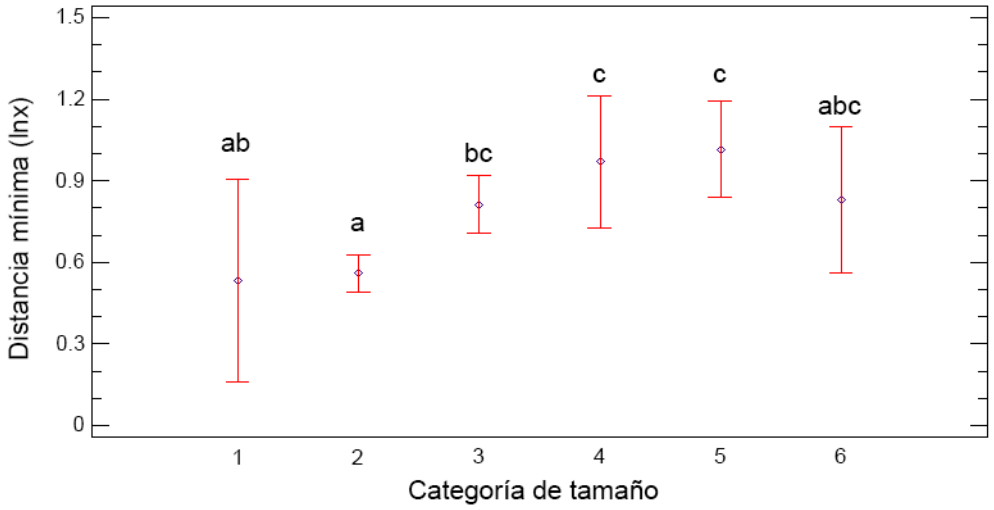


Figura 3: Promedio y error estándar de las distancias mínimas en metros (ln(x)) entre individuos de *Agave angustifolia* Haw. por clase de tamaño en Chuburná y San Benito, Yucatán. Clase de tamaño según el diámetro de la copa en cm: I) 0-5, II) 5.1-20, III) 20.1-50, IV) 50.1-100, V) 100.1-150, VI) >150.

La cubierta de mantillo, al filtrar la luz, hace que disminuya la razón: rojo/rojo lejano de la radiación que llega hasta el suelo (Vázquez-Yañes et al., 1990), lo que puede inhibir la germinación de semillas y la producción de propágulos de algunas especies de crecimiento clonal (Oborny, 1994). En este tipo de vegetación, en los fragmentos con matorrales densos, se puede formar una capa de hojarasca de más 2 cm de espesor (obs. pers.), que se acumula debido a su lenta descomposición producida por baja humedad característica de los climas semiáridos.

En la literatura se reporta que la tasa de crecimiento de *A. angustifolia* y otras especies del mismo género se correlaciona positivamente con algunas variables que determinan la calidad del suelo cuando no existen otros factores limitantes (Nobel, 1988; García-Moya et al., 2011). De hecho, cuando se controla el efecto de los otros factores, solamente la cobertura de mantillo tiene una asociación fuerte con la cobertura de *A. angustifolia*. Es conocida la capacidad de los agaves de sobrevivir en suelos pobres y secos (Ramírez-Tobías et al., 2014; Owen et al., 2015), y su habilidad de asociarse con hongos micorrizógenos (Carmona-Escalante et al., 2013), que le permiten aumentar su eficiencia en la adquisición de agua y nutrimentos edáficos.

La estructura por tamaños refleja el hecho de que la germinación o sobrevivencia de plántulas es muy baja, como es característico en plantas de vida larga en ecosistemas áridos y semiáridos (Nobel, 1988). La alta frecuencia relativa de individuos de tamaño II y III puede ser consecuencia de que cada individuo es capaz de producir varios

clones en estas categorías, sobre todos los originados por rizomas. Se ha reportado que estos clones tienen una alta tasa de sobrevivencia gracias al aporte de agua y fotosintatos de la planta madre (Badano y Pugnaire, 2004). En este estudio se observó que individuos menores a 50 cm de altura ya son capaces de producir clones rizomatosos.

Las poblaciones de *A. angustifolia* podrían mantenerse, e incluso aumentar, debido a que en ambos sitios hay perturbaciones de la vegetación como la tala y poda de vegetación arbustiva, lo que incrementa la cantidad de luz que penetra hasta el suelo. No obstante, la extracción y destrucción de individuos adultos podría revertir este efecto, ya que en el género *Agave* L. el reclutamiento de nuevos adultos a partir de semillas es poco frecuente (Jordan y Nobel, 1979; Nobel, 1988).

La densidad real de *A. angustifolia* es muy baja porque la vegetación en los sitios de estudio consiste en un matorral muy cerrado, con arbustos que generan una sombra muy espesa, que como ya se vio está asociada negativamente a la cobertura de agave. La densidad ecológica, la cual indica la densidad en la fracción de hábitat realmente ocupada por la especie, es entre cuatro y siete veces mayor que su densidad real. Esto es posible porque la distribución espacial, tanto de la especie como de sus microambientes favorables, resultó ser fuertemente agregada. Las especies de crecimiento clonal tienden a producir más clones por unidad de área en microambientes favorables (Oborny, 1994). Esto les permite reducir la probabilidad de que un organismo competidor se establezca y los desplace y compensa por la baja productividad en microambientes desfavorables del hábitat.

Asimismo, aunque la reproducción por semillas podría generar un patrón menos agregado, la germinación y sobrevivencia para magueyes silvestres en ambientes naturales es un evento muy poco frecuente (menor a 1%) (Jordan y Nobel, 1979; Ramírez-Tobías et al., 2014), como se pudo notar en la menor frecuencia relativa de individuos de clase de tamaño I. Es probable que la reproducción sexual sea importante en el mantenimiento de la diversidad y en la generación de nuevas combinaciones genéticas; sin embargo, se ha reportado que su contribución demográfica es prácticamente nula y el mantenimiento y crecimiento de las poblaciones ocurre principalmente por reproducción asexual (Arizaga y Ezcurra, 2002).

La población tuvo una distribución agregada y hubo una tendencia a que los individuos más pequeños tuvieran distancias menores a su vecino más cercano, quizá debido a que las plántulas sufren menos por la competencia de sus congéneres, pero ésta aumenta de intensidad a medida que las plantas aumentan su cobertura y masa radicular.

Aunque la sombra parcial reduce la tasa fotosintética de agaves adultos y juveniles, en otras especies del género, las plántulas originadas a partir de semillas requieren de sombra parcial para poder sobrevivir y crecer en ambientes cálidos y secos (Jordan y Nobel, 1979; Franco y Nobel, 1988). En el caso de *Agave angustifolia*, para individuos más pequeños, las tasas de fotosíntesis y crecimiento son mayores en individuos que reciben 50% de la luz ambiental total que las iluminadas con mayor o menor intensidad (Cervera, datos sin publicar).

En este sentido, la reproducción clonal, presente en agaves, cactáceas y otras especies xerófitas es una clara ventaja, pues los propágulos presentan una baja tasa de mortalidad, aún en condiciones de alta radiación, al recibir agua y fotosintatos de la planta madre (Badano y Puignare, 2004; García-Moya et al., 2011).

La densidad real fue mayor en San Benito, probablemente porque en ese lugar se da "limpieza" frecuente a los terrenos, la cual consiste en la tala y poda de arbustos, lo que provoca un aumento de la tasa de crecimiento y cobertura de *A. angustifolia*, como sugieren las correlaciones negativas entre cobertura de arbustos y de agave.

Conclusiones

Agave angustifolia es una especie que, al resistir condiciones de alta radiación y escasez de nutrimentos del suelo, tiene potencial para restaurar algunas funciones ecosistémicas del matorral costero de Yucatán, en especial áreas en las que se ha destruido la cobertura arbustiva. Los datos sugieren que la abundancia de la especie puede ser alta en ambientes en los que la cobertura arbustiva y de mantillo es escasa, ya que las condiciones de alta radia-

ción favorecen el crecimiento individual y probablemente la producción de clones en el rizoma.

En las poblaciones de Chuburná y San Benito ha habido poco reclutamiento de plántulas menores a 5 cm de diámetro de copa, lo que es común para especies longevas en ambientes semiáridos y cálidos (Franco y Nobel, 1988; Arias-Medellín et al., 2016; Zepeda et al., 2017).

Contribución de autores

JL y JC concibieron y diseñaron el estudio. JN y JL realizaron los análisis estadísticos. Todos los autores contribuyeron a la adquisición de datos y su interpretación. JL escribió el manuscrito con la ayuda de los otros autores. Todos los autores contribuyeron a la discusión, revisión y aprobación del manuscrito final.

Financiamiento

Este trabajo fue apoyado por el Programa para el Desarrollo Profesional Docente (PRODEP) de la Secretaría de Educación Pública, mediante el proyecto "Estudio de la diversidad y las interacciones bióticas para la conservación y restauración de la vegetación de la Reserva de la Biósfera Ría Lagartos, Yucatán (segunda fase)".

Agradecimientos

A Ileana Lugo y Vanessa Hernández, estudiantes de la Universidad Autónoma de Yucatán, por su valiosa colaboración en el campo. Al personal de la Reserva de la Biósfera Ría Lagartos por las facilidades otorgadas.

Literatura citada

Arias-Medellín, L. A., C. Bonfil y T. Valverde. 2016. Demographic analysis of *Agave angustifolia* (Agavaceae) with an emphasis on ecological restoration. Botanical Sciences 94(3): 513-530. DOI: https://doi.org/10.17129/botsci.525

Arizaga, S. y E. Ezcurra. 2002. Propagation mechanisms in *Agave macroacantha* (Agavaceae), a tropical arid-land rosette. American Journal of Botany 89(4): 632-641. DOI: https://doi.org/10.3732/ajb.89.4.632

Badano, E. I. y F. I. Pugnaire. 2004. Invasion of *Agave* species (Agavaceae) in south-east Spain: invader demographic parameters and impacts on native species. Diversity and Distributions 10(5-6): 493-500. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1366-9516.2004.00086.x

Bautista, F., O. Frausto, T. Ihl y Y. Aguilar. 2015. Actualización del mapa de suelos del estado de Yucatán, México: Enfoque geomorfopedológico y WRB. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 2(6): 303-315.

Carmona-Escalante, A., P. Guadarrama, J. Ramos-Zapata, S. Castillo-Agüero y N. M. Montaño. 2013. Arbuscular micorrhizal fungi associated with coastal vegetation in Chuburná, Yucatán, Mexico. Tropical and Subtropical Agroecosystems 16(3): 431-443.

Clark, P. J. y F. C. Evans. 1954. Distance to nearest neighbor as a measure of spatial relationships in populations. Ecology 35(4): 445-453. DOI: https://doi.org/10.2307/1931034

Colunga-García Marín, P., E. Estrada-Loera y F. May-Pat. 1996. Patterns of morphological variation, diversity, and domestication of wild and cultivated populations of *Agave* in Yucatán, Mexico. American Journal of Botany 83(8): 1069-1082. DOI: https://doi.org/10.1002/j.1537-2197.1996.tb12805.x

Espejel, I., O. Jiménez-Orocio, G. Castillo-Campos, P. P. Garcillán, L. Álvarez, S. Castillo-Argüero, R. Durán, M. Ferrer, D. Infante-Mata, S. Iriarte, J. L. León de la Luz, H. López-Rosas, A. Medel Narváez, R. Monroy, P. Moreno-Casasola, J. P. Rebman, N. Rodríguez-Revelo, J. Sánchez-Escalante y S. Vanderplank. 2017. Flora en playas y dunas costeras de México. Acta Botanica Mexicana 121: 39-81. DOI: https://dx.doi.org/10.21829/abm121.2017.1290

Flores, S. J. e I. Espejel. 1994. Tipos de vegetación de la Península de Yucatán. Etnoflora Yucatanense 3: 1-35.

Franco, A. y P. S. Nobel. 1988. Interactions between seedlings of *Agave deserti* and the Nurse Plant *Hilaria rigida*. Ecology 69(6): 1731-1740. DOI: https://doi.org/10.2307/1941151

García-Mendoza, A., P. Colunga-García Marín y R. Jr. Bye. 1993. Los usos *de Agave angustifolia* (Haw.), ancestro silvestre del henequén en su área de distribución geográfica. In: Peniche, R. y B. Santamaría (eds.). Memorias de la Conferencia Nacional sobre el Henequén y la Zona Henequenera de Yucatán. Gobierno del Estado de Yucatán, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT),

Universidad Autónoma de Yucatán, Sostenibilidad Maya, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. 25-28 octubre 1992. Mérida, Yucatán, México. Pp. 92-112.

García-Moya, E., A. Romero-Manzanares y P. S. Nobel. 2011. Highlights for *Agave* productivity. Global Change Biology, Bioenergy 3(1): 4-14. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1757-1707.2010.01078.x

González-Medrano, F. 2004. Las comunidades vegetales de México. Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F., México. 82 pp.

Hernández-Cerda, M. E. y G. Valdez-Madero. 2004. Sequía meteorológica. In: Martínez, J. y A. Fernández (comps.). Cambio climático, una visión desde México. Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F., México. Pp. 315-326.

Jordan, P. W. y P. S. Nobel. 1979. Infrequent establishment of seedlings of *Agave deserti* (Agavaceae) in the northwestern Sonoran Desert. American Journal of Botany 66(9): 1079-1084. DOI: https://doi.org/10.2307/2442574

Krebs, C. J. 1998. Ecological methodology. Wiley and Sons. New York, USA. 620 pp.

Krebs, C. J. 2009. Ecology, the experimental analysis of distribution and abundance. Pearson. New York, USA. 655 pp.

Leirana-Alcocer, J. y F. Bautista. 2014. Patrones de asociación entre la cobertura vegetal y la calidad del suelo en el matorral costero de la Reserva Ría Lagartos, Yucatán. Ciencia UAT 8(2): 44-53. DOI: https://doi.org/10.29059/cienciauat.v8i2.297

León-Arteta, R. 2003. Manual edafológico de campo. 2a. ed. Textos Universitarios, Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México. 205 pp.

Medina-van Berkum, P., V. P. Parra-Tabla y J. L. Leirana-Alcocer. 2016. Recursos florales y colibríes durante la época seca en la Reserva de la Biosfera Ría Lagartos, Yucatán, México. Huitzil, Revista Mexicana de Ornitología 17(2): 244-250. DOI: https://doi.org/10.28947/hrmo.2016.17.2.254

Nobel, P. S. 1988. Environmental biology of agaves and cacti. Cambridge University Press. Cambridge, UK. 284 pp.

Oborny, B. 1994. Spacer length in clonal plants and the efficiency of resource capture in heterogeneous environments: A Monte Carlo simulation. Folia Geobotanica et Phytotaxonomica 29(2): 139-158. DOI: https://doi.org/10.1007/bf02803791

Owen, N. A., K. F. Fahy y H. Griffiths. 2015. Crassulacean acid metabolism (CAM) offers sustainable bioenergy production and resilience to climate change. Global Change Biology, Bioenergy 8(4): 737-7449. DOI: https://doi.org/10.1111/gcbb.12272

Ramírez-Tobías, H. M., C. B. Peña-Valdivia y R. J. R. Aguirre. 2014. Respuestas bioquímico-fisiológicas de especies de *Agave* a la restricción de humedad. Botanical Sciences 92(1): 131-139. DOI: https://dx.doi.org/10.17129/botsci.156

Rocha, M., S. Good-Ávila, F. Molina-Freaner, H. T. Arita, M. Castillo, A. García-Mendoza, A. Silva-Montellano, B. S. Gaut, V. Souza y L. E. Eguiarte. 2006. Pollination biology and adaptive radiation of Agavaceae, with special emphasis on the genus *Agave*. Aliso 22(1): 329-344. DOI: https://doi.org/10.5642/aliso.20062201.27

Salazar-Solano, V. y A. Mungaray-Lagarda. 2009. La industria informal del mezcal bacanora. Estudios Sociales 17(33): 163-198.

StatPoint Inc. 2005. Statgraphics Centurion XV software Version 15.0.04. Herndon, USA.

Vázquez-Yañes, C., A. Orozco-Segovia, E. Rincón, M. E. Sánchez-Coronado, P. Huante, J. R. Toledo y V. L. Barradas. 1990. Light beneath the litter in a tropical forest: effects on seed germination. Ecology 71(5): 1952-1958. DOI: https://doi.org/10.2307/1937603

Winter, K., M. García y J. A. M. Holtum. 2014. Nocturnal versus diurnal CO_2 uptake: how flexible is *Agave angustifolia*? Journal of Experimental Botany 65(13): 3695-3703. DOI: https://doi.org/10.1093/jxb/eru097

Zepeda, V., J. Golubov y M. C. Mandujano. 2017. Distribución espacial, estructura de tamaños y reproducción de *Astrophytum ornatum* (Cactaceae). Acta Botanica Mexicana 119: 35-49. DOI: http://dx.doi.org/10.21829/abm119.2017.1230

Acta Botanica Mexicana 124: 85-104 Julio **2018**

Artículo de investigación

Estructura y diversidad de plantas leñosas de la selva mediana subcaducifolia en el centro de Veracruz, México

Structure and diversity of woody plants of the semideciduous forest in central Veracruz, Mexico

Olivia Margarita Palacios-Wassenaar[1,3], Gonzalo Castillo-Campos[1,3], Santiago Mario Vázquez-Torres[2], María Elena Medina-Abreo[1]

1 Instituto de Ecología, A.C., Red de Biodiversidad y Sistemática, carretera antigua a Coatepec Núm. 351, El Haya, 91070 Xalapa, Veracruz, México.
2 Centro de Investigaciones Tropicales (CITRO), José María Morelos 44, Zona Centro, 91000 Xalapa, Veracruz, México.
3 Autores para la correspondencia: olivia.palacios@gmail.com; gonzalo.castillo@inecol.mx

Recibido: 12 de agosto de 2017.
Revisado: 31 de octubre de 2017.
Aceptado: 12 de enero de 2018.
Primero en línea: 29 de mayo de 2018.
Publicado: 1 de julio de 2018.

Citar como:
Palacios-Wassenaar, O. M., G. Castillo-Campos, S. M. Vázquez-Torres y M. E. Medina-Abreo. 2018. Estructura y diversidad de plantas leñosas de la selva mediana subcaducifolia en el centro de Veracruz, México. Acta Botanica Mexicana 124: 85-104. DOI: 10.21829/abm124.2018.1279

DOI:
10.21829/abm124.2018.1279

Resumen:

Antecedentes y Objetivos: El estudio de las selvas tropicales es de gran interés debido a su alta biodiversidad, relacionada con la variabilidad del ambiente, que incrementa la diversidad y la especificidad de sus componentes. Este estudio presenta una evaluación de la estructura, riqueza y diversidad de especies de angiospermas leñosas de la selva mediana subcaducifolia (SMsC) en el centro de Veracruz, con el objetivo de contribuir al conocimiento de sus características e identificar áreas de alto valor para la conservación de los escasos fragmentos de vegetación primaria que aún existen en la zona.

Métodos: Se delimitaron 67 parcelas de muestreo de 100 m^2, distribuidas en cinco sitios de estudio en los municipios Jalcomulco y Tlaltetela. En cada parcela se registraron y midieron todos los individuos con DAP ≥5 cm y se estimaron sus valores de cobertura, densidad, área basal y altura, así como los valores de diversidad α (riqueza total, riqueza por parcela e índice α de Fisher) y los valores de diversidad β (matriz de similitud con coeficiente de Jaccard y porcentaje de similitud), además de la importancia ecológica de las especies mediante el Valor de Importancia Relativa de Curtis (VIR).

Resultados clave: Se registraron 98 especies de plantas leñosas, agrupadas en 83 géneros y 35 familias de angiospermas. Las familias más diversas fueron Fabaceae y Euphorbiaceae. La forma biológica predominante (75.5%) fueron los árboles. La selva tropical mostró una alta riqueza y elevada tasa de recambio de especies. Las especies dominantes de acuerdo con el VIR fueron *Resinanthus aromaticus* y *Brosimum alicastrum*, aunque el conjunto de las seis especies dominantes fue muy variable entre los sitios de estudio.

Conclusiones: La presencia de especies clave como *Brosimum alicastrum*, *Resinanthus aromaticus* y *Sapranthus microcarpus* permitió identificar los elementos característicos de la SMsC y sus ecotonos con la selva mediana subperennifolia y la selva baja caducifolia.

Palabras clave: conservación, valor de importancia relativa, recambio de especies, *Resinanthus aromaticus*, selvas tropicales estacionalmente secas, vegetación primaria.

Abstract:

Background and Aims: The study of tropical forests is of great interest due to its high biodiversity related to the variability of the environment, which increases the diversity and specificity of its components. This study presents an evaluation of the structure, richness and diversity of woody angiosperms of the semideciduous forest (SMsC) in the center of the state of Veracruz, with the aim of contributing to their knowledge and to identify areas of high value for the conservation of the few fragments of primary vegetation that still exist in the area.

Methods: Sixty-seven plots of 100 m^2 each were delineated, distributed in five study sites in the municipalities of Jalcomulco and Tlaltetela. In each plot, all individuals with DBH ≥5 cm were registered and measured and coverage, density, basal area and height were estimated, as well as the values of α diversity (total richness, richness per plot and α Fisher index), β diversity (similarity matrix with Jaccard and % similarity), and as the species ecological importance by the Curtis Relative Importance Value (RIV).

Key results: Ninety-eight woody plant species were registered, grouped in 84 genera and 35 families of angiosperms. The most diverse families were Fabaceae and Euphorbiaceae. The predominant life form were trees (75.5%). This tropical forest shows a high richness and species turnover. The dominant species according to the RIV were *Resinanthus aromaticus* and *Brosimum alicastrum*, although the set of six dominant species varied greatly between the study sites.

Conclusions: The presence of some key species such as *Brosimum alicastrum*, *Resinanthus aromaticus* and *Sapranthus microcarpus* allowed to identify the characteristic features of the semideciduous forest and its ecotones with the medium evergreen forest and the deciduous forest.

Key words: conservation, primary vegetation, relative importance value, *Resinanthus aromaticus,* seasonally dry tropical forests, species turnover.

Introducción

La selva mediana subcaducifolia (SMsC) *sensu* Miranda y Hernández X. (1963), presente en el estado de Veracruz, es un tipo de vegetación que se desarrolla en pequeños fragmentos dentro del principal bioma de la región, que es la selva tropical estacionalmente seca (STES). La STES incluye una variedad de comunidades vegetales que presentan una fenología adaptada a condiciones climáticas con cambios estacionales caracterizados por la presencia de un periodo seco prolongado (Rzedowski, 1978; Trejo, 1999; Dirzo, et al., 2011). Las variaciones geológicas, topográficas, fisiográficas y edáficas de la zona central de Veracruz generan una amplia variedad de características microclimáticas, debido a lo cual se presentan al menos otros cinco tipos de comunidades vegetales: selva mediana subperennifolia (SMsP), selva baja caducifolia (SBC), palmar, encinar y vegetación riparia o de galería, además de vegetación secundaria y pastizales naturales (Castillo-Campos, 1995). Los fragmentos de SMsC suelen ser reducidos debido a que esta selva se presenta en sectores de laderas, hondonadas y barrancas donde la exposición de luz y la presencia de corrientes de agua generan condiciones de mayor humedad que en las áreas cercanas (Castillo-Campos, 1995). Estos manchones se encuentran amenazados por la sobreexplotación y el cambio de uso de suelo con fines agrícolas y ganaderos (Castillo-Campos, 1995; Palacios-Wassenaar et al., 2014); sin embargo, no están contemplados en alguna figura de protección (Ellis et al., 2011).

La SMsC de la zona central de Veracruz se caracteriza por tener un estrato arbóreo cerrado de 12-20 m de alto, estrato medio arbóreo abierto de 6-11 m, estrato arbustivo de 1-5 m, estrato herbáceo escaso y suelo cubierto con materia orgánica (Castillo-Campos, 1995; Palacios-Wassenaar et al., 2014). Presenta especies endémicas y amenazadas, incluidas en la Lista Roja de la IUCN (IUCN, 2012), tales como *Resinanthus aromaticus* (Cast.-Campos & Lorence) Borhidi, *Aspidosperma megalocarpon* Müll. Arg., *Hyperbaena jalcomulcensis* E. Pérez & Cast.-Campos y *Pistacia mexicana* Kunth, además de especies enlistadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010) con alguna categoría de protección, como *Astronium graveolens* Jacq. y *Beaucarnea inermis* (S. Watson) Rose (Castillo-Campos, 1995; Palacios-Wassenaar et al., 2014).

Dada la velocidad a la que está desapareciendo la vegetación tropical en México (Masera et al., 1997; Trejo y Dirzo, 2000; Portillo-Quintero y Sánchez-Azofeifa, 2010) y particularmente la del estado de Veracruz (Krömer et al., 2010), es muy importante realizar estudios que amplíen el conocimiento sobre sus características. Por otro lado, la SMsC se presenta en áreas pequeñas y fragmentadas, con elevado riesgo de pérdida por cambio de uso del suelo (Castillo-Campos, 1995; Palacios-Wassenaar et al., 2014), por lo que también es importante identificar áreas con elevado valor de conservación, que podrían ser sometidas a algún tipo de régimen de protección.

El presente estudio tiene como objetivo describir la estructura, riqueza y diversidad de angiospermas leñosas de la SMsC en el centro de Veracruz, con la finalidad de contribuir al conocimiento de sus características e identificar áreas de alto valor para la conservación.

Materiales y Métodos

Área de estudio

Para este estudio se seleccionaron los fragmentos de SMsC en mejor estado de conservación presentes en los municipios Jalcomulco y Tlaltetela, de acuerdo con estudios previos en la zona (Castillo-Campos, 1995; Palacios-Wassenaar et al., 2014). Estos municipios se localizan en la zona central del estado de Veracruz, México, entre los 19º17' y 19º21' de latitud norte y 96º42' y 96º46' de longitud oeste (Fig. 1). La zona de estudio es ambientalmente muy heterogénea debido a una orografía caracterizada por la presencia de mesetas planas y onduladas, barrancas, valles, cerros y lomeríos, con altitudes que oscilan entre los 350 y 900 m (Castillo-Campos, 1995). El grupo de suelos que predomina es el luvisol órtico con litosol, litosol con regosol eútrico y luvisol órtico, caracterizados como aluviones poco evolucionados, localizados en las barrancas, acantilados y laderas con pendientes pronun-

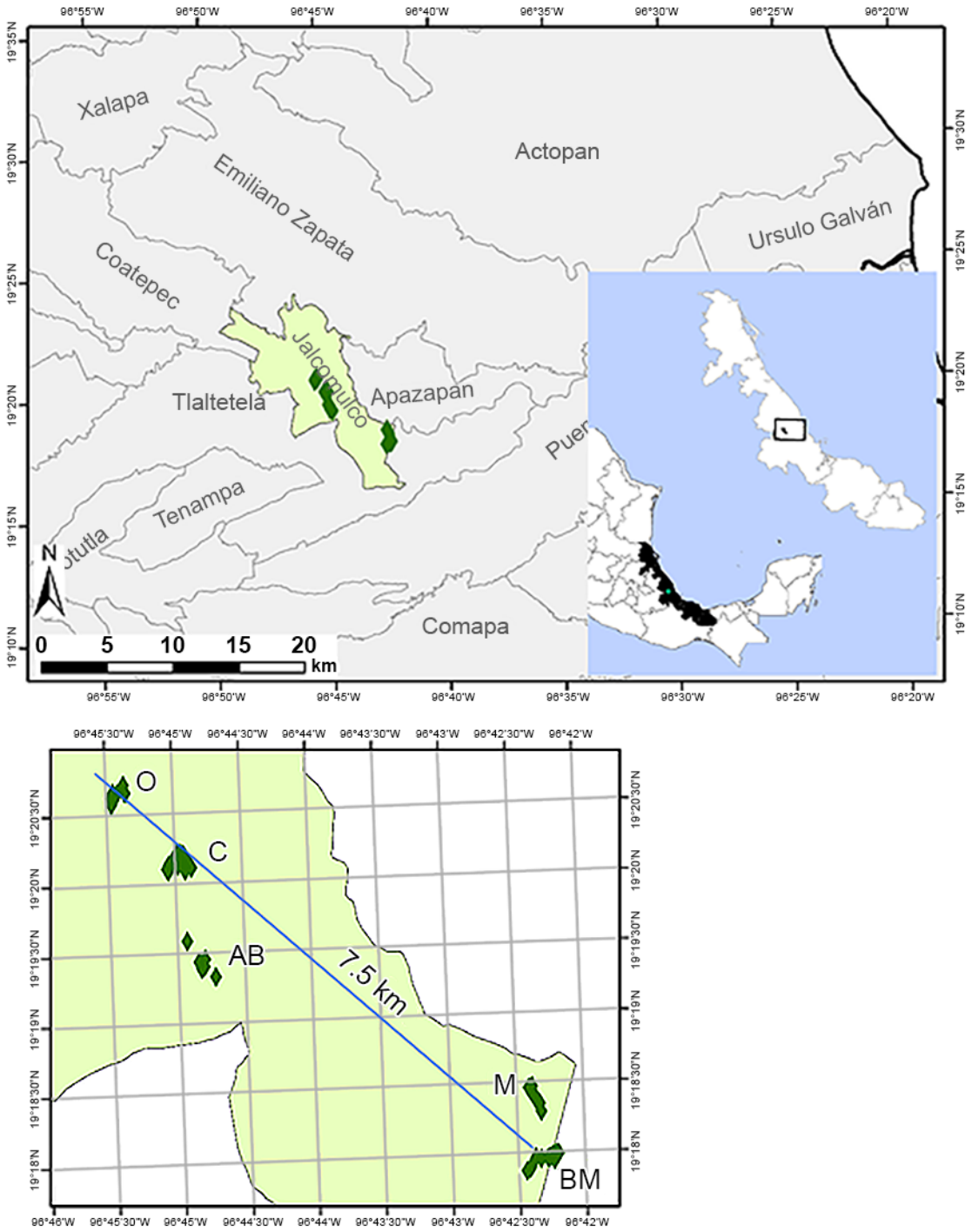


Figura 1: Localización geográfica de la zona de estudio y sitios de muestreo de la selva mediana subcaducifolia (SMsC) del centro de Veracruz en cinco sitios de estudio: Barranca de Monterrey (BM), El Manantial (M), Arroyo Blanco (AB), El Cerrito (C), El Ojital (O).

ciadas (INEGI, 1984; Rossignol, 1987). En los macizos formados de roca caliza con intercalaciones de margas, se encuentran los litosoles calcáreos, los cuales están en proceso de carbonatación y descarbonatación; son suelos someros localizados en las grietas de las rocas y por lo tanto muy sensibles a la erosión (INEGI, 1984; Rossignol, 1987). En cuanto al clima, se presenta un gradiente entre semicálido húmedo a cálido subhúmedo, con una temperatura promedio anual de 24.6 ºC, precipitación promedio anual de 1088 mm y un periodo lluvioso concentrado en los meses de junio a septiembre. El patrón de lluvias manifiesta seis meses secos (precipitación <60 mm) y cuatro meses húmedos (precipitación ≥100 mm) (SMN, 2012). Estas características corresponden a un clima cálido subhúmedo Aw_1 con lluvias en verano (García, 2004) y a las condiciones que definen a la STES (Mooney et al., 1995; Trejo, 1999; Dirzo et al., 2011). Las áreas seleccionadas para el muestreo corresponden a cañadas, barrancas, laderas y hondonadas, donde las condiciones particulares de luz y humedad han permitido el desarrollo de la SMsC.

Muestreo

Durante abril de 2009 y hasta abril de 2010 se establecieron 67 parcelas de muestreo de las especies leñosas, de 100 m^2 (10 × 10 m) cada una, a una distancia entre 25 y 50 m de acuerdo a la topografía y al tamaño de los fragmentos de la SMsC, integrando una superficie total de 0.67 ha, distribuida en cinco sitios de estudio seleccionados por la presencia de la SMsC: Barranca de Monterrey (BM) con 15 parcelas, El Manantial (M) 12, Arroyo Blanco (AB) 20, El Cerrito (C) 10 y El Ojital (O) 10. El número de parcelas de cada sitio se definió de acuerdo con el tamaño del área de SMsC, de tal manera que en los fragmentos con mayor superficie se estableció un mayor número de parcelas de muestreo, distribuidas sobre el área de manera representativa. En cada parcela se registró la altura y diámetro a la altura de pecho (DAP) (diámetro del tallo a 1.30 m de la base) de todos los individuos de plantas leñosas incluyendo lianas, enraizadas dentro de la parcela, con DAP igual o superior a 5 cm. En el caso de las lianas, el DAP se midió a 1.3 m de la base del tallo. Se recolectaron muestras de las especies presentes y los ejemplares fueron herborizados y depositados para su identificación en el Herbario XAL del Instituto de Ecología, A.C. Para la actualización nomenclatural de los nombres científicos de la flora leñosa se utilizó la base de datos del Missouri Botanical Garden, a través de su página web (TROPICOS, 2017) y la clasificación del Angiosperm Phylogeny Group (APG IV, 2016).

Análisis de datos

Se elaboró un inventario de las especies registradas en cada sitio de estudio y se estimó la riqueza total por sitio, el promedio por parcela (número de especies/0.01 ha), así como las características estructurales de la vegetación leñosa: densidad (individuos/ha), área basal promedio (m^2/ha), altura promedio de todos los individuos (m) y altura máxima (m). Los valores se compararon mediante un análisis de varianza de una vía y se identificaron los grupos diferentes a través de un análisis comparativo de Holm-Sidak para los datos con distribución normal, mientras que los datos restantes se analizaron con el método de Kruskal-Wallis y comparaciones múltiples de Dunn. Estos análisis fueron realizados con apoyo del programa SigmaStat 3.5 (Systat Software, 2006).

La diversidad α de los sitios de estudio se estimó mediante el índice de α de Fisher, el cual se aproxima al número de especies con un individuo y presenta la ventaja de que no es afectado por el tamaño de la muestra cuando el número de individuos muestreados es superior a 1000. Esto permite establecer comparaciones de diversidad α entre estudios con diferentes áreas de muestreo (Magurran, 2004).

La importancia ecológica de las especies en cada sitio de estudio y en la SMsC en general se estimó mediante el Valor de Importancia Relativa de Curtis (VIR), el cual constituye un promedio entre la densidad relativa, el área basal relativa y la frecuencia relativa de cada especie registrada (Curtis y McIntosh, 1951; Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974).

La diversidad β de la SMsC en los cinco sitios de estudio se analizó en primer lugar mediante una matriz de datos de las especies por sitio y se estimaron dos indicadores: el coeficiente de Jaccard (Sneath y Sokal, 1973)

con los datos de presencia-ausencia y el porcentaje de similitud entre sitios con los datos de abundancia. Ambos coeficientes se obtuvieron con el programa Multi Variate Statistical Package (MVSP) versión 3.1 (Kovach, 1999).

En segundo lugar, se integró una matriz de presencia-ausencia con el inventario de las especies en las 67 parcelas de la SMsC evaluada y se aplicó el coeficiente de Jaccard (Sneath y Sokal, 1973), donde el 0=100% de diferencia y el 1=100% de similitud entre las parcelas, utilizando el método de la media aritmética no ponderada (UPGMA), con el apoyo del mismo programa.

Resultados

Estructura y diversidad alfa

En las 67 parcelas muestreadas de los cinco sitios de estudio se registraron 1267 individuos con DAP ≥5 cm, pertenecientes a 98 especies de angiospermas leñosas, agrupadas en 83 géneros y 35 familias. Las familias con mayor riqueza de especies son: Fabaceae (10), Euphorbiaceae (9), Myrtaceae (8), Malpighiaceae y Moraceae (5) y Anacardiaceae, Apocynaceae, Capparaceae, Rubiaceae y Sapotaceae (4 cada una). Las primeras cinco familias incluyen 37.8% de las especies encontradas. Por otro lado, se detectaron 11 familias (31.4%) representadas por una sola especie. La diversidad florística también se evidencia a nivel de género, ya que 75 de ellos (88.2%) está representado por una sola especie. La relación especies/género es de 1.15. En cuanto a las formas de vida, predominan los árboles con 75.5% de las especies, mientras que los arbustos constituyen 15.3% y las lianas 9.2%, demostrando así el buen estado de conservación de los fragmentos de vegetación de la SMsC.

En el Cuadro 1 se presentan los valores de estructura y diversidad α de las especies en la SMsC en los cinco sitios de

Cuadro 1: Características del sitio, estructura y diversidad α de la selva mediana subcaducifolia (SMsC) del centro de Veracruz en cinco sitios de estudio: Barranca de Monterrey (BM), El Manantial (M), Arroyo Blanco (AB), El Cerrito (C), El Ojital (O). Valores con la misma letra no presentan diferencia significativa (P<0.05). NO=Noroeste, S=Sur, SE=Sureste. DE=Desviación Estándar.

	BM	M	AB	C	O
Tipo de paisaje	Barranca en forma de U	Laderas	Barranca en forma de V	Laderas	Laderas y cañada central
Orientación predominante	NO	NO	NO	S	SE
Área aproximada del fragmento de SMsC (ha)	20	15	35	10	10
Área muestreada (ha)	0.15	0.12	0.2	0.1	0.1
N° Individuos (DAP ≥5 cm)	218	201	330	280	238
Estructura					
Área basal (m^2/ha)±DE	58.18±33.98 a	25.68±9.48 b	57.68±48.50 b, a	62.10±25.52 a	59.83±28.81 a
Densidad (individuos/ha)±DE	1473±525.72 b	1675±609.21 b, c	1650±781.70 b, c	2750±796.17 a	2380±706.79 a, c
Altura máxima (m)	40	30	45	25	25
Altura promedio (m)±DE	10.74±9.32 b	9.70±5.90 a,b	10.41±6.03 a	8.47±4.11 b	8.83±4.60 a,b
Diversidad α					
N° total de especies	35	35	53	49	48
Riqueza promedio (Especies/0.01 ha)±DE	7.67±2.26 b	8.25±1.66 b	8.75±4.13 b	12.6±2.76 a	12.7±3.77 a
Intervalo (min-máx)	(3–11)	(6–11)	(1–16)	(8–16)	(6–19)
Índice α de Fisher±DE	11.78±1.33	12.25±1.42	17.84±1.64	17.19±1.69	18.21±1.9

Cuadro 2: Valor de importancia de las seis especies principales de la selva mediana subcaducifolia (SMsC) del centro de Veracruz en cinco sitios de estudio: Barranca de Monterrey (BM), El Manantial (M), Arroyo Blanco (AB), El Cerrito (C), El Ojital (O). Entre paréntesis se presentan los valores relativos (%).

Sitio/Especie	Densidad Individuos/ha	Área basal m^2/ha	Frecuencia Número de parcelas de estudio donde está presente	Valor de Importancia Relativa (VIR)
Barranca de Monterrey (BM)				
Brosimum alicastrum Sw.	213.33(14.68)	24.16(41.52)	12(10.43)	22.21
Resinanthus aromaticus (Cast.-Campos & Lorence) Borhidi	173.33(11.93)	3.80(6.52)	13(11.30)	9.92
Sapranthus microcarpus (Donn. Sm.) R.E. Fr.	186.67(12.84)	1.62(2.79)	10(8.70)	8.11
Aphananthe monoica (Hemsl.) J.-F. Leroy	100.00(6.88)	5.45(9.37)	9(7.83)	8.02
Astronium graveolens Jacq.	33.33(2.29)	6.51(11.18)	5(4.35)	5.94
Comocladia engleriana Loes.	86.67(5.96)	0.70(1.20)	6(5.22)	4.13
Otras especies (29)	660.00(45.41)	15.96(27.43)	60(52.17)	41.67
Total BM	1453.33	58.18	115	100.00
El Manantial (M)				
Resinanthus aromaticus (Cast.-Campos & Lorence) Borhidi	375.00(22.39)	6.46(25.17)	12(12.12)	19.89
Brosimum alicastrum Sw.	283.33(16.92)	3.11(12.12)	10(10.10)	13.05
Aphananthe monoica (Hemsl.) J.-F. Leroy	41.67(2.49)	3.22(12.55)	4(4.04)	6.36
Mosannona depressa (Baill.) Chatrou	125.00(7.26)	0.77(2.99)	6(6.06)	5.50
Comocladia engleriana Loes.	83.33(4.98)	0.47(1.83)	8(8.08)	4.96
Ocotea tampicensis (Meisn.) Hemsl.	50.00(2.99)	1.14(4.43)	6(6.06)	4.49
Otras especies (29)	716.67(42.79)	10.50(40.90)	53(53.54)	45.74
Total M	1675.00	25.68	99	100.00
Arroyo Blanco (AB)				
Resinanthus aromaticus (Cast.-Campos & Lorence) Borhidi	315.00(19.09)	21.35(37.24)	20(11.43)	22.59
Brosimum alicastrum Sw.	170.00(10.30)	8.58(14.96)	14(8.00)	11.09
Sapranthus microcarpus (Donn. Sm.) R.E. Fr.	110.00(6.67)	1.06(1.84)	12(6.86)	5.12
Bursera simaruba (L.) Sarg.	65.00(3.94)	2.02(3.53)	6(3.43)	3.63
Licaria misantlae (Brandegee) Kosterm.	50.00(3.03)	2.62(4.56)	4(2.29)	3.29
Comocladia engleriana Loes.	70.00(4.24)	0.58(1.01)	8(4.57)	3.27
Otras especies (47)	870.00(52.73)	21.13(36.85)	111(63.43)	51.00
Total AB	1650.00	57.34	175	100.00
El Cerrito (C)				
Resinanthus aromaticus (Cast.-Campos & Lorence) Borhidi	260.00(9.42)	20.84(33.55)	9(7.38)	16.78
Comocladia engleriana Loes.	340.00(12.32)	2.26(3.64)	7(5.74)	7.23
Yucca guatemalensis Baker	200.00(7.25)	1.51(2.44)	8(6.56)	5.41

Cuadro 2: Continuación.

Sitio/Especie	Densidad Individuos/ha	Área basal m^2/ha	Frecuencia Número de parcelas de estudio donde está presente	Valor de Importancia Relativa (VIR)
Adelia oaxacana (Müll. Arg.) Hemsl.	200.00(7.25)	0.76(1.22)	7(5.74)	4.74
Bursera simaruba (L.) Sarg.	160.00(5.80)	2.01(3.24)	5(4.10)	4.38
Mosannona depressa (Baill.) Chatrou	140.00 (5.07)	1.67(2.68)	6(4.92)	4.22
Otras especies (43)	1460.00(52.90)	33.05(53.22)	80(65.57)	57.23
Total C	2760.00	62.10	122	100.00
El Ojital (O)				
Brosimum alicastrum Sw.	480.00(20.17)	10.45(17.46)	8(6.30)	14.64
Resinanthus aromaticus (Cast.-Campos & Lorence) Borhidi	200.00(8.40)	9.91(16.56)	10(7.87)	10.94
Licaria misantlae (Brandegee) Kosterm.	100.00(4.20)	4.30(7.19)	5(3.94)	5.11
Discocnide mexicana (Liebm.) Chew	50.00(2.10)	5.71(9.53)	2(1.57)	4.40
Bursera simaruba (L.) Sarg.	60.00(2.52)	3.95(6.60)	5(3.94)	4.35
Exothea paniculata (Juss.) Radlk.	60.00(2.52)	3.23(5.40)	5(3.94)	3.95
Otras especies (42)	1430.00 (60.80)	22.29(37.25)	92(72.44)	56.59
Total O	2380.00	59.84	127	100.00

estudio. En cuanto a atributos estructurales, C y O destacan por el área basal (Kruskal-Wallis H=17.168, P=0.002; comparación múltiple de Dunn) y densidad (ANOVA F=7.347, P<0.001; comparación múltiple de Holm Sidak). AB destaca por la altura del dosel, tanto máxima como promedio (Kruskal-Wallis H=17.206, P=0.002; comparación múltiple de Dunn). La riqueza de las especies en la SMsC también presentó variaciones entre los sitios de estudio: AB, con 53 especies en una superficie de 0.2 ha, fue el sitio con mayor riqueza total, seguido por C y O, con 49 y 48 especies en una superficie de 0.1 ha respectivamente. La comparación estadística por parcela demuestra que C y O presentan una riqueza promedio (especies/0.01 ha) mayor que BM, M y AB (F=6.941; P<0.001). El índice de α de Fisher confirma que la diversidad de especies es mayor en C, AB y O.

Valor de importancia relativa (VIR)

El listado de todas las especies registradas y su valor de importancia relativa (VIR) general y en cada sitio de estudio se presenta en el Apéndice. El conjunto de las seis especies con mayor VIR (Cuadro 2) es diferente en cada sitio de estudio. Las especies más importantes son *Resinanthus aromaticus* y *Brosimum alicastrum* Sw. que alcanzan los dos primeros lugares del VIR en todos los sitios a excepción de C, donde *B. alicastrum* no se encuentra entre los primeros seis lugares. En C el segundo lugar de importancia es ocupado por *Comocladia engleriana* Loes., la cual se presenta entre las más importantes en todos los sitios, a excepción de O. *Bursera simaruba* (L.) Sarg. destaca entre las más importantes en AB, C y O, mientras que *Aphananthe monoica* (Hemsl.) J.-F. Leroy lo es en BM y M. *Sapranthus microcarpus* (Donn. Sm.) R.E. Fr. destaca en BM y AB y *Mosannona depressa* (Baill.) Chatrou en M y C. La importancia de las especies en cada sitio también varía en relación con sus atributos estructurales: *Aphananthe monoica*, *Astronium graveolens*, *Brosimum alicastrum*, *Discocnide mexicana* (Liebm.) Chew y *Resinanthus aromaticus* son importantes por su área basal,

mientras que *Sapranthus microcarpus* y *Mosannona depressa* destacan por su densidad y *Comocladia engleriana* suele ser importante tanto por su densidad como por su frecuencia.

Diversidad beta

En el Cuadro 3 se presentan los índices de diversidad β (Jaccard y porcentaje de similitud) para los cinco sitios de estudio. La mayoría de los valores encontrados son inferiores a 0.5 indicando que la SMsC en el área presenta una alta tasa de recambio de especies. De acuerdo con el índice de Jaccard estimado con los datos de presencia-ausencia, los sitios más similares entre sí son AB y O.

El dendrograma de todas las parcelas de la SMsC basado en los datos de presencia-ausencia de especies (Fig. 2) las agrupa en tres conjuntos principales, que denominaremos G1, G2 y G3. El grupo G3 se separa a un nivel de 12% de similitud, es decir con un recambio de especies de 88% respecto a los otros dos grupos de vegetación; mientras que G1 y G2 se separan a un nivel de 20% de similitud, es decir, con un recambio de especies de 80%. El G1 agrupa 42 parcelas (62.7%), incluye parcelas

Cuadro 3: Diversidad β de la selva mediana subcaducifolia (SMsC) del centro de Veracruz en cinco sitios de estudio: Barranca de Monterrey (BM), El Manantial (M), Arroyo Blanco (AB), El Cerrito (C), El Ojital (O). El % de similitud se localiza a partir de la diagonal hacia el extremo superior derecho y el índice de Jaccard, de la diagonal hacia el extremo inferior izquierdo. En negritas se indican los valores más altos de similitud y subrayados, los valores menores.

	BM	M	AB	C	O
BM	*	51.43	54.55	30.95	40.96
M	0.346	*	56.82	47.62	53.01
AB	0.375	0.397	*	52.94	**63.37**
C	0.183	0.313	0.36	*	59.79
O	0.258	0.361	**0.464**	0.426	*

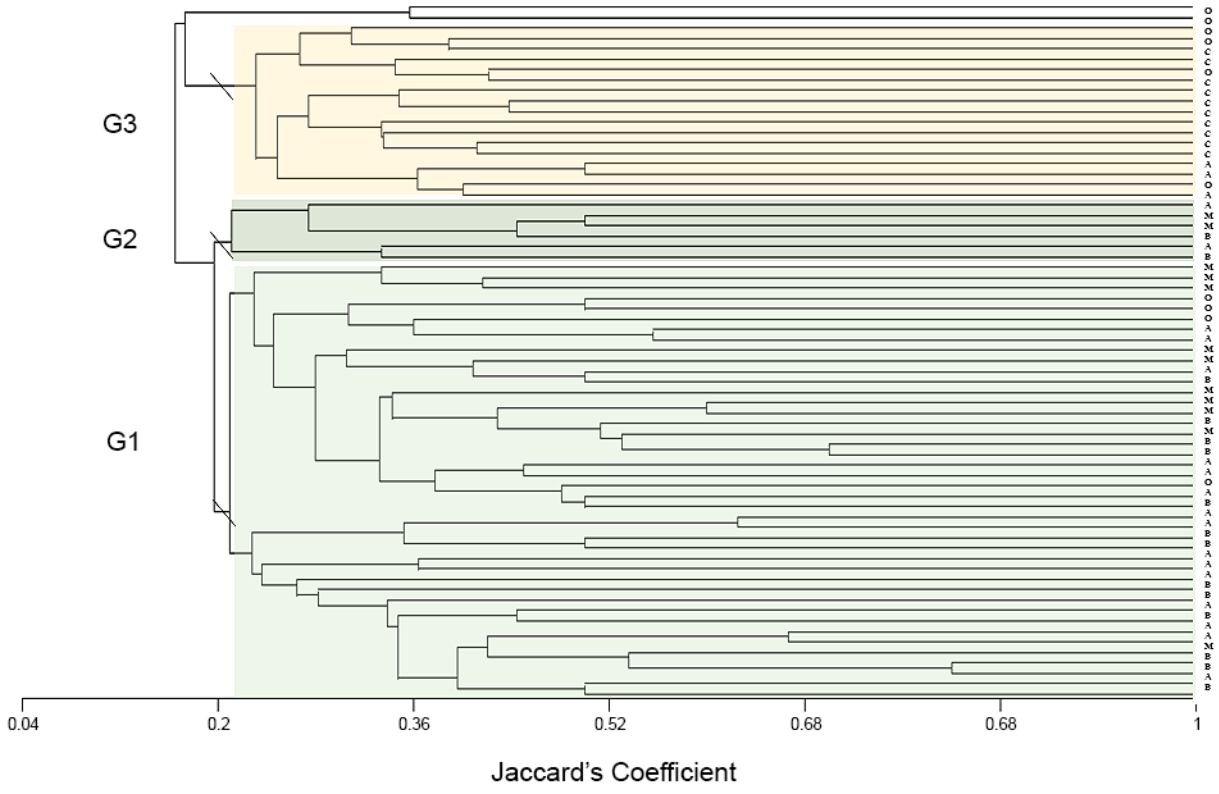


Figura 2: Dendrograma de similitud de la vegetación en las parcelas de la selva mediana subcaducifolia (SMsC) del centro de Veracruz.

de cuatro sitios (BM, M, AB y O) e integra la mayor parte de las parcelas con semejanza florística igual o superior a 50%. Está caracterizado por la presencia de *Brosimum alicastrum*, *Resinanthus aromaticus*, *Aphananthe monoica* y *Sapranthus microcarpus* en el estrato arbóreo, *Acalypha villosa* Jacq. en el estrato arbustivo y las lianas *Pisonia aculeata* L. y *Mimosa guilandinae* (DC.) Barneby. En este caso G1 es el grupo que mejor define a la SMsC, por las especies dominantes que lo integran, destacando entre ellas la especie arbórea *Resinanthus aromaticus* que es endémica del centro del estado de Veracruz, incrementando con esto el valor de importancia para la conservación de estos fragmentos de vegetación. G2 agrupa seis parcelas (8.9%) de sólo tres sitios (BM, M y AB), de las cuales sólo dos (33%) presentan semejanza igual o superior a 50% y está caracterizado por la presencia de *Manilkara zapota* (L.) P. Royen, *Resinanthus aromaticus*, *Brosimum alicastrum* y *Discocnide mexicana* en el estrato arbóreo, *Piper commutatum* Steud. en el estrato arbustivo y no se presentan lianas. G3 incluye 17 parcelas (23.9%) de tres sitios (AB, C y O), presenta sólo dos (11.8%) parcelas con semejanza de 50% y las especies que lo caracterizan son *Resinanthus aromaticus*, *Brosimum alicastrum*, *Comocladia engleriana* y *Yucca guatemalensis* Baker en el estrato arbóreo, *Euphorbia calcarata* (Schltdl.) V.W. Steinm. en el estrato arbustivo; las lianas *Hippocratea celastroides* Kunth y *Marsdenia coulteri* Hemsl., y se presentan cactáceas columnares. Ninguno de los grupos de vegetación incluye parcelas de los cinco sitios. En la figura 3 se muestra el porcentaje de parcelas ubicadas en cada grupo de vegetación para los cinco sitios de estudio y se puede observar que AB es el único sitio que presenta parcelas en los tres grupos, mientras que C presenta la totalidad de sus parcelas en G3, destacándose como el sitio más seco.

La distribución del número de especies en los grupos G1, G2 y G3 se visualiza en el Diagrama de Venn (Fig. 4). Los tres grupos de vegetación comparten nueve especies: *Resinanthus aromaticus*, *Brosimum alicastrum*, *Aphananthe monoica*, *Mosannona depressa*, *Sapranthus microcarpus*, *Bursera simaruba*, *Exothea paniculata* (Juss.) Radlk., *Discocnide mexicana* y *Piper commutatum*. Los grupos G1 y G3 tienen adicionalmente 33 espe-

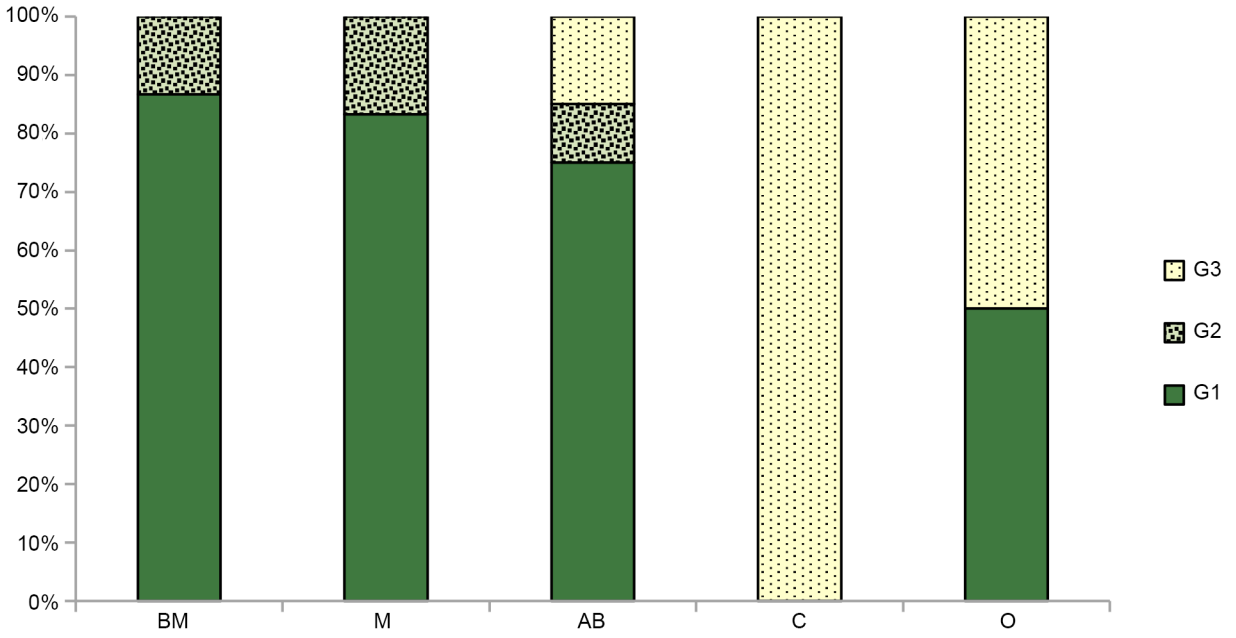


Figura 3: Porcentaje de parcelas en los grupos de similitud de la selva mediana subcaducifolia (SMsC) del centro de Veracruz en cinco sitios de estudio: Barranca de Monterrey (BM), El Manantial (M), Arroyo Blanco (AB), El Cerrito (C), El Ojital (O).

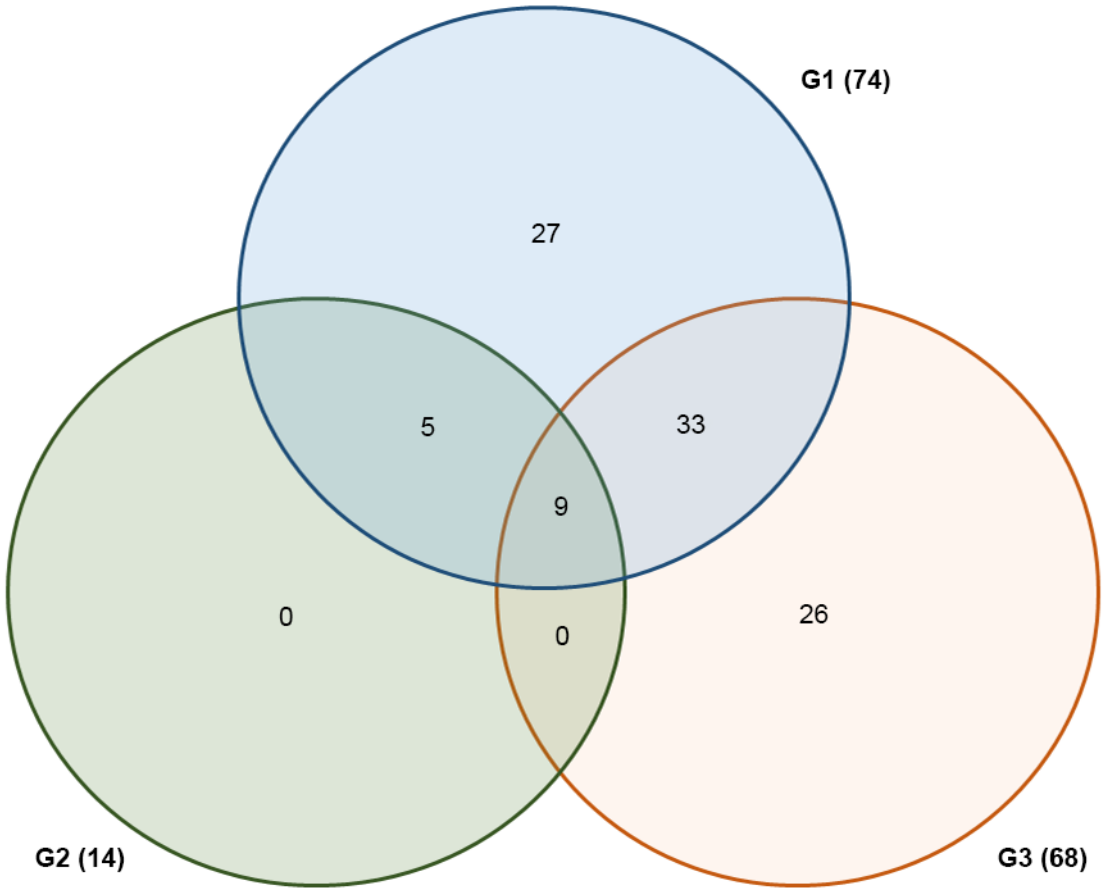


Figura 4: Diagrama de Venn de las especies de la selva mediana subcaducifolia (SMsC) del centro de Veracruz para los grupos de similitud. Entre paréntesis se indica el total de especies registradas en cada grupo.

cies en común, mientras que G1 y G2 comparten apenas cinco especies adicionales. Por otro lado, los grupos G2 y G3 no presentan especies adicionales en común. El grupo con mayor riqueza florística total es G1, con 74 especies, de las cuales 27 (36.5%) son exclusivas de este grupo; seguido por el G3, con 68 especies, de las cuales 26 (38.2%) son propias de este grupo. El grupo G2 tiene menor riqueza (14 especies) y carece de especies exclusivas.

En la figura 5 se presenta el porcentaje del VIR para algunas especies destacadas en los grupos G1, G2 y G3. El valor del VIR para las especies comunes a los tres grupos manifiesta diferencias importantes, que contribuyen a caracterizar a la SMsC de los mismos. En el caso de *Resinanthus aromaticus*, *Brosimum alicastrum* y *Bursera simaruba,* se observa que el VIR de estas especies es similar en los tres grupos. En cambio, *Aphananthe monoica*, *Mosannona depressa*, *Exothea paniculata*, *Discocnide mexicana* y *Piper commutatum*, aunque son comunes a los tres grupos, se presentan con valores de VIR muy diferentes. *Manilkara zapota*, *Discocnide mexicana* y *Piper commutatum* son muy importantes en G2. Este grupo es el intermedio en el que dominan estas especies de follaje perenne que son características de la SMsP que se presenta solo en las zonas más húmedas del área de estudio (Castillo-Campos, 1995). Por otro lado, *Comocladia engleriana* está ausente en G2 y se presenta como dominante en G3, al igual que *Yucca guatemalensis*, *Adelia oaxacana* (Müll. Arg.) Hemsl. y *Licaria misantlae* (Brandegee) Kosterm., mientras que *Ceiba aesculifolia* (Kunth) Britten & Baker f. es exclusiva de este

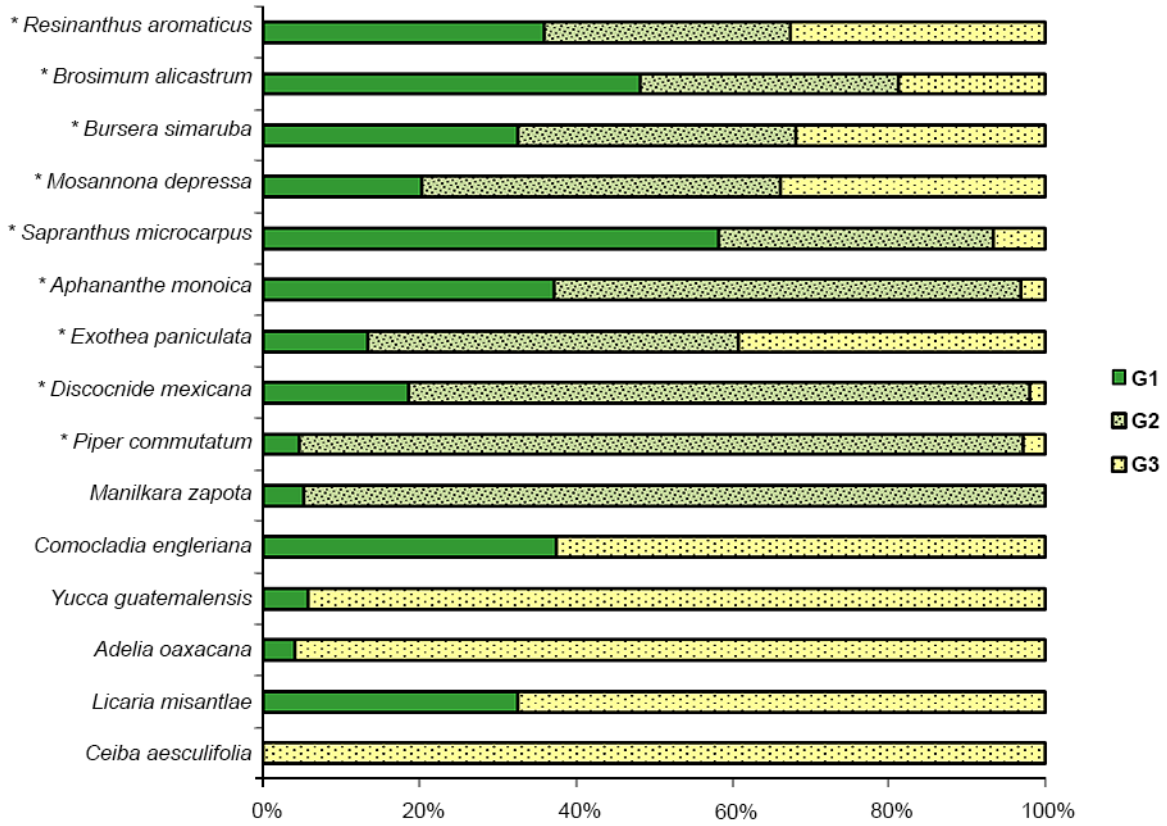


Figura 5: Comportamiento del Valor de Importancia Relativa de Curtis (VIR) de algunas especies destacadas en los grupos de similitud de la selva mediana subcaducifolia (SMsC) en el centro de Veracruz. Con asterisco se señalan las especies compartidas por los tres grupos.

grupo. Estas especies son comunes en la SBC del área de estudio (Castillo-Campos, 1995). En el grupo G1 se observa la dominancia de especies arbóreas que caracterizan a la SMsC de la zona de estudio, adicionales a *Resinanthus aromaticus* y *Brosimum alicastrum*, tales como *Sapranthus microcarpus* y *Aphananthe monoica* (Castillo-Campos, 1995; Palacios-Wassenaar et al., 2014).

Discusión

La riqueza total promedio de especies leñosas en los sitios de estudio de la SMsC (44) es similar o inferior a la registrada en áreas de conservación de la selva tropical estacionalmente seca (STES) en Costa Rica y Nicaragua, que fue de 44 a 75 especies (Gillespie et al., 2000; González-Rivas et al., 2006), aunque la diversidad de familias es mayor. Al comparar estos valores con otros estudios realizados en México, se observa que la riqueza de especies es inferior al promedio de 58.5 encontrado por Trejo y Dirzo (2002) para 20 sitios, y al total de 127 especies reportado por Bravo-Bolaños et al. (2016) para Nayarit; pero similar al promedio de 41.5 mencionado por Pineda-García et al., (2007) en Guerrero. En cambio, la riqueza de familias (35) es superior al promedio de 31.6 reportado por Trejo y Dirzo (2002) para México, al valor de 24 encontrado en Guerrero (Pineda-García et al., 2007) y de 32 en Hidalgo (Granados-Victorino et al., 2017). Sin embargo, tal como lo señalan Murphy y Lugo (1995), la diferencia entre las áreas muestreadas y el diámetro mínimo considerado en los diversos estudios (2.5, 5 y 10 cm de DAP), hace difícil establecer comparaciones directas, ya que si consideramos el número de especies registrado en el área total estudiada (98 especies con DAP ≥5 cm en 0.67 ha), la riqueza sería superior a la reportada por los autores mencionados y a la que encontró Gentry (1995) en su estudio sobre las

selvas secas del Neotrópico (65 especies con DAP ≥2.5 cm por ha). Por otro lado, la riqueza total encontrada es mayor a la reportada por Castillo-Campos (1995) para la zona (98 vs 54 especies). Tomando en cuenta que el referido trabajo consideró todas las formas de vida, incluyendo especies leñosas y herbáceas, podemos afirmar que la riqueza total en la presente investigación es mayor, probablemente debido a una mayor intensidad en el muestreo.

Otro indicador de la diversidad florística de esta SMsC es el elevado número de familias y géneros representados por pocas especies (dos o menos especies). La zona de estudio presenta 66.7% de familias con dos o menos especies, valor similar al registrado por Gillespie et al. (2000) para la STES de Costa Rica y Nicaragua y una relación especies/género de 1.15, comparable al valor de 1.17 registrado por Trejo y Dirzo (2002) para las STES de México. Estos valores confirman la alta diversidad florística que caracteriza a las STES (Gentry, 1995; Gillespie et al., 2000; Dirzo et al., 2011) y en este caso a la SMsC del centro de Veracruz. Cabe destacar que estudios recientes sobre las STES del Neotrópico destacan su riqueza y su especificidad de acuerdo con la región geográfica donde se ubican (DRYFLOR et al., 2016).

Las familias con mayor número de especies registradas son Fabaceae y Euphorbiaceae, lo cual coincide con diversos estudios en Centroamérica (p. ej. Gentry, 1995; Gillespie et al*.,* 2000; González-Rivas et al., 2006) y en México (p. ej. Trejo y Dirzo, 2002; Pineda-García et al., 2007; Williams-Linera y Lorea, 2009; Bravo-Bolaños et al., 2016; Williams et al., 2017). También destaca la variabilidad del conjunto de especies dominantes en los sitios muestreados, coincidiendo con diversos trabajos sobre STES y sus tipos de vegetación asociados (p. ej. Gentry, 1995; Gillespie et al., 2000; Trejo y Dirzo, 2002; Dirzo et al., 2011; Dzib-Castillo et al., 2014; Bravo-Bolaños et al., 2016; DRYFLOR et al., 2016; Granados-Victorino et al., 2017).

Las especies pertenecientes a la SMsC en este estudio concuerdan con investigaciones previas realizadas en la zona (Robles, 1986; Castillo-Campos, 1995; Palacios-Wassenaar et al., 2014), que señalan a *Brosimum alicastrum*, *Aphananthe monoica* y *Resinanthus aromaticus* como especies dominantes en el estrato arbóreo, junto con *Comocladia engleriana*. Sin embargo, otras especies mencionadas en trabajos previos (Robles, 1986; Castillo-Campos, 1995) como características de la SMsC de la zona, por ejemplo *Hyperbaena jalcomulcensis*, no aparecen entre las dominantes en el presente estudio. Por otro lado, se presentan otras especies no mencionadas anteriormente como dominantes, tales como *Yucca guatemalensis*, *Adelia oaxacana* y *Licaria misantlae*. En cuanto al predominio de las especies, se observan importantes variaciones: el listado de las seis especies dominantes de acuerdo con su VIR fue diferente en todos los sitios, lo cual sugiere que la SMsC presenta una elevada tasa de recambio de especies en el área de estudio. Este hecho se confirma por los bajos valores de similitud encontrados entre parcelas, sitios muestreados y grupos de vegetación formados en el dendrograma, y coincide con lo reportado en investigaciones sobre STES en el Neotrópico (DRYFLOR et al., 2016), en México (Trejo y Dirzo, 2002) y sobre tipos de vegetación que se desarrollan dentro de la STES tales como el bosque tropical caducifolio y subcaducifolio (Bravo-Bolaños et al., 2016; Williams et al., 2017). También las especies compartidas presentan valores de importancia diferentes en cada sitio. Esta variabilidad en la composición florística y dominancia de las especies entre localidades ha sido destacada en numerosos trabajos como una característica distintiva de la STES en la cual se encuentra inmersa esta SMsC, lo cual incrementa la necesidad de establecer mecanismos de protección para conservar los escasos remanentes de vegetación primaria de este tipo (p. ej. Gentry, 1995; Gillespie et al., 2000; Trejo y Dirzo, 2002; Dirzo et al., 2011; DRYFLOR et al., 2016).

La única especie encontrada en todos los muestreos en una investigación realizada en Costa Rica y Nicaragua es *Bursera simaruba* y ninguna especie fue dominante de manera consistente, lo cual parece apoyar la hipótesis de Gentry (1988), de que la dominancia de especies en las STES es impredecible y probablemente determinada por eventos estocásticos (Gillespie et al., 2000). Por otro lado, la marcada dominancia de *Resinanthus aromaticus* en el

área de estudio podría corroborar lo señalado por Williams et al. (2010) en cuanto a que las especies endémicas de la STES se encuentran particularmente bien adaptadas a las condiciones locales y aportan una importante contribución a la estructura de la comunidad vegetal. Investigaciones recientes sobre la STES en el Neotrópico señalan que no hay especies dominantes comunes en áreas geográficamente separadas y que las especies características localmente abundantes y dominantes suelen tener una distribución restringida (DRYFLOR et al., 2016).

La presencia, abundancia y frecuencia y, en muchos casos, dominancia de acuerdo con el VIR de especies como *Brosimum alicastrum*, *Bursera simaruba* y *Comocladia engleriana* en estos tipos de vegetación ha sido reportada en diversos estudios en México (Rzedowski, 1978; Godínez-Ibarra y López-Mata, 2002; Pineda-García et al. 2007; Dzib-Castillo et al., 2014; Bravo-Bolaños et al., 2016; Williams et al., 2017).

Los estudios sobre la vegetación de la zona realizados por Castillo-Campos (1995) señalan la diferenciación de la vegetación en varios subtipos de acuerdo con la clasificación de Miranda y Hernández X. (1963): selva mediana subperennifolia (SMsP), (SMsC) y selva baja caducifolia (SBC), de acuerdo con la proporción de especies caducifolias. La presencia y dominancia de ciertas especies características, adicionales a *Brosimum alicastrum* y *Resinanthus aromaticus*, permiten diferenciar estos tipos de vegetación. De esta manera, la dominancia de *Aphananthe monoica*, *Sapranthus microcarpus* y *Astronium graveolens* indican un predominio de la SMsC en AB, BM y M. Por otro lado, la presencia y dominancia de especies características de la SMsP, como *Manilkara zapota*, *Protium copal* (Schltdl. & Cham.) Engl. y *Piper commutatum* indican una posible transición entre la SMsC y la SMsP en BM y AB. Esto puede explicarse debido a que BM y AB son sitios ubicados en cañadas profundas, donde hay áreas con menor exposición a la luz solar y con orientación predominante hacia el norte. En cambio, en C y O se observa la presencia y dominancia de especies como *Bursera simaruba*, *Pistacia mexicana*, *Fraxinus dubia* (Willd. ex Schult. & Schult. f.) P.S. Green & M. Nee, *Karwinskia humboldtiana* (Schult.) Zucc., *Beaucarnea inermis*, *Ceiba aesculifolia* y cactáceas columnares, características de la SBC, que indican una transición entre la SMsC y este tipo de vegetación (Miranda y Hernández X., 1963; Castillo-Campos, 1995; Pineda-García et al., 2007). Las parcelas en estos sitios presentaron una orientación predominante hacia el sur y se encuentran sobre lomas y hondonadas poco profundas que permiten una mayor exposición a la luz solar, por lo que el grado de humedad es menor. La dominancia de *Yucca guatemalensis*, especie característica de la vegetación secundaria en la zona (Castillo-Campos, 1995), podría estar indicando un mayor grado de perturbación en C, en comparación con los otros sitios de estudio.

Se puede afirmar que la vegetación de BM, M y AB es característica de la SMsC del área de estudio, con algunos elementos de la SMsP en los lugares más húmedos. Por contraste, las especies presentes en C y O son indicadoras de que en estos sitios se presenta una ecotonía mayor entre la SMsC y la SBC. AB es el único sitio que presenta una SMsC bien definida y sus zonas de contacto (ecotonos) con la SMsP y SBC como se puede corroborar en la figura 3.

El valor del VIR para las especies comunes a los tres grupos de vegetación, que presentó diferencias interesantes, así como la distribución de especies compartidas y exclusivas entre los mismos, permiten caracterizar la vegetación de la zona de estudio. Especies como *Resinanthus aromaticus*, *Brosimum alicastrum* y *Bursera simaruba,* cuya dominancia en los tres grupos es similar, se definen como características de la SMsC en la zona de estudio. La presencia y dominancia de especies de zonas ligeramente más húmedas, como *Manilkara zapota*, *Piper commutatum*, *Mosannona depressa* y *Discocnide mexicana*, indican una transición hacia la SMsP. Por otro lado, la presencia y dominancia de especies de áreas más secas como *Comocladia engleriana*, *Yucca guatemalensis*, *Adelia oaxacana*, *Beaucarnea inermis* y cactáceas columnares señalan la transición entre la SMsC y la SBC. Con base en los datos del presente estudio, se puede afirmar que la SMsC del centro de Veracruz está caracterizada

por la presencia de las nueve especies compartidas: *Resinanthus aromaticus*, *Brosimum alicastrum*, *Aphananthe monoica*, *Mosannona depressa*, *Sapranthus microcarpus*, *Bursera simaruba*, *Exothea paniculata*, *Discocnide mexicana* y *Piper commutatum*.

Este trabajo constituye una contribución al conocimiento de la flora de la SMsC inmersa en ciertas áreas de la STES en el centro de Veracruz, que contiene especies arbóreas endémicas como *Resinanthus aromaticus* e *Hyperbaena jalcomulcensis*, entre otras, de gran valor científico y utilitario. Este conocimiento es clave para destacar la importancia de estos ecosistemas y sustentar oportunas medidas de manejo para la conservación de su biodiversidad, ya que la STES de México es reconocida por sus diferencias con otras STES neotropicales y destaca por su riqueza y abundancia de especies endémicas (DRYFLOR et al., 2016). Se sugiere la creación de áreas bajo régimen de protección especial que contengan al menos los fragmentos de SMsC en el área de estudio, principalmente AB, con un plan de manejo que incluya la participación de los habitantes locales como garantes de su conservación.

Contribución de autores

OPW, GCC, SVT y MMA participaron en el muestreo de campo, OPW y GCC analizaron los datos, OPW redactó el texto, GCC, SVT y MMA revisaron el manuscrito. Todos los autores contribuyeron a la aprobación del manuscrito final.

Financiamiento

Este estudio fue apoyado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) (No. de becario 2239609) para la tesis doctoral del primer autor, y por el Instituto de Ecología, A.C. (GCC 2030-10134).

Agradecimientos

Nuestro agradecimiento a las personas que apoyaron en el trabajo de campo: Luis Lagunes, César Carvajal, Samaria Armenta, Diego Kanchi y Melquiades Garrido. A Rosario Landgrave Ramírez por la elaboración del mapa. Al Centro de Investigaciones Tropicales de la Universidad Veracruzana (CITRO) por el apoyo brindado. A Sergio Avendaño y Carlos Durán del herbario XAL, por su apoyo en la identificación de los especímenes botánicos. Se agradece igualmente a los revisores/as anónimos por sus valiosas observaciones y recomendaciones, que contribuyeron a enriquecer el manuscrito.

Literatura citada

APG IV. 2016. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants. Botanical Journal of the Linnean Society 181(1): 1-20. DOI: https://doi.org/10.1111/boj.12385

Bravo-Bolaños, O., A. Sánchez-González, J. de Nova-Vazquéz y N. Pavón-Hernández. 2016. Composición y estructura arbórea y arbustiva de la vegetación de la zona costera de Bahía de Banderas, Nayarit, México. Botanical Sciences 94(3): 603-623. DOI: https://dx.doi.org/10.17129/botsci.461

Castillo-Campos, G. 1995. Ecología del paisaje del municipio de Jalcomulco, Veracruz. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. 192 pp.

Curtis, J. y R. McIntosh. 1951. An upland forest continuum in the prairie forest border region of Wisconsin. Ecology 32(3): 476-496. DOI: https://doi.org/10.2307/1931725

Dirzo, R., H. Young, H. Mooney y G. Ceballos. 2011. Introduction. In: Dirzo, R., H. Young, H. Mooney y G. Ceballos (eds.). Seasonally dry tropical forest: Ecology and Conservation. Island Press. Washington, D.C., USA. Pp. XI-XII.

DRYFLOR, K. Banda-R., A. Delgado-Salinas, K. G. Dexter, R. Linares-Palomino, A. Oliveiro-Filho, D. Prado, M. Pullan, C. Quintana, R. Riina, G. M. Rodríguez M., J. Weintritt, P. Acevedo-Rodríguez, J. Adarve, E. Álvarez, A. Aranguren B., J. C. Arteaga, G. Aymard, A. Castaño, N. Ceballos-Mago, Á. Cogollo, H. Cuadros, F. Delgado, W. Devia, H. Dueñas, L. Fajardo, Á. Fernández, M. Á. Fernández, J. Franklin, E. H. Freid, L. A. Galetti, R. Gonto, R. González-M., R. Graveson, E. H. Helmer, **Á.** Idárraga, R. López, H. Marcano-Vega, O. G. Martínez,

H. M. Maturo, M. McDonald, K. McLaren, O. Melo, F. Mijares, V. Mogni, D. Molina, N. P. Moreno, J. M. Nassar, D. M. Neves, L. J. Oakley, M. Oatham, A. R. Olvera-Luna, F. F. Pezzini, O. J. Reyes Domínguez, M. E. Ríos, O. Rivera, N. Rodríguez, A. Rojas, T. Särkinen, R. Sánchez, M. Smith, C. Vargas, B. Villanueva y R. Toby Pennington. 2016. Plant diversity patterns in neotropical dry forests and their conservation implications. Science 353(6306): 1383-1387. DOI: https://doi.org/10.1126/science.aaf5080

Dzib-Castillo, B., C. Chanatásig-Vaca y N. A. González-Valdivia. 2014. Estructura y composición en dos comunidades arbóreas de la selva baja caducifolia y mediana subcaducifolia en Campeche, México. Revista Mexicana de Biodiversidad 85(1): 167-178. DOI: https://dx.doi.org/10.7550/rmb.38706

Ellis, E., M. Martínez-Bello y R. Monroy-Ibarra. 2011. Focos rojos para la conservación de la biodiversidad. In: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) (ed.). La Biodiversidad en Veracruz: estudio de Estado Vol. I. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México, D.F., México. Pp. 351-367.

García, E. 2004. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 5a. ed. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. 90 pp.

Gentry, A. 1988. Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. Annals of the Missouri Botanical Garden 75(1): 1-34. DOI: https://doi.org/10.2307/2399464

Gentry, A. 1995. Diversity and floristic composition of neotropical dry forests. In: Bullock, S., H. Mooney y E. Medina (eds.). Seasonally dry tropical forests. Cambridge University Press. Cambridge, UK. Pp. 146-194. DOI: https://doi.org/10.1017/CBO9780511753398.007

Gillespie, T., A. Grijalva y C. Farris. 2000. Diversity, composition, and structure of tropical dry forests in Central America. Plant Ecology 147(1): 37-47. DOI: https://doi.org/10.1023/a:1009848525399

Godínez-Ibarra, O. y L. López-Mata. 2002. Estructura, composición, riqueza y diversidad de árboles en tres muestras de selva mediana subperennifolia. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica 73(2): 283-314.

González-Rivas, B., M. Tigabu, K. Gerhardt, G. Castro-Marín y P. Odén. 2006. Species composition, diversity and local uses of tropical dry deciduous and gallery forests in Nicaragua. Biodiversity and Conservation 15(4): 1509-1527. DOI: https://doi.org/10.1007/s10531-005-2632-0

Granados-Victorino, R. L., A. Sánchez-González, D. Martínez-Cabrera y P. Octavio-Aguilar. 2017. Estructura y composición arbórea de tres estadios sucesionales de selva mediana subperennifolia del municipio de Huautla, Hidalgo, México. Revista Mexicana de Biodiversidad 88(1): 122-135. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.01.024

INEGI. 1984. Carta edafológica, escala 1: 250,000 Veracruz E 14-3. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Aguascalientes, México.

IUCN. 2012. The IUCN Red List of Threatened Species, version 2012.2. http://www.iucnredlist.org (consultado abril de 2017).

Kovach, W. 1999. MVSP-a Multivariate Statistical Package for Windows, version 3.1. Kovach Computing Services. Pentraeth, UK.

Krömer, T., A. Acebey y A. Gómez-Pompa. 2010. Introducción. In: Gómez-Pompa, A., T. Krömer y R. Castro-Cortés (coord.). Atlas de la Flora de Veracruz, un patrimonio natural en peligro. Comisión del estado de Veracruz para la Conmemoración de la Independencia Nacional y la Revolución Mexicana, Gobierno del estado de Veracruz, Universidad Veracruzana. Xalapa, México. Pp. 25-42.

Magurran, A. 2004. Measuring biological diversity. Blackwell Science Ltd. Oxford, UK. 215 pp.

Masera, O., M. Ordóñez y R. Dirzo. 1997. Carbon emissions from Mexican forest: Current situation and long-term scenarios. Climatic Change 35(3): 265-295. DOI: https://doi.org/10.1023/a:1005309908420

Miranda, F. y E. Hernández X. 1963. Los tipos de vegetación en México y su clasificación. Boletín de la Sociedad Botánica de México 28: 29-179. DOI: https://dx.doi.org/10.17129/botsci.1084

Mooney, H., S. Bullock y E. Medina. 1995. Introduction. In: Bullock, S., H. Mooney y E. Medina (eds.). Seasonally dry tropical forests. Cambridge University Press. Cambridge, UK. Pp. 1-8. DOI: https://doi.org/10.1017/CBO9780511753398.001

Mueller-Dombois, D. y H. Ellenberg. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley and Sons. New York, USA. 547 pp.

Murphy, P. y A. Lugo. 1995. Dry forest of Central America and the Caribbean. In: Bullock, S., H. Mooney y E. Medina (eds.). Seasonally dry tropical forest. Cambridge University Press. Cambridge, UK. Pp. 9-34. DOI: https://doi.org/10.1017/CBO9780511753398.002

Palacios-Wassenaar, O., G. Castillo-Campos, S. M. Vázquez-Torres y S. del Amo-Rodríguez 2014. Flora vascular de la selva mediana subcaducifolia del centro de Veracruz, México. Revista Mexicana de Biodiversidad 85(1): 125-142. DOI: https://doi.org//10.7550/rmb.34663

Pineda-García, F., L. Arredondo-Amezcua y G. Ibarra-Manríquez. 2007. Riqueza y diversidad de especies leñosas del bosque tropical caducifolio El Tarimo, Cuenca del Balsas, Guerrero. Revista Mexicana de Biodiversidad 78(1): 129-139.

Portillo-Quintero, C. A. y G. A. Sánchez-Azofeifa. 2010. Extent and conservation of tropical dry forests in the Americas. Biological Conservation 143(1): 144-155. DOI: https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.09.020

Robles, H. 1986. La vegetación y uso tradicional de las plantas de la barranca de Monte Rey, Municipio de Axocuapan, Ver., y sus alrededores. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología, Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México. 70 pp.

Rossignol, J. P. 1987. Morfoedafología del área Xalapa-Coatepec: Descripción de las unidades del mapa morfoedafológico Escala 1: 75,000. Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer (ORSTOM)-Instituto Nacional de Investigación sobre Recursos Bióticos (INIREB). Xalapa, México.

Rzedowski, J. 1978. La Vegetación de México. Limusa. México, D.F., México. 432 pp.

SEMARNAT. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación. Cd. Mx., México. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5173091&fecha=30/12/2010

SMN. 2012. Servicio Meteorológico Nacional. http://www.smn.cna.gob.mx/SMN.html (consultado abril de 2012).

Sneath, P. H. A. y R. R. Sokal. 1973. Numerical taxonomy: the principles and practice of numerical classification. W. H. Freeman and Company. San Francisco, USA. 573 pp.

Systat Software. 2006. Systat Software, Inc. Sigmastat 3.5 for Windows. Tulsa, USA.

Trejo, I. 1999. El clima de la selva baja caducifolia en México. Investigaciones Geográficas 1(39): 40-52. DOI: https://dx.doi.org/10.14350/rig.59082

Trejo, I. y R. Dirzo. 2000. Deforestation of seasonally dry tropical forest: a national and local analysis in Mexico. Biological Conservation 94(2): 133-142. DOI: https://doi.org/10.1016/s0006-3207(99)00188-3

Trejo, I. y R. Dirzo. 2002. Floristic diversity of Mexican seasonally dry tropical forests. Biodiversity and Conservation 11(11): 2063-2084. DOI: https://doi.org/10.1023/a:1020876316013

TROPICOS. 2017. Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. http://www.tropicos.org/Name/29400090 (consultado mayo de 2017).

Williams, J. N., I. Trejo y M. W. Schwartz. 2017. Commonness, rarity, and oligarchies of woody plants in the tropical dry forests of Mexico. Biotropica 49(4): 493-501. DOI: https://doi.org/10.1111/btp.12447

Williams, J., J. Viers y M. Schwartz. 2010. Tropical dry forest trees and the relationship between local abundance and geographic range. Journal of Biogeography 37(5): 951-959. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2009.02248.x

Williams-Linera, G. y F. Lorea. 2009. Tree species diversity driven by environmental and anthropogenic factors in tropical dry forest fragments of central Veracruz, Mexico. Biodiversity and Conservation 18(12): 3269-3293. DOI: https://doi.org/10.1007/s10531-009-9641-3

Apéndice: Densidad, área basal, frecuencia y valor de importancia relativa (VIR) de las especies en la selva mediana subcaducifolia (SMsC) del centro de Veracruz. Las especies están ordenadas de acuerdo con el VIR general para el área de estudio. Se indica igualmente el VIR obtenido por las especies en los cinco sitios de estudio: Barranca de Monterrey (BM), El Manantial (M), Arroyo Blanco (AB), El Cerrito (C), El Ojital (O). En negritas y con asterisco se destacan las especies presentes en los cinco sitios de estudio. Colector: OMPW=Olivia M. Palacios-Wassenaar.

Especie	Familia	Densidad			Área basal			Frecuencia		VIR general	VIR por sitio de estudio				
		Nº de ind.	Ind/ha	%	m^2	m^2/ha	%	Absoluta	%		BM	M	AB	C	O
***Resinanthus aromaticus* (Cast.-Campos & Lorence) Borhidi**	Rubiaceae	180	269	14.2	8.7	13	24.5	65	10.1	16.3	9.9	19.9	22.6	16.6	10.9
***Brosimum alicastrum* Sw.**	Moraceae	157	234	12.4	6.9	10.3	19.4	48	7.5	13.1	22.2	13	11.1	2.8	14.6
***Comocladia engleriana* Loes.**	Anacardiaceae	80	119	6.3	0.6	0.8	1.6	34	5.3	4.4	4.1	5	3.3	7.1	2.9
Aphananthe monoica (Hemsl.) J.-F. Leroy	Cannabaceae	39	58	3.1	1.7	2.5	4.7	26	4	3.9	8	6.4	3.3	---	3.7
***Mosannona depressa* (Baill.) Chatrou**	Annonaceae	60	90	4.7	0.6	0.9	1.7	29	4.5	3.7	3.1	5.5	1.4	4.1	2.9
Sapranthus microcarpus (Donn. Sm.) R.E. Fr.	Annonaceae	62	93	4.9	0.6	0.8	1.6	27	4.2	3.6	8.1	0.5	5.1	---	3.1
***Bursera simaruba* (L.) Sarg.**	Burseraceae	39	58	3.1	1.4	2.1	3.9	19	3	3.3	1	3.7	3.6	4.3	4.4
***Astronium graveolens* Jacq.**	Anacardiaceae	22	33	1.7	1.6	2.4	4.6	17	2.6	3	5.9	2.7	1.1	3.1	2.5
Licaria misantlae (Brandegee) Kosterm.	Lauraceae	23	34	1.8	1.2	1.8	3.4	11	1.7	2.3	---	---	3.3	2.3	5.1
***Exothea paniculata* (Juss.) Radlk.**	Sapindaceae	21	31	1.7	0.8	1.2	2.3	14	2.2	2	0.5	2.5	1	3.2	4
***Discocnide mexicana* (Liebm.) Chew**	Urticaceae	26	39	2.1	0.8	1.2	2.3	11	1.7	2	1.1	4.1	1.4	0.4	4.4
Yucca guatemalensis Baker	Asparagaceae	35	52	2.8	0.4	0.6	1.1	13	2	2	---	1.4	0.8	5.3	2.5
Lysiloma divaricatum (Jacq.) J.F. Macbr.	Fabaceae	17	25	1.3	0.6	0.9	1.7	11	1.7	1.6	---	---	1.9	3.9	1.6
Ocotea tampicensis (Meisn.) Hemsl.	Lauraceae	17	25	1.3	0.4	0.5	1	13	2	1.5	0.4	4.5	2.8	---	---
Bernardia mexicana (Hook. & Arn.) Müll. Arg.	Euphorbiaceae	25	37	2	0.1	0.2	0.4	12	1.9	1.4	---	0.6	0.3	3.6	2.7
Adelia oaxacana (Müll. Arg.) Hemsl.	Euphorbiaceae	25	37	2	0.1	0.1	0.3	10	1.6	1.3	---	0.5	0.8	4.6	---
***Gymnanthes lucida* Sw.**	Euphorbiaceae	21	31	1.7	0.2	0.2	0.4	10	1.6	1.2	0.8	2	0.6	0.7	2.6
Lennea brunnescens Standl.	Fabaceae	19	28	1.5	0.2	0.4	0.7	9	1.4	1.2	1.2	---	1	1.5	2
Manilkara zapota (L.) P. Royen	Sapotaceae	4	6	0.3	1	1.4	2.7	3	0.5	1.2	2.2	---	2.2	---	---
Capparis discolor Donn. Sm.	Capparaceae	15	22	1.2	0.1	0.2	0.4	12	1.9	1.1	2.9	2.2	0.3	---	1
Hyperbaena jalcomulcensis E. Pérez & Cast.-Campos	Menispermaceae	15	22	1.2	0.2	0.3	0.5	11	1.7	1.1	---	---	1.5	1.2	2.6
Piscidia piscipula (L.) Sarg.	Fabaceae	6	9	0.5	0.7	1.1	2	5	0.8	1.1	---	---	2.3	1.5	0.6
Protium copal (Schltdl. & Cham.) Engl.	Burseraceae	8	12	0.6	0.5	0.8	1.5	7	1.1	1.1	0.7	---	2.8	---	0.4
Fabaceae sp. (*OMPW 94* (XAL))	Fabaceae	19	28	1.5	0.2	0.3	0.6	7	1.1	1.1	---	0.5	1.1	2.8	0.6
***Coccoloba barbadensis* Jacq.**	Polygonaceae	13	19	1	0.2	0.3	0.5	10	1.6	1	0.5	4.1	0.6	0.5	0.8
Psidium sartorianum (O. Berg) Nied.	Myrtaceae	21	31	1.7	0.1	0.1	0.3	6	0.9	0.9	3.1	---	1.5	---	---
Urera baccifera (L.) Gaudich. ex Wedd.	Urticaceae	12	18	0.9	0.1	0.2	0.4	9	1.4	0.9	2.1	3.6	---	---	---
Piper commutatum Steud.	Piperaceae	15	22	1.2	0.1	0.2	0.4	7	1.1	0.9	0.6	1.6	1.5	---	0.6

Apéndice: Continuación.

Especie	Familia	Densidad			Área basal			Frecuencia		VIR general	VIR por sitio de estudio				
		Nº de ind.	Ind/ha	%	m^2	m^2/ha	%	Absoluta	%		BM	M	AB	C	O
Eugenia rhombea (O. Berg) Krug & Urb.	Myrtaceae	16	24	1.3	0.1	0.2	0.3	6	0.9	0.8	---	0.5	2.8	---	---
Exostema mexicanum A. Gray	Rubiaceae	11	16	0.9	0	0.1	0.1	9	1.4	0.8	1.6	---	---	2.1	0.4
Sebastiania sp. (*OMPW 70* (XAL), *893* (XAL))	Euphorbiaceae	12	18	0.9	0.3	0.5	1	3	0.5	0.8	---	3	---	2.3	---
Acalypha villosa Jacq.	Euphorbiaceae	16	24	1.3	0.1	0.1	0.2	6	0.9	0.8	3	---	0.9	---	---
Calyptranthes sp. (*OMPW 40* (XAL), *55* (XAL), *96* (XAL), *118* (XAL), *149* (XAL))	Myrtaceae	13	19	1	0.1	0.1	0.1	7	1.1	0.8	---	---	1.1	0.5	1.8
Sideroxylon sp. (*OMPW 2* (XAL))	Sapotaceae	2	3	0.2	0.6	0.9	1.7	2	0.3	0.7	3.1	---	---	---	---
Bunchosia lindeniana A. Juss. var. *mexicana* Nied.	Malpighiaceae	8	12	0.6	0.1	0.1	0.2	8	1.2	0.7	1.9	---	1.3	---	---
Casearia corymbosa Kunth	Salicaceae	8	12	0.6	0	0	0	8	1.2	0.6	---	0.5	0.3	1.2	1.2
Spondias mombin L.	Anacardiaceae	2	3	0.2	0.5	0.8	1.4	2	0.3	0.6	---	---	2.1	---	---
Cracca caribaea (Jacq.) Benth.	Fabaceae	10	15	0.8	0	0.1	0.1	6	0.9	0.6	---	1.7	---	---	1.9
Bauhinia divaricata L.	Fabaceae	8	12	0.6	0.1	0.1	0.2	6	0.9	0.6	---	---	1.8	---	0.4
Ceiba aesculifolia (Kunth) Britten & Baker f.	Malvaceae	5	7	0.4	0.3	0.5	0.9	3	0.5	0.6	---	---	---	2.6	0.5
Croton niveus Jacq.	Euphorbiaceae	14	21	1.1	0	0.1	0.1	3	0.5	0.6	---	---	---	---	3
Malpighia glabra L.	Malpighiaceae	7	10	0.6	0.1	0.1	0.2	6	0.9	0.5	---	2.2	---	0.8	0.4
Ficus trigonata L.	Moraceae	4	6	0.3	0.3	0.4	0.8	3	0.5	0.5	---	1.2	---	2.1	---
Ehretia tinifolia L.	Boraginaceae	1	1	0.1	0.5	0.7	1.3	1	0.2	0.5	---	---	---	---	3
Pisonia aculeata L.	Nyctaginaceae	6	9	0.5	0	0	0.1	6	0.9	0.5	1.8	---	0.6	---	---
Fraxinus dubia (Willd. ex Schult. & Schult. f.) P.S. Green & M. Nee	Oleaceae	7	10	0.6	0.2	0.2	0.5	3	0.5	0.5	---	---	---	2.5	---
Aspidosperma megalocarpon Müll. Arg.	Apocynaceae	1	1	0.1	0.4	0.6	1.2	1	0.2	0.5	2.1	---	---	---	---
Beaucarnea inermis (S. Watson) Rose	Asparagaceae	4	6	0.3	0.2	0.3	0.6	3	0.5	0.5	---	---	---	1	1.5
Morisonia americana L.	Capparaceae	6	9	0.5	0.1	0.1	0.1	5	0.8	0.5	0.5	1.6	0.3	---	0.4
Thevetia thevetioides (Kunth) K. Schum.	Apocynaceae	5	7	0.4	0.1	0.1	0.2	5	0.8	0.5	---	0.7	0.7	0.5	0.5
Picrasma mexicana Brandegee	Simaroubaceae	6	9	0.5	0	0	0.1	5	0.8	0.4	---	---	0.3	0.6	1.3
Ficus cotinifolia Kunth	Moraceae	3	4	0.2	0.2	0.3	0.5	3	0.5	0.4	---	0.6	1.1	---	---
Pistacia mexicana Kunth	Anacardiaceae	6	9	0.5	0.1	0.1	0.2	3	0.5	0.4	---	---	---	1.9	---
Bunchosia aff. *lindeniana* A. Juss.	Malpighiaceae	7	10	0.6	0.1	0.1	0.2	2	0.3	0.4	2	---	---	---	---
Leucaena sp. (*OMPW 442* (XAL))	Fabaceae	4	6	0.3	0	0	0.1	4	0.6	0.3	---	---	0.6	0.9	---
Pithecellobium aff. *seleri* Harms	Fabaceae	2	3	0.2	0.2	0.2	0.5	2	0.3	0.3	---	---	---	1.6	---
Trophis racemosa (L.) Urb.	Moraceae	2	3	0.2	0.1	0.2	0.4	2	0.3	0.3	0.9	---	---	0.5	---
Acalypha aff. *villosa* Jacq.	Euphorbiaceae	6	9	0.5	0	0	0.1	2	0.3	0.3	---	---	---	0.5	0.9

Apéndice: Continuación.

Especie	Familia	Densidad			Área basal			Frecuencia		VIR general	VIR por sitio de estudio				
		Nº de ind.	Ind/ha	%	m^2	m^2/ha	%	Absoluta	%		BM	M	AB	C	O
Pseudobombax ellipticum (Kunth) Dugand	Malvaceae	2	3	0.2	0.1	0.2	0.4	2	0.3	0.3	---	---	---	0.6	0.9
Selenicereus sp. (observada en campo)	Cactaceae	3	4	0.2	0	0	0	3	0.5	0.2	---	---	---	1.2	---
Bernardia dodecandra (Sessé ex Cav.) McVaugh	Euphorbiaceae	3	4	0.2	0	0	0	3	0.5	0.2	---	---	0.3	---	0.8
Euphorbia calcarata (Schltdl.) V.W. Steinm.	Euphorbiaceae	3	4	0.2	0	0	0	3	0.5	0.2	---	---	0.3	0.4	0.4
Marsdenia coulteri Hemsl.	Apocynaceae	3	4	0.2	0	0	0	3	0.5	0.2	---	---	0.3	0.8	---
Dendropanax arboreus (L.) Decne. & Planch.	Araliaceae	2	3	0.2	0.1	0.1	0.2	2	0.3	0.2	0.7	---	0.3	---	---
Eugenia mexicana Steud.	Myrtaceae	3	4	0.2	0	0.1	0.1	2	0.3	0.2	0.7	0.7	---	---	---
Sideroxylon salicifolium (L.) Lam.	Sapotaceae	3	4	0.2	0	0	0.1	2	0.3	0.2	---	---	---	1	---
Karwinskia humboldtiana (Schult.) Zucc.	Rhamnaceae	3	4	0.2	0	0	0	2	0.3	0.2	---	---	---	1	---
Randia tetracantha (Cav.) DC.	Rubiaceae	3	4	0.2	0	0	0	2	0.3	0.2	---	---	0.7	---	---
Myrcianthes fragrans (Sw.) McVaugh	Myrtaceae	3	4	0.2	0	0	0	2	0.3	0.2	---	0.7	2.3	---	---
Cecropia obtusifolia Bertol.	Urticaceae	1	1	0.1	0.1	0.2	0.3	1	0.2	0.2	---	---	0.6	---	---
Maytenus repanda Turcz.	Celastraceae	2	3	0.2	0	0	0	2	0.3	0.2	0.9	---	---	---	---
Tabernaemontana alba Mill.	Apocynaceae	2	3	0.2	0	0	0	2	0.3	0.2	---	---	0.6	---	---
Eugenia sp. 1 (*OMPW 55* (XAL))	Myrtaceae	2	3	0.2	0	0	0	2	0.3	0.2	0.9	---	---	---	---
Bunchosia aff. *nitida* (Jacq.) DC.	Malpighiaceae	2	3	0.2	0	0	0	2	0.3	0.2	0.9	---	---	---	---
Hippocratea celastroides Kunth	Celastraceae	2	3	0.2	0	0	0	2	0.3	0.2	---	---	0.3	0.4	---
Mimosa guilandinae (DC.) Barneby	Fabaceae	2	3	0.2	0	0	0	2	0.3	0.2	---	---	---	---	0.8
Russelia purpusii Brandegee	Plantaginaceae	2	3	0.2	0	0	0	2	0.3	0.2	---	0.5	---	0.4	---
Quadrella pringlei (Briq.) Iltis & Cornejo	Capparaceae	1	1	0.1	0	0.1	0.1	1	0.2	0.1	---	---	---	0.6	---
Diospyros oaxacana Standl.	Ebenaceae	2	3	0.2	0	0	0	1	0.2	0.1	---	---	---	---	0.6
Tetrapterys schiedeana Schltdl. & Cham.	Malpighiaceae	2	3	0.2	0	0	0	1	0.2	0.1	---	---	---	---	0.6
Diospyros verae-crucis (Standl.) Standl.	Ebenaceae	1	1	0.1	0	0	0.1	1	0.2	0.1	---	---	---	---	0.5
Forchhammeria sp. (*OMPW 821* (XAL), *824* (XAL))	Resedaceae	1	1	0.1	0	0	0	1	0.2	0.1	---	---	---	---	0.5
Capparis baducca L.	Capparaceae	1	1	0.1	0	0	0	1	0.2	0.1	---	0.6	---	---	---
Cephalocereus sp. (observada en campo)	Cactaceae	1	1	0.1	0	0	0	1	0.2	0.1	---	---	---	0.4	---
Colubrina triflora Brongn. ex G. Don	Rhamnaceae	1	1	0.1	0	0	0	1	0.2	0.1	---	---	---	0.4	---
Ficus sp. (*OMPW 61* (XAL))	Moraceae	1	1	0.1	0	0	0	1	0.2	0.1	---	---	---	---	0.4
Machaerium aff. *salvadorense* (Donn. Sm.) Rudd	Fabaceae	1	1	0.1	0	0	0	1	0.2	0.1	---	---	---	---	0.4

Apéndice: Continuación.

Especie	Familia	Densidad			Área basal			Frecuencia		VIR general	VIR por sitio de estudio				
		Nº de ind.	Ind/ha	%	m^2	m^2/ha	%	Absoluta	%		BM	M	AB	C	O
Achatocarpus nigricans Triana	Achatocarpaceae	1	1	0.1	0	0	0	1	0.2	0.1	---	---	0.3	---	---
Sapindus saponaria L.	Sapindaceae	1	1	0.1	0	0	0	1	0.2	0.1	---	---	---	0.4	---
Pouteria campechiana (Kunth) Baehni	Sapotaceae	1	1	0.1	0	0	0	1	0.2	0.1	---	0.6	---	---	---
Psychotria costivenia Griseb.	Rubiaceae	1	1	0.1	0	0	0	1	0.2	0.1	---	---	0.3	---	---
Eugenia sp. 2 (*OMPW 40* (XAL))	Myrtaceae	1	1	0.1	0	0	0	1	0.2	0.1	0.5	---	---	---	---
Cydista heterophylla Seibert	Bignoniaceae	1	1	0.1	0	0	0	1	0.2	0.1	---	---	0.3	---	---
Fridericia aff. *pubescens* (L.) L.G. Lohmann	Bignoniaceae	1	1	0.1	0	0	0	1	0.2	0.1	---	---	---	0.4	---
Coccoloba humboldtii Meisn.	Polygonaceae	1	1	0.1	0	0	0	1	0.2	0.1	---	---	---	---	0.4
Malvaviscus arboreus Cav.	Malvaceae	1	1	0.1	0	0	0	1	0.2	0.1	---	0.5	---	---	---
Myrtaceae sp. (*OMPW 240* (XAL))	Myrtaceae	1	1	0.1	0	0	0	1	0.2	0.1	---	---	0.3	---	---
Neea aff. *psychotrioides* Donn. Sm.	Nyctaginaceae	1	1	0.1	0	0	0	1	0.2	0.1	---	---	---	0.4	---
	Totales	1267	1891	100	35.5	53	100	643	100	100	100	100	100	100	100

Acta Botanica Mexicana 124: 105-116 Julio **2018**

Artículo de investigación

Diversidad genética de *Mangifera indica* (Anacardiaceae) en Valencia, Córdoba, Colombia, usando marcadores microsatélites

Genetic diversity of *Mangifera indica* (Anacardiaceae) in Valencia, Córdoba, Colombia, using microsatellite markers

Martha Guerra[1], Rosalba Ruiz[1], Enrique Pardo[1,2]

1 Universidad de Córdoba, Facultad de Ciencias Básicas, Programa de Biología, Montería-Córdoba, Colombia-Carrera 6 No. 76-103, 230002 Montería, Colombia.

2 Autor para la correspondencia: epardop@correo.unicordoba.edu.co

Recibido: 23 de septiembre de 2017.
Revisado: 17 de octubre de 2017.
Aceptado: 16 de enero de 2018.
Primero en línea: 29 de mayo de 2018.
Publicado: 1 de julio de 2018.

Citar como:
Guerra, M., R. Ruiz y E. Pardo. 2018. Diversidad genética de *Mangifera indica* (Anacardiaceae) en Valencia, Córdoba, Colombia, usando marcadores microsatélites. Acta Botanica Mexicana 124: 105-116. DOI: 10.21829/abm124.2018.1285

DOI:
10.21829/abm124.2018.1285

Resumen:

Antecedentes y Objetivos: El mango (*Mangifera indica*) pertenece a la familia Anacardiaceae y es nativa del sur de Asia. Actualmente ha alcanzado una gran distribución por su desarrollo en climas cálidos, y su adaptación a una amplia gama de condiciones ambientales. El conocimiento de la diversidad genético poblacional del germoplasma de mango en Valencia, Córdoba, Colombia, permitiría seleccionar variedades y poblaciones promisorias para emplearse en los programas de mejoramiento genético del país. El objetivo del presente trabajo fue determinar la diversidad genética de una población de *Mangifera indica* en Valencia empleando 12 marcadores microsatélites.

Métodos: El estudio se realizó con hojas de *Mangifera indica* colectadas en el municipio de Valencia deshidratadas con silica gel. El análisis de los individuos se realizó utilizando 12 marcadores moleculares microsatélites. Empleando diferente software (GENALEX, CERVUS, FSTAT y MEGA 7) se determinó: número de alelos, número efectivo de alelos, heterocigosidad observada y esperada, distancia genética y equilibrio de Hardy-Weinberg, contenido de información polimórfica, índices de fijación F_{IS}, F_{IT} y F_{ST}, y un dendrograma.

Resultados clave: Todos los microsatélites analizados fueron polimórficos. Se detectaron entre 5 y 12 alelos, con un promedio de 7 alelos por *locus* y un total de 84. El número efectivo de alelos promedio fue 4.551. Los valores del PIC oscilaron entre 0.86 y 0.49 para los marcadores *MiIIHR23* y *MiIIHR34* respectivamente. La prueba de Hardy-Weinberg indicó que la población estaba en desequilibrio ($p<0.05$) para los 12 marcadores. El índice de fijación reveló un exceso de homocigotos. El promedio de heterocigosidad, observada y esperada, fue de 0.355 y 0.748 respectivamente.

Conclusiones: La población analizada presentó alta diversidad genética y los marcadores resultaron muy informativos, atendiendo al PIC.

Palabras clave: alelos, contenido de información polimórfica, distancia genética, equilibrio de Hardy-Weinberg.

Abstract:

Background and Aims: Mango (*Mangifera indica*) belongs to the Anacardiaceae family and is native to South Asia. It has currently reached a large distribution because of its development in warm climates, and its adaptation to a wide range of environmental conditions. Knowledge of the population genetic diversity of mango germplasm in Valencia, Córdoba, Colombia, would allow for selection of promising mango varieties and populations for use in the country's breeding programs. The aim of the present work was to determine the genetic diversity of a population of *Mangifera indica* in Valencia using 12 microsatellite markers.

Methods: The study was conducted with leaves of *Mangifera indica* collected in the city of Valencia and dehydrated with silica gel. The analysis of individuals was performed using 12 microsatellite molecular markers. Employing different software (GENALEX, CERVUS, FSTAT and MEGA 7), were determined: number of alleles, effective number of alleles, heterozygosity observed and expected, genetic distance, Hardy-Weinberg equilibrium, polymorphic information content, fixation indices F_{IS}, $F_{IT,}$ F_{ST} and a dendrogram.

Key results: All microsatellites used were polymorphic. Between 5 to 12 alleles were detected, with an average of 7 alleles per *locus* and a total of 84. The average effective number of alleles was 4.551. PIC values ranged between 0.86 and 0.49 for *MiIIHR23* and *MiIIHR34* respectively. The Hardy-Weinberg test indicated that the population was in disequilibrium ($p<0.05$) for the 12 markers. The fixation index revealed an excess of homozygotes. The average of the observed and expected heterozygosity was 0.355 and 0.748 respectively.

Conclusions: The analyzed population presented high genetic diversity and the markers were very informative, attending the PIC.

Key words: alleles, distance genetics, Hardy-Weinberg equilibrium, polymorphic information content.

Introducción

El mango (*Mangifera indica* L.) es una planta perteneciente a la familia Anacardiaceae, nativa del sur de Asia, especialmente del Oriente de India; actualmente ha alcanzado una gran distribución por su cultivo en alrededor de 100 países (Galán, 2009), debido a su desarrollo en climas cálidos, y su adaptación a una gama de condiciones ambientales amplias (Asohofrucol y Corpoica, 2013).

Mangifera indica es una de las especies más apreciadas a nivel mundial, destacándose por la propagación y aprovechamiento del fruto, su utilidad para fines comerciales (Human y Rheeder, 2004) y farmacéuticos (Márquez et al., 2010), y por sus propiedades organolépticas y nutricionales (Kessel, 2008). Por sus atributos, *M. indica* es considerada de gran importancia comercial y con potencial económico (Galán, 2009), siendo cultivada en casi todas las zonas tropicales y subtropicales, principalmente en India, Brasil y México. La vasta distribución geográfica y ambiental de esta especie, ha sido un factor que ha propiciado la amplia diversidad genética de la misma, generando genotipos que exhiben diferencias notorias, particularmente en caracteres del fruto (García et al., 2010).

En Colombia, el cultivo de mango se produce en alrededor de 23 mil hectáreas (Espinal-García et al., 2005), presentes en 16 departamentos, y cuenta con aproximadamente 100 variedades (Espinal-García et al., 2005). Los mangos criollos son variedades de tamaño pequeño, reproducción poliembriónica, mayor vigor en las plantas e igual calidad que la planta madre (Vieccelli et al., 2016). Se considera que la mayoría de los cultivares de mango criollo tienen un origen poliembriónico (Vieccelli et al., 2016).

Los cultivares de mango, al igual que otras especies de árboles frutales, son identificados con base en rasgos morfológicos sustentados en descriptores (IPGRI, 2006). Sin embargo, la determinación basada exclusivamente en caracteres morfológicos es inexacta debido a la influencia de los factores ambientales y al número limitado de caracteres distinguibles. De esta manera, la identificación molecular de los cultivares de mango se ha llevado a cabo con diferentes sistemas moleculares como isoenzimas (Degani et al., 1990; Aron et al., 1997), repeticiones en tándem de número variable (VNTR) (Adato et al., 1995; Krishna y Singh, 2007; Begum et al., 2012; Sennhenn et al., 2014; Wang et al., 2016), polimorfismos de longitud en fragmentos amplificados (AFLPs) (Eiadthong et al., 2000; Kashkush et al., 2001; Yamanaka et al., 2006; Santos et al., 2008; Gálvez-López et al., 2009), ADN polimórficos amplificados al azar (RAPDs) (Souza et al., 2011; Samal et al., 2012; Hossain et al., 2016; Pruthvish y Chikkaswamy, 2016; Galal et al., 2017) y repetición de secuencias discretas (SSRs) (Surapaneni et al., 2013; Ravishankar et al., 2015; Azmat et al., 2016; Bajpai et al., 2016; dos Santos Alves et al., 2016; Nazish et al., 2017). Los resultados revelan diferencias entre las accesiones de mango sin importar el sistema de marcador utilizado, su origen geográfico o su situación genética (cultivares, razas autóctonas o variedades).

Las repeticiones de secuencia simple (SSRs) constituyen una de las herramientas más específicas, eficaces y rápidas para analizar la diversidad genética de las especies (Azofeifa-Delgado, 2006), se trata de secuencias de ADN de 1 a 6 nucleótidos dispuestos en grupo, distribuidos en todo el genoma y cuya herencia es segregante (Becerra y Paredes, 2000). Estos marcadores presentan múltiples ventajas como codominancia, multialelismo y alta heterocigosidad; además, requieren una cantidad mínima de ADN para su estudio y realizan una discriminación precisa entre individuos altamente emparentados gracias a su alto nivel polimórfico (González, 2003).

El conocimiento sobre la diversidad genética de las poblaciones de mango en Colombia es pobre, destacándose el estudio realizado en seis poblaciones de Colombia (Díaz-Matallana et al., 2009), por lo que se desconoce la diversidad genética poblacional de *Mangifera indica* a nivel de Valencia, Córdoba. En este sentido, esta situación afecta al sector agrícola y a la comunidad científica ante la carencia de información para seleccionar variedades y poblaciones de mango promisorias para el mejoramiento genético o selección de cultivares con mayor productividad.

Por lo anterior, este trabajo tiene como objetivo determinar en el municipio de Valencia, departamento de

Córdoba, la diversidad genética de 35 accesiones de *Mangifera indica*, empleando 12 marcadores microsatélites, como requerimiento básico para los programas de mejoramiento de mango, conservación y selección de materiales promisorios (Krishna y Singh, 2007), para la industria alimentaria a nivel nacional.

Materiales y Métodos

Material vegetal

El material vegetal estudiado fue colectado en cinco fincas del municipio de Valencia, en el departamento de Córdoba, Colombia (Fig. 1). Se muestrearon 35 accesiones distribuidas en subpoblaciones de la siguiente forma: Villanueva: 8°20'27.97"N; 76°07'0848"O (n=6), Valencia: 8°15'25.77"N; 76°10'27.79"O (n=8), El Reposo: 8°10'41.44"N; 76°10"13.51"O (n=6), San Rafael del Pirú: 8°11'06.89"N; 76°16'40.56"O (n=8), Santo Domingo: 8°08'36.88"N; 76°19'34.29"O (n=7).

Las accesiones muestreadas fueron deshidratadas con silica gel y mantenidas bajo las condiciones del Herbario HUC de la Universidad de Córdoba.

Extracción de ADN genómico

Para cada muestra se colocaron fragmentos de tejido foliar seco en una cápsula de porcelana con nitrógeno líquido, se maceraron hasta obtener un polvo fino y se guardaron a -20 ºC hasta su empleo.

La extracción del ADN genómico se llevó a cabo en 40 mg del material macerado, usando el Dneasy Plant



Figura 1: Mapa de ubicación del municipio Valencia, departamento de Córdoba, Colombia.

Mini Kit de extracción de QIAGEN® (QIAGEN Inc., Valencia, CA, USA).

Análisis genético de repeticiones de secuencia simple (SSRs)

La concentración de ADN se determinó mediante un espectrofotómetro NanoDrop®ND-1000 (Thermo Fisher Scientific, Wilmington, EUA) a 260 y 280 nm de longitud de onda, como lo señalan Valadez y Kahl (2000).

Se emplearon 12 *loci* microsatélites utilizados por Ravishankar et al., (2011). La amplificación de los mismos se realizó mediante PCR en un volumen de mezcla de reacción de 12 µl que incluyó 0.24 µl de dNTPs 10 µM, 1.8 µl de amortiguador 10X, 0.72 µl de $MgCl_2$ 1.5 µM, 0.12 µl de cebadores específicos (forward y reverse) 0.5 µM, 0.12 µl de enzima Taq polimerasa a una concentración de 0.05 U/µl, 2 µl de ADN genómico a una concentración de 3.33 ng/µl y 6.88 µl de agua estéril.

La reacción de PCR se realizó en un Termociclador Bio-Rad T100™ (Applied Biosystems, Foster City, USA) y consistió de una fase de desnaturalización de 95 °C durante 3 min, una segunda fase de 35 ciclos de 30 s de desnaturalización a 95 °C, 30 s a la temperatura de alineamiento (Cuadro 1), seguido por una tercera fase de extensión a 72 °C por 1 min y finalmente, una fase de extensión de 5 min a 72 °C.

Los productos de PCR se separaron mediante electroforesis vertical en gel de poliacrilamida a 10% (acrilamida: bisacrilamida, 29:1) desnaturalizado (6 mol L-1 de urea), en una cámara Mini-Protean II Biorad®

Cuadro 1: Microsatélites tipificados de *Mangifera indica* L. (Ravishankar et al., 2011), secuencia de iniciadores, numero de alelos y rango alélico (pb).

Marcador	Secuencia de iniciadores	Temperatura de alineamiento (**ºC**)	No. de alelos	Rango alélico (pb)
MiIIHR12	F: GCCCCATCAATACGATTGTC	55	9	154-185
	R: ATTTCCCACCATTGTCGTTG			
MiIIHR13	F: CCCAGTTCCAACATCATCAG	55	5	189-201
	R: TTCCTCTGGAAGAGGGAAGA			
MiIIHR15	F: TAACCATTCGGCATCCTCT	55	5	153-164
	R: TGTGATAGAATGGCAAAAGAA			
MiIIHR17	F: GCTTGCTTCCAACTGAGACC	57	7	258-294
	R: GCAAAATGCTCGGAGAAGAC			
MiIIHR18	F: TCTGACGTCACCTCCTTTCA	55	5	170-181
	R: ATACTCGTGCCTCGTCCTGT			
MiIIHR19	F: TGATATTTTCAGGGCCCAAG	56	7	192-224
	R: AAATGGCACAAGTGGGAAAG			
MiIIHR23	F: TCTGACCCAACAAAGAACCA	55	12	112-150
	R: TCCTCCTCGTCCTCATCATC			
MiIIHR24	F: GCTCAACGAACCCAACTGAT	55	8	245-274
	R: CCAGCATTCAATGAAGAAGTT			
MiIIHR26	F: GCGAAAGAGGAGAGTGCAAG	56	8	135-156
	R: TCTATAAGTGCCCCCTCACG			
MiIIHR31	F: TTCTGTTAGTGGCGGTGTTG	56	5	212-236
	R: CACCTCCTCCTCCTCCTCTT			
MiIIHR34	F: CTGAGTTTGGCAAGGGAGAG	55	5	227-243
	R: TTGATCCTTCACCACCATCA			
MiIIHR36	F: TCTATAAGTGCCCCCTCACG	56	8	222-250
	R: ACTGCCACCGTGGAAAGTAG			
Promedio total		-	7	-

(Applied Biosystems, Foster City, EUA) (Tsang et al., 1986). Las bandas se visualizaron por tinción con nitrato de plata (Qiu et al., 2012), utilizando DNA ladder, donde el rango del marcador de peso molecular utilizado osciló entre 50 y 500 pb. Los geles fueron fotografiados con una cámara CANON (ELPH180 IS, Tokio, Japón) y la determinación del tamaño alélico se efectuó mediante el programa ImageJ (Abràmoff et al., 2004) donde por pixelaje de las bandas amplificadas, se determinaron los tamaños alélicos utilizando el software Past 3.14 (Hammer et al., 2001).

Análisis estadístico

Mediante el software GenAlEx versión 6.5 (Peakall y Smouse, 2006) se calculó para cada *locus*: número de alelos observados, número efectivo de alelos, valores de heterocigosidad observada y esperada (Ho y He), distancia genética y equilibrio de Hardy-Weinberg. El PIC (Contenido de Información Polimórfica) de cada *locus* microsatélite se estimó mediante el programa CERVUS versión 3.0.7 (Kalinowski et al., 2007). Los índices de fijación de Wright: F_{IS}, F_{IT} y F_{ST}, se calcularon mediante el programa FSTAT versión 2.9.3.2 (Goudet et al., 2002). El dendrograma se construyó mediante el método UPGMA con un bootstrap de 80%, empleando el programa MEGA versión 7 (Kumar et al., 2016). Asimismo, para la identificación de duplicados se utilizó el software Excel Microsatellite Toolkit (Park, 2001).

Resultados

En total, 84 alelos fueron observados para la población de mangos en Valencia, Córdoba, Colombia, con un número promedio de siete alelos en el germoplasma del mango. El *locus MiIIHR23* presentó el mayor número (12) de alelos y los *loci* que presentaron el menor número (5) de alelos fueron *MiIIHR13*, *MiIIHR15*, *MiIIHR18*, *MiIIHR31* y *MiIIHR34* (Cuadro 1).

El promedio del número efectivo de alelos fue de 4.5, el *locus* con el mayor número efectivo (7.9) de alelos fue *MiIIHR23* y *MiIIHR34* presentó el menor número efectivo (2.1) de alelos (Cuadro 2).

Cuadro 2: Parámetros básicos de diversidad genética calculados para el germoplasma de *Mangifera indica* L. en Valencia, Córdoba, Colombia. Número efectivo de alelos: Na, heterocigosidad observada: Ho, heterocigosidad esperada: He, contenido de información polimórfica: PIC, equilibrio de Hardy-Weinberg: EHW. *Desvío significativo del equilibrio de Hardy-Weinberg (P<0.05).

Locus	Na	Ho	He	PIC	EHW
MiIIHR12	3.306	0.409	0.742	0.718	0.000***
MiIIHR13	3.902	0.300	0.744	0.702	0.000***
MiIIHR15	3.375	0.111	0.704	0.652	0.000***
MiIIHR17	5.667	0.647	0.824	0.800	0.006**
MiIIHR18	3.945	0.214	0.768	0.729	0.000***
MiIIHR19	4.167	0.500	0.760	0.730	0.020*
MiIIHR23	7.918	0.412	0.874	0.862	0.000***
MiIIHR24	6.081	0.533	0.836	0.815	0.000***
MiIIHR26	5.885	0.059	0.832	0.810	0.000***
MiIIHR31	2.569	0.053	0.611	0.573	0.000***
MiIIHR34	2.117	0.211	0.528	0.493	0.000***
MiIIHR36	5.684	0.778	0.824	0.802	0.001**
Promedio total	4.551	0.355	0.748	0.724	-

Para la heterocigosidad observada (Ho), los resultados obtenidos oscilaron entre 0.778 y 0.053 correspondientes a *MiIIHR36* y *MiIIHR31* respectivamente con un promedio de 0.355; mientras que los valores de heterocigosidad esperada (He) fueron de 0.874 y 0.528, correspondientes a *MiIIHR23* y *MiIIHR34* respectivamente con un promedio de 0.748 (Cuadro 2).

El contenido de información polimórfica (PIC) promedio obtenido para la población fue de 0.724 y sus valores oscilaron entre 0.862 y 0.493 (Cuadro 2), los cuales corresponden a los marcadores *MiIIHR23* y *MiIIHR34* respectivamente.

Los 12 marcadores microsatélites estudiados mostraron ausencia del equilibrio de Hardy-Weinberg ($p<0.05$) (Cuadro 2).

El valor promedio del estadístico F_{IS} (Cuadro 3) fue de 0.345, con valores que oscilan entre 0.014 para el *locus MiIIHR24* y 0.907 para el *locus MiIIHR26*; con relación

Cuadro 3: Valores de los estadísticos F de Wright ($F_{IS,}$ $F_{IT,}$ F_{ST}) para cada marcador en la población de Valencia, Córdoba, Colombia.

Locus	F_{IS}	F_{IT}	F_{ST}
MiIIHR12	0.281	0.412	0.182
MiIIHR13	0.525	0.682	0.331
MiIIHR15	0.655	0.828	0.501
MiIIHR17	-0.322	0.185	0.383
MiIIHR18	0.759	0.845	0.358
MiIIHR19	0.183	0.456	0.335
MiIIHR23	0.056	0.555	0.529
MiIIHR24	0.014	0.547	0.540
MiIIHR26	0.907	0.939	0.343
MiIIHR31	0.784	0.905	0.559
MiIIHR34	0.458	0.572	0.210
MiIIHR36	-0.158	0.051	0.180
Media	0.345	0.581	0.371

al estadístico F_{IT}, el valor promedio fue de 0.581, en rangos de 0.051 a 0.939 para los *loci MiIIHR36* y *MiIIHR26* respectivamente. Por otro lado, el valor promedio de F_{ST} obtenido fue de 0.371 con valores que oscilan entre 0.180 para el *locus MiIIHR36* y 0.559 para el *locus MiIIHR31*.

Atendiendo a los valores de distancia genética obtenidas (Cuadro 4), puede apreciarse que las subpoblaciones de Valencia y El Reposo resultaron ser las subpoblaciones más parecidas genéticamente y las más cercanas geográficamente, mientras que Villanueva y Santo Domingo fueron las subpoblaciones menos parecidas y las más alejadas geográficamente.

En el dendrograma generado para el análisis de las subpoblaciones (Fig. 2), se muestra la asociación que se presentó entre las subpoblaciones Villanueva, Valencia, El Reposo y San Rafael del Pirú, las cuales comparten su cercanía geográfica. Además, se muestra la subpoblación de Santo Domingo como la más alejada, siendo esta la más distante geográficamente.

Discusión

El número medio de alelos por *locus* obtenido en esta investigación fue menor al obtenido por Dinesh et al. (2015) con una media de 12 alelos por *locus*. La obtención de un número de alelos inferior en nuestro estudio respecto al reportado se puede explicar por un descenso en la variabilidad del material vegetal analizado debido a un menor número de genotipos diferentes, y fue mayor al reportado por dos Santos Ribeiro et al. (2012), Armas-Moreno (2013) y Azmat et al. (2016) quienes registraron un promedio de 4, 2.6 y 3 alelos respectivamente, lo cual muestra que el material vegetal del presente estudio posee un mayor número de genotipos diferentes. Por otro lado, fue similar al obtenido por Bajpai et al. (2016) quien reportó un valor promedio de seis alelos.

Según Botstein et al. (1980), 11 de los 12 *loci* utilizados en este trabajo presentan valores del PIC superiores al valor de 0.5 indicado como umbral por encima del cual un marcador puede ser considerado muy informativo al momento de detectar la variabilidad genética y utilizar-

Cuadro 4: Matriz de distancia genética de Nei (1972) en las subpoblaciones estudiadas en Valencia, Córdoba, Colombia.

	Villanueva	Valencia	El Reposo	San Rafael del Pirú	Santo Domingo
Villanueva	-------				
Valencia	0.830	-------			
El Reposo	0.705	0.456	-------		
San Rafael del Pirú	0.983	1.031	0.982	-------	
Santo Domingo	1.951	1.592	1.343	1.508	-------

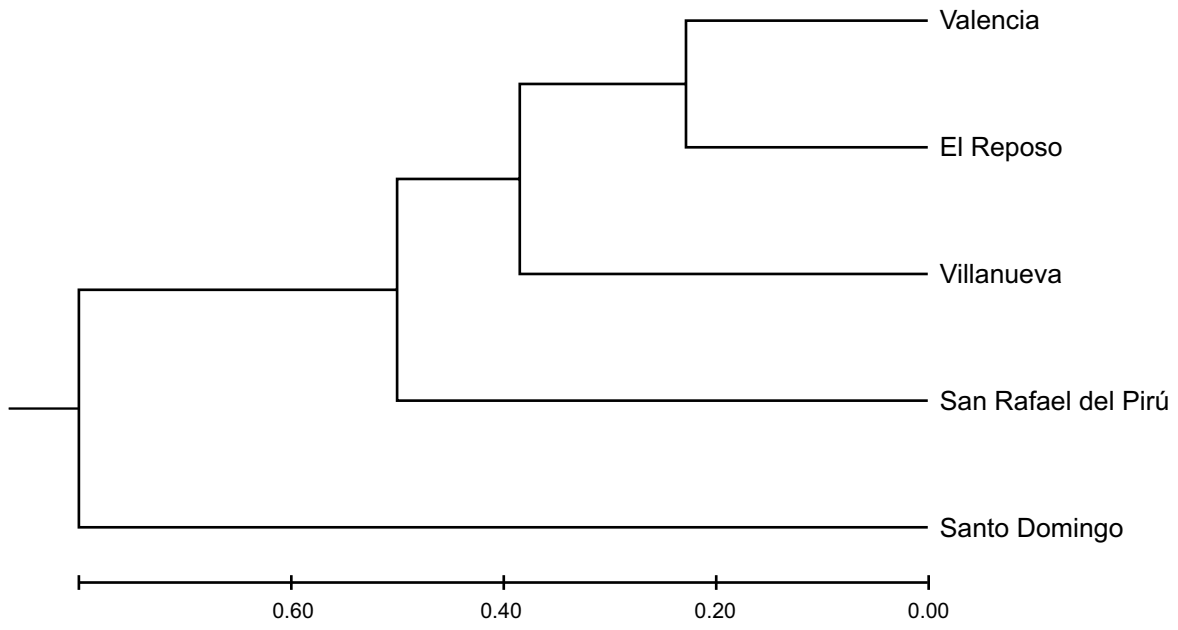


Figura 2: Dendograma basado en la distancia genética de Nei (1972) entre las subpoblaciones estudiadas en Valencia, Córdoba, Colombia, obtenido por el método UPGMA.

se eficazmente en estudios de diversidad genética en la población de mango estudiada. Nueve *loci* (*MiIIHR12, MiIIHR13, MiIIHR17, MiIIHR18, MiIIHR19, MiIIHR23, MiIIHR24, MiIIHR26* y *MiIIHR36*) muestran un PIC superior a 0.7, valor por encima del cual el marcador es especialmente de utilidad para la construcción de mapas genéticos (Bandelj et al., 2004), y solo uno medianamente informativo, con valor de PIC mayor a 0.25. El PIC promedio obtenido en el presente estudio, utilizando marcadores STRs, resultó mayor al reportado por Begum et al. (2012) (PIC=0.66), Begum et al. (2013) (PIC=0.46), Tasliah et al. (2013) (PIC=0.548), Begum et al. (2014) (PIC=0.47), Bajpai et al. (2016) (PIC=0.438), dos Santos Alves et al. (2016) (PIC=0.550), Gitahi et al., (2016), (PIC=0.543) y Nazish et al. (2017) (PIC=0.398); menor al reportado por Ravishankar et al. (2015) (PIC=0.841) y similar al reportado por Hirano et al. (2010) (PIC=0.716) y Surapaneny et al. (2013) (PIC=0.717).

Los resultados obtenidos para la heterocigosidad observada (Ho) fueron menores a los reportados por Viruel et al. (2005) (Ho=0.69), Gálvez-López et al. (2009) (Ho=0.51), Hirano et al. (2010) (Ho=0.645), Ravishankar et al. (2015) (Ho=0.624), dos Santos Alves et al. (2016) (Ho=0.437) y Gitahi et al. (2016) (Ho=0.64), y los valores encontrados para la heterocigosidad esperada (He) fueron mayores a los reportados por Viruel et al. (2005) (He=0.65), Hirano et al. (2010) (He=0.709), Surapaneny et al. (2013) (He=0.390), dos Santos Alves et al. (2016) (He=0.624), Gitahi et al. (2016) (He=0.55) y Nazish et al. (2017) (He=0.262), y menores a los reportados por Gálvez-López et al. (2009) (He=0.92), Ravishankar et al. (2015) (He=0.858).

El número de alelos efectivos (Na) para la población de mango estudiada osciló entre 2.11 y 7.91 con un promedio de 4.55, valor representativo según Bakoumé et al. (2007), quienes proponen que se requiere de un alto número de alelos para la selección de individuos con caracteres deseables y evitar la pérdida de diversidad genética a través de planes de conservación. Este resultado (Na=4.55), es mayor al reportado por Viruel et al. (2005) (Na=3.3), Gitahi et al. (2016) (Na=3.0) y Nazish et al. (2017) (Na=1.8), y menor en comparación con el promedio obtenido por Hirano et al. (2011) (Na=6.5).

Los 12 marcadores microsatélites mostraron una desviación significativa con respecto al equilibrio de Hardy-Weinberg, lo cual puede deberse a endogamia, existencia de una posible estructura genética por subdivisión (Efecto Wahlund), emparejamiento selectivo o poblaciones pequeñas (Chapuis y Estoup, 2007). También pudo haberse dado un efecto fundador, donde los pocos individuos que forman la nueva población no representan el perfil genético de la de origen, sumado a la fuerte recombinación que pudo darse entre los escasos individuos iniciales de la población (Nichols et al., 2001).

Los valores obtenidos para los estadísticos F_{IS} y F_{IT} fueron positivos para todos los marcadores revelando un déficit de heterocigotos. El exceso de homocigotos en una población podría ser el resultado de eventos de endogamia, lo cual puede aumentar la probabilidad de que se pierdan alelos para la siguiente generación, llevando a la pérdida progresiva de diversidad genética con el paso del tiempo (Ellegren y Galtier, 2016).

De otra parte, la cercanía genética resultante entre las subpoblaciones Villanueva, Valencia, El Reposo y San Rafael del Pirú concuerda con lo expuesto por Rocha y Lobo (1996), en su trabajo con *Enterolobium cyclocarpum* Jacq., en donde la distancia genética resultó directamente proporcional a la distancia geográfica.

Conclusiones

El estudio de *Mangifera indica* en Valencia, Córdoba, Colombia, reveló una alta diversidad genética; además, presentó un elevado número de alelos y ausencia de equilibrio de Hardy-Weinberg. Los marcadores utilizados resultaron ser altamente informativos, atendiendo al PIC, razón por la cual son recomendables para posteriores análisis de diversidad genética en esta especie.

Contribución de autores

RR y EP concibieron, diseñaron el estudio, efectuaron los análisis e interpretaron los resultados. MG llevó a cabo los experimentos, realizó parte de los análisis y escribió el manuscrito con la ayuda de RR y EP. Todos los autores contribuyeron a la discusión, revisión y aprobación del manuscrito final.

Financiamiento

Este estudio fue apoyado por la Universidad de Córdoba (Proyecto N° FCB-05-14).

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a Heidy Saab Ramos y Mauricio Begambre Hernández por el apoyo brindado para la realización de este trabajo.

Literatura citada

Abràmoff, D., J. Magalhães y J. Ram. 2004. Image processing with ImageJ. Biophotonics International 11(7): 36-42.

Adato, A., D. Sharon, U. Lavi, J. Hillel y S. Gazit. 1995. Application of DNA fingerprints for identification and genetic analyses of mango (*Mangifera indica*) genotypes. Journal of the American Society for Horticultural Science 120(2): 259-264.

Armas-Moreno, M. 2013. Caracterización molecular de 54 accesiones de guanábana (*Annona muricata* L.) y 60 de mango (*Mangifera indica* L.) a través de marcadores genéticos moleculares de las colecciones del banco de germoplasma del INIAP. Tesis de Ingeniería Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Estatal Península de Santa Elena. La Libertad, Ecuador. 110 pp.

Aron, Y., H. Czosnek, S. Gazit y C. Degani. 1997. Segregation distortion and linkage of mango isozyme loci. Horticulturae Scientia 32(5): 918-920.

Asohofrucol y Corpoica. 2013. Modelo tecnológico para el cultivo del mango en el valle del Alto Magdalena en el departamento del Tolima. http://www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca_264_ MP_Mango.pdf (consultado marzo de 2017).

Azmat, M., A. Khan, I. Khan, I. Ahmad, H. Cheema y A. Khan. 2016. Morphological characterization and SSR based DNA fingerprinting of elite commercial mango cultivars. Pakistan Journal of Agricultural Sciences 53(2): 321-330. DOI: https://dx.doi.org/10.21162/PAKJAS/16.2988

Azofeifa-Delgado, A. 2006. Uso de marcadores moleculares en plantas; aplicaciones en frutales del trópico. Mesoamerican Agronomy 17(2): 221-241. DOI: https://doi.org/10.15517/am.v17i2.5163

Bajpai, A., M. Muthukumar, I. Ahmad, K. V. Ravishankar, V. A. Parthasarthy, B. Sthapit, R. Rao, J. P. Verma y S. Rajan. 2016. Molecular and morphological diversity in locally grown non-commercial (heirloom) mango varieties of North India. Journal of Environmental Biology 37(2): 221-228.

Bakoumé, C., R. Wickneswari, N. Rajanaidu, A. K. Din, P. Amblard y N. Billotte. 2007. Diversidad alélica de poblaciones naturales de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) detectada por marcadores microsatelitales: Implicación en conservación. Palmas 28: 149-158.

Bandelj, D., J. Jakše y B. Javornik. 2004. Assessment of genetic variability of olive variety by microsatellite and AFLP markers. Euphytica 136(1): 93-102. DOI: https://doi.org/10.1023/b:euph. 0000019552.42066.10

Becerra, V. y M. Paredes. 2000. Uso de marcadores bioquímicos y moleculares en estudios de diversidad genética. Agricultural Technology 60(3): 270-281. DOI: https://dx.doi.org/10.4067/S0365-28072000000300007

Begum, H., M. T. Reddy, S. Malathi, B. P. Reddy, S. Arcahk, J. Nagaraju y E. A. Siddiq. 2012. Molecular analysis for genetic distinctiveness and relationships of indigenous landraces with popular cultivars of mango (*Mangifera indica* L.) in Andhra Pradesh, India. The Asian and Australasian Journal of Plant Science and Biotechnology 6(1): 24-37.

Begum, H., M. T. Reddy, S. Malathi, B. P. Reddy, G. Narshimulu, J. Nagaraju y E. A. Siddiq. 2013. Microsatellite analysis of intracultivar diversity in 'Chinnarasam' mango from Andhra Pradesh India. African Crop Science Journal 21(2): 109-117.

Begum, H., M. T. Reddy, S. Malathi, P. Reddy, G. Narshimulu, J. Nagaraju y E. A. Siddiq. 2014. Morphological and microsatellite analysis of intravarietal variability in 'Cherukurasam' cultivar of mango (*Mangifera indica* L.). Jordan Journal of Agricultural Sciences 10(3): 452-471.

Botstein, D., R. L. White, M. Skolnick y R. W. Davis. 1980. Construction of a genetic linkage map in man using restriction fragment length polymorphisms. The American Journal of Human Genetics 32(3): 314-331.

Chapuis, M. P. y A. Estoup. 2007. Microsatellite null alleles and estimation of population differentiation. Molecular Biology and Evolution 24(3): 621-631. DOI: https://dx.doi.org/10.1093/molbev/msl191

Degani, C., R. El-Batsri y S. Gazit. 1990. Enzyme polymorphisms in mango. Journal of the American Society for Horticultural Science 115(5): 844-847.

Díaz-Matallana, M., I. Schuler-García, M. Ruiz-García y E. Hodson-de-Jaramillo. 2009. Analysis of diversity among six populations of Colombian mango (*Mangifera indica* L. cvar. hilacha) using RAPDs markers. Electronic Journal of Biotechnology 12(3): 1-8. DOI: https://doi.org/10.2225/vol12-issue3-fulltext-10

Dinesh, M. R., K. V. Ravishankar, B. Sthapit, V. A. Parthasarathy, B. S. Sandya, P. Nischita y B. Lavanya. 2015. Genetic diversity studies in certain indigenous mango (*Mangifera indica* L.) varieties. Indian Journal of Plant Genetic Resources 28(1): 153-160. DOI: https://dx.doi.org/10.5958/0976-1926.2015.00019.4

dos Santos Alves, E. O., F. P. Lima Neto, C. A. Fernandes Santos, I. C. N. dos Santos Ribeiro, C. A. Ferreira de Melo, I. S. Araújo Holanda, A. Pereira de Souza y R. X. Correa. 2016. Genetic diversity of mango accessions (*Mangifera indica*) using new microsatellite markers and morphological descriptors. Australian Journal of Crop Science 10(9): 1281-1287. DOI: https://dx.doi.org/10.21475/ajcs.2016.10.09.p7729

dos Santos Ribeiro, I. C. N., F. P. Lima Neto y C. A. F. Santos. 2012. Allelic database and accession divergence of a Brazilian mango collection based on microsatellite markers. Genetics and Molecular Research 12(4): 6802-6812. DOI: https://dx.doi.org/10.4238/2012.October.9.4

Eiadthong, W., K. Yonemori, S. Kanzaki y A. Sugiura. 2000. Amplified fragment length polymorphism analysis for studying genetic relationship among *Mangifera* species in Thailand. Journal of the American Society for Horticultural Science 125: 160-164.

Ellegren, H. y N. Galtier. 2016. Determinants of genetic diversity. Nature Reviews Genetics 17: 422-433. DOI: https://dx.doi.org/10.1038/nrg.2016.58

Espinal-García, C. F., H. J. Martínez-Covaleda y Y. Peña-Marín. 2005. La cadena de los frutales de exportación en Colombia: una mirada global de su estructura y dinámica

1991-2005. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Observatorio Agrocadenas Colombia. Documento de trabajo No. 67. Bogotá, Colombia. 68 pp.

Galal, O. A., H. A. Galal y A. A. Aboulila. 2017. Genetic variability and molecular characterization of some local and imported mango cultivars in Egypt. Egyptian Journal of Genetics and Cytology 46(1): 121-138.

Galán, V. 2009. El Cultivo del mango. Instituto Canario de Investigaciones agrarias. Gobierno de Canarias. 2da ed. Tenerife, España. 256 pp.

Gálvez-López D., S. Hernández-Delgado, M. González-Paz, E. N. Becerra-Leor, M. Salvador-Figueroa y N. Mayek-Pérez. 2009. Genetic analysis of mango landraces from Mexico based on molecular markers. Plant Genetic Resources 7(3): 244-251. DOI: https://dx.doi.org/10.1017/S147926210932434X

García, L. J., A. P. Sandoval, F. Forero, J. A. Floriano, G. Salamanca, J. A. Bernal, L. A. Vásquez y G. Gómez. 2010. Atributos de calidad del mango criollo para la agroindustria. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Espinal, Colombia. 48 pp.

Gitahi, R., R. Kasili, M. Kyallo y K. Kehlenbeck. 2016. Diversity of threatened local mango landraces on smallholder farms in Eastern Kenya. Forests, Trees and Livelihoods 25(4): 239-254. DOI: https://dx.doi.org/10.1080/14728028.2016.1201436

González, E. 2003. Microsatélites: sus aplicaciones en la conservación de la biodiversidad. Graellsia 59(2-3): 377-388. DOI: https://doi.org/10.3989/graellsia.2003.v59.i2-3.253

Goudet, J., N. Perrin y P. Waser. 2002. Tests for sex-biased dispersal using bi-parentally inherited genetic markers. Molecular Ecology 11(6): 1103-1114. DOI: https://doi.org/10.1046/j.1365-294x.2002.01496.x

Hammer, O., D. A. T. Harper y P. D. Ryan. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. Palaeontologia Electronica 4(1): 1-9.

Hirano, R., T. Htun Oo y K. N. Watanabe. 2010. Myanmar mango landraces reveal genetic uniqueness over common cultivars from Florida, India, and Southeast Asia. Genome 53(4): 321-330. DOI: https://dx.doi.org/10.1139/g10-005

Hirano, R., H. Ishii, T. Htun Oo, S. A. Gilani, A. Kikuchi y K. N. Watanabe. 2011. Propagation management methods have altered the genetic variability of two traditional mango varieties in Myanmar, as revealed by SSR. Plant Genetic Resources 9(3): 404-410. DOI: https://doi.org/10.1017/S1479262111000049

Hossain, M. A., M. M. Islam, M. A. Mannan, S. K. Roy y P. Shil. 2016. Molecular characterization of 25 Mango germplasm using RAPD markers available in the South-western Region of Bangladesh. International Journal of Bio-Resource and Stress Management 7(4): 807-813.

Human, C. y S. Rheeder. 2004. Mango breeding: results and successes. Acta Horticulturae 645: 331-335. DOI: https://doi.org/10.17660/actahortic.2004.645.39

IPGRI. 2006. Descriptors for mango (*Mangifera indica* L.). International Plant Genetic Resources Institute. Rome, Italy. 60 pp.

Kalinowski, S. T., M. L. Taper y T. C. Marshall. 2007. Revising how the computer program CERVUS accommodates genotyping error increases success in paternity assignment. Molecular Ecology 16(5): 1099-1106. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1365-294x.2007.03089.x

Kashkush, K., F. Jinggui, E. Tomer, J. Hillel y U. Lavi. 2001. Cultivar identification and genetic map of mango (*Mangifera indica*). Euphytica 122: 129-136.

Kessel, A. 2008. Aplicación de técnicas biotecnológicas en frutales, una vía valiosa para el rescate y la conservación de estas especies. Cultivos Tropicales 29: 27-37.

Krishna, H. y S. K. Singh. 2007. Biotechnological advances in mango (*Mangifera indica* L.) and their future implication in crop improvement: a review. Biotechnology Advances 25(3): 223-243. DOI: https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2007.01.001

Kumar, S., G. Stecher y K. Tamura. 2016. MEGA7: Molecular Evolutionary Genetics Analysis version 7.0 for bigger datasets. Molecular Biology and Evolution 33(7): 1870-1874. DOI: https://doi.org/10.1093/molbev/msw054

Márquez, L., B. G. Pérez-Nievas, I. Gárate, B. García-Bueno, J. L. M. Madrigal, L. Menchén, G. Garrido y J. C. Leza. 2010. Anti-inflammatory effects of *Mangifera indica* L. extract in a model of colitis. World Journal of

Gastroenterology 16(39): 4922-4931. DOI: https://dx.doi.org/10.3748/wjg.v16.i39.4922

Nazish, T., G. Shabbir, A. Ali, S. Sami-ul-Allah, M. Naeem, M. Javed, S. Batool, A. Arshad, S. B. Hussain, K. Aslam, R. Seher, M. Tahir y M. Baber. 2017. Molecular diversity of Pakistani mango (*Mangifera indica* L.) varieties based on microsatellite markers. Genetics and Molecular Research 16(2): gmr16029560. DOI: https://dx.doi.org/10.4238/gmr16029560

Nei, M. 1972. Genetic distance between populations. The American Naturalist 106(949): 283-92. DOI: https://doi.org/10.1086/282771

Nichols, R. A., M. W. Bruford y J. J. Groombridge. 2001. Sustaining genetic variation in a small population: evidence from the Mauritius kestrel. Molecular Ecology 10(3): 593-602. DOI: https://doi.org/10.1046/j.1365-294x.2001.01204.x

Park, S. 2001. The Excel Microsatellite Toolkit. Animal Genomics Laboratory, University College. Dublin, Ireland.

Peakall, R. y P. Smouse. 2006. GenAlEx 6.5: genetic analysis in Excel: Population genetic software for teaching and research-an update. Bioinformatics 28(9): 2537-2539. DOI: https://doi.org/10.1093/bioinformatics/bts460

Pruthvish, R. y B. K. Chikkaswamy. 2016. Genetic diversity and relationships among Mango varieties using RAPD molecular markers. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences 5(1): 778-787. DOI: https://dx.doi.org/10.20546/ijcmas.2016.501.079

Qiu, S., J. Chen, S. Lin y X. Lin. 2012. A comparison of silver staining protocols for detecting DNA in polyester backed polyacrylamide gel. Brazilian Journal of Microbiology 43(2): 649-652. DOI: https://dx.doi.org/10.1590/S1517-83822012000200029

Ravishankar, K. V., B. H. Mani, L. Anand y M. R. Dinesh. 2011. Development of new microsatellite markers from Mango (*Mangifera indica*) and cross-species amplification. American Journal of Botany 98(4): e96-e99. DOI: https://dx.doi.org/10.3732/ajb.1000263

Ravishankar, K. V., P. Bommisetty, A. Bajpai, N. Srivastava, B. H. Mani, C. Vasugi, S. Rajan y M. R. Dinesh. 2015. Genetic diversity and population structure analysis of mango (*Mangifera indica*) cultivars assessed by microsatellite markers. Trees 29(3): 775-783. DOI: https://dx.doi.org/10.1007/s00468-015-1155-x

Rocha, O. J. y J. A. Lobo. 1996. Genetic variation and differentiation among five populations of the Guanacaste tree (*Enterolobium cyclocarpum* Jacq.) in Costa Rica. International Journal of Plant Sciences 157(2): 234-239. DOI: https://doi.org/10.1086/297342

Samal, K. C., R. C. Jena, S. S. Swain, B. K. Das y P. K. Chand. 2012. Evaluation of genetic diversity among commercial cultivars, hybrids and local mango (*Mangifera indica* L.) genotypes of India using cumulative RAPD and ISSR markers. Euphytica 185(2): 195-213. DOI: https://dx.doi.org/10.1007/s10681-011-0522-y

Santos, C. A. F., F. P. Lima Neto, M. A. Rodrigues y J. Costa. 2008. Similaridade genética de acessos de mangueira de diferentes origens geográficas avaliadas por marcadores AFLP. Revista Brasileira de Fruticultura 30(3): 736-740. DOI: https://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452008000300029

Sennhenn, A., K. Prinz, J. Gebauer, A. Whitbread, R. Jamnadass y K. Kehlenbeck. 2014. Identification of mango (*Mangifera indica* L.) landraces from Eastern and Central Kenya using a morphological and molecular approach. Genetic Resources and Crop Evolution 61(1): 7-22. DOI: https://doi.org/10.1007/s10722-013-0012-2

Souza, I. G. B., S. E. S. Valente, F. B. Britto, V. A. B. Souza y P. S. C. Lima. 2011. RAPD analysis of the genetic diversity of mango (*Mangifera indica*) germplasm in Brazil. Genetic and Molecular Research 10(4): 3080-3089. DOI: https://doi.org/10.4238/2011.december.14.1

Surapaneni, M., L. R. Vemireddy, H. Begum, B. P. Reddy, C. Neetasri, J. Nagaraju y E. A. Siddiq. 2013. Population structure and genetic analysis of different utility types of mango (*Mangifera indica* L.) germplasm of Andhra Pradesh state of India using microsatellite markers. Plant Systematics and Evolution 299(7): 1215-1229. DOI: https://dx.doi.org/10.1007/s00606-013-0790-1

Tasliah, T., H. Rijzaani, T. Z. Hariyadi, S. Yuriyah, R. Rebin, M. Ma'sumah y T. S. Silitonga. 2013. Analisis keragaman

genetik 161 aksesi mangga Indonesia Menggunakan marka mikrosatelit. Jurnal AgroBiogen 9(3): 125-134. DOI: https://doi.org/10.21082/jbio.v9n3.2013.p125-134

Tsang, V., K. Hancock, M. Wilson, D. Palmer, S. Whaley, J. Dougal y S. Kennedy. 1986. Enzyme-linked immune electro transfer blot technique (Western blot) for human T-lymphotropic virus type III/lymphadenopathy-associated virus (HTLV-III/LAV) antibodies. Centers for Disease Control. Procedural Guide. Immunology Series No. 15. Atlanta, USA.

Valadez, E. y G. Kahl. 2000. Huellas de ADN en genomas de plantas. Editorial Mundi Prensa. Chapingo, México. 147 pp.

Vieccelli, J., D. Siqueira, W. Bispo y L. Lemos. 2016. Characterization of leaves and fruits of mango (*Mangifera indica* L.) cv. Imbu. Revista Brasileira de Fruticultura 38(3): e-193. DOI: https://dx.doi.org/10.1590/0100-29452016193

Viruel, M. A., P. Escribano, M. Barbieri, M. Ferri y J. I. Hormaza. 2005. Fingerprinting, embryo type and geographic differentiation in mango (*Mangifera indica* L., Anacardiaceae) with microsatellites. Molecular Breeding 15(4): 383-393. DOI: https://dx.doi.org/10.1007/s11032-004-7982-x

Wang, M., D. Ying, Q. Wang, L. Li y R. Zhang. 2016. Genetic Diversity Analysis and Fingerprint Construction of Major Mango Cultivars in China. Journal of Agricultural Science and Technology 17(6): 1289-1294.

Yamanaka, N., M. Hasran, D. H. Xu, H. Tsunematsu, S. Idris y T. Ban. 2006. Genetic relationship and diversity of four *Mangifera* species revealed through AFLP analysis. Genetic Resources and Crop Evolution 53(5): 949-954. DOI: https://doi.org/10.1007/s10722-004-6695-7

Acta Botanica Mexicana 124: 117-134 Julio **2018**

Artículo de investigación

Distribución histórica, actual y futura de *Cedrela odorata* en México

Historical, current and future distribution of *Cedrela odorata* in Mexico

Jonathan Hernández Ramos[1,6], Roberto Reynoso Santos[2], Adrián Hernández Ramos[3], Xavier García Cuevas[1], Edgar Hernández-Máximo[4], José Vidal Cob Uicab[1], Dante Sumano López[5]

1 INIFAP-Campo Experimental Chetumal, km 25, carretera Chetumal-Bacalar, 77900 Chetumal, Quintana Roo, México.
2 INIFAP-Campo Experimental Centro de Chiapas, km 3, carretera internacional Ocozocoautla-Cintalapa, 29140 Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas, México.
3 INIFAP-Campo Experimental Saltillo, km 342+119, carretera Saltillo-Zacatecas, No. 9515, Col. Hacienda de Buenavista, 25315 Saltillo, Coahuila, México.
4 INIFAP-Campo Experimental El Palmar, km 18, carretera Tezonapa-El Palmar, 68410 Tezonapa, Veracruz, México.
5 INIFAP-Campo Experimental Huimanguillo, km 1, carretera Huimanguillo-Cárdenas, Huimanguillo, Tabasco, México.
6 Autor para la correspondencia: forestjonathanhdez@gmail.com

Recibido: 30 de octubre de 2017.
Revisado: 28 de noviembre de 2017.
Aceptado: 22 de enero de 2018.
Primero en línea: 29 de mayo de 2018.
Publicado: 1 de julio de 2018.

Citar como:
Hernández Ramos, J., R. Reynoso Santos, A. Hernández Ramos, X. García Cuevas, E. Hernández-Máximo, J. V. Cob Uicab y D. Sumano López. 2018. Distribución histórica, actual y futura de *Cedrela odorata* en México. Acta Botanica Mexicana 124: 117-134. DOI: 10.21829/abm124.2018.1305

DOI:
10.21829/abm124.2018.1305

Resumen:

Antecedentes y Objetivos: Los bosques tropicales juegan un papel indispensable para enfrentar y reducir la degradación ambiental. El objetivo de este trabajo fue determinar, mediante modelos de simulación de nicho ecológico, la distribución histórica y actual de *Cedrela odorata* en México.

Métodos: Se empleó una base de 1747 datos de presencia de *C. odorata*. Para la modelación se emplearon 19 variables climato-ambientales y las capas de altitud, orientación, pendiente y tipo de suelos. La modelación de nicho ecológico se realizó en el programa MaxEnt con 75% de la muestra para el entrenamiento y los modelos Logistic, Cumulative, Raw y Cloglog. La validación se realizó con 25% de la muestra y la técnica Crossvalidate.

Resultados clave: El empleo de la regresión Cloglog es la que más se apega a la distribución potencial para la especie, caso contrario al emplear la modelación de tipo Raw, ya que la proyección del área potencial es muy restrictiva y compacta, seguido de la regresión Cumulative y la regresión Logistic, siendo estas un punto intermedio para la modelación de la distribución histórica de *C. odorata* en México.

Conclusiones: La distribución histórica obtenida a partir de este modelo mostró que la especie tiene una alta probabilidad de distribuirse en la parte sur de la Península de Yucatán, norte y sur de Chiapas, y la llanura costera del Golfo en el estado de Veracruz con respecto al área actual reportada. Esto sugiere una reducción del nicho ecológico de la especie en el país.

Palabras clave: bosques tropicales, manejo forestal, MaxEnt, nicho ecológico.

Abstract:

Background and Aims: Tropical forests play an indispensable role to confront and reduce environmental degradation. The objective of this work was to determine, through ecological niche simulation models, the historical and current distribution of *Cedrela odorata* in Mexico.

Methods: A base of 1747 presence data of *C. odorata* was used. For the modeling 19 climatic-environmental variables were used, as well as the layers of altitude, orientation, slope and soil type. The ecological niche modeling was carried out in the program MaxEnt, with 75% of the sample for training and the Logistic, Cumulative, Raw and Cloglog models. The validation was carried out with 25% of the sample and the Crossvalidate technique.

Key results: The use of the Cloglog regression is the one that most adheres to the potential distribution for the species, otherwise using the Raw type modeling, since the projection of the potential area is very restrictive and compact, followed by the Cumulative regression and the Logistic regression, being these an intermediate point for the modeling of the historical distribution of *C. odorata* in Mexico.

Conclusions: The historical distribution obtained from this model showed that the species has very high values of probability in the southern part of the Yucatán Península, north and south of Chiapas and the coastal plain of the Gulf in the Veracruz state with respect to the current distribution reported. This suggests a reduction in the distribution of the species in the country.

Key words: ecological niche, forest management, MaxEnt, tropical forests.

Introducción

Dentro de la familia Meliaceae se reportan 50 géneros y alrededor de 1000 especies con una amplia distribución pantropical (Patiño, 1997; Pennington y Sarukhán, 2005). De las especies que destacan en esta familia están *Cedrela odorata* L. y *Swietenia macrophylla* King, por su alto valor comercial (Mendizábal-Hernández et al., 2009).

Particularmente *Cedrela odorata* tiene un rango altitudinal que varía entre 0 y 1200 m y tolera una amplia gama de condiciones climáticas, distribuyéndose en el continente americano desde el norte de México hasta el norte de Argentina (Gómez et al., 2007). En México se distribuye en el Pacifico, desde el sur de Sinaloa hasta Guerrero y la Depresión central y Costa de Chiapas, mientras que en el Golfo desde el sur de Tamaulipas hasta la Península de Yucatán (Patiño, 1997; Romo-Lozano et al., 2017).

Sus áreas de distribución y las poblaciones han disminuido considerablemente (Patiño, 1997; Rodríguez et al., 2003) por la extracción intensiva de su madera, en el país y de forma general en Mesoamérica, durante más de 200 años (Cavers et al., 2003). Dicha situación ha llevado a incluir a *Cedrela odorata* en el listado de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de fauna y flora silvestres (CITES, 2007) y, en México, en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 sobre protección ambiental y especies nativas de flora y fauna como especie sujeta a protección especial (SEMARNAT, 2010).

La sobreexplotación de los recursos y la reconversión de la cubierta vegetal, además del cambio climático, reconocido como el principal reto que enfrenta la humanidad (Rodríguez y Mance, 2009), han ocasionado la disminución del hábitat de las especies (Cushman, 2006; Uribe, 2015), y el deterioro ambiental y la pérdida de biodiversidad (Challenger y Dirzo, 2009; Pérez y Ferreira, 2016). Para la reducción de estos problemas se deben tomar acciones de restauración, conservación y manejo de las especies (ONU, 2016) como lo son la inclusión nacional (SEMARNAT, 2010) e internacional (CITES, 2007) en algún estatus de protección a las especies más susceptibles para su aprovechamiento sostenible o su conservación futura. Para ello, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) (Barrios, 2006; Gañan et al., 2015) y la modelación de nichos ecológicos con cualquiera de los métodos existentes (Phillips et al., 2006; Pliscoff y Fuentes-Castillo, 2011) son herramientas de gran utilidad.

En la actualidad y con el fin de contribuir al conocimiento de las especies y su interacción con el ecosistema, se han realizado trabajos de modelación de nichos ecológicos en combinación con los SIG para diferentes especies y con diversos enfoques. Por ejemplo, 1) definir áreas de distribución potencial para su conservación y restauración como es el caso de las palmas *Thrinax radiata* Lodd. ex Schult. & Schult. f. y *Cryosophila argentea* Bartlett en la Península de Yucatán (Hernández-Ramos et al., 2015) o la delimitación de nichos ecológicos para las cactáceas *Ferocactus histrix* (DC.) G.E. Linds*., Mammillaria bombycina* Quehl y *M. perezdelarosae* Bravo & Scheinvar en Aguascalientes, México (Meza-Rangel et al., 2014), 2) delimitar áreas de mayor probabilidad de presencia de *Dendroctonus mexicanus* Hopkins en bosques de coníferas de la Meseta Purhépecha en Michoacán, México, con la finalidad de emprender acciones de prevención y control de plagas (Martínez-Rincón et al., 2016), 3) delimitar áreas con mayor potencial de éxito en la reforestación y establecimiento de plantaciones forestales para *Pinus sylvestris* L., *P. nigra* J.F. Arnold, *P. pinaster* Aiton, *P. halepensis* Mill., *Quercus ilex* L. subsp. *ilex, Crataegus monogyna* Jacq. y *Acer opalus* Mill. subsp. *granatense* (Boiss.) Font Quer & Rothm. en la Provincia de Granada, España (Navarro-Cerrillo et al., 2016) y 4) identificar áreas de conservación y refugio ante escenarios de variación climática en *Swietenia macrophylla* en el sureste de México (Garza-López et al., 2016) o zonas futuras de cultivo con escenarios de cambio climático para *Coffea arabica* L. en Nicaragua (Läderach et al., 2012), entre otros. Sin embargo, en los bosques tropicales, los cuales son los más antiguos, diversos y ecológicamente complejos (Whitmore, 1993; Meli, 2003), hace falta mucha información ecológica que contribuya a entender las interacciones climáticas para el desarrollo de las especies

que crecen en estos ecosistemas. Los bosques tropicales juegan un papel indispensable para enfrentar y reducir la degradación ambiental, así como para la generación de conocimiento que contribuya a la conservación, manejo y aprovechamiento de las especies incluidas en CITES (CITES, 2007) y la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010). Sin embargo, son los ecosistemas más susceptibles de perder biodiversidad por los cambios en las condiciones ambientales (Pérez y Ferreira, 2016).

Bajo ese escenario, y considerando la importancia económica de la especie, se planteó el objetivo de determinar mediante modelos de simulación de nicho ecológico la distribución histórica y actual de *Cedrela odorata* en México, de igual forma modelar dos escenarios futuros de distribución con la finalidad de poder tener aplicación en los programas de conservación, manejo o aprovechamiento de la especie, así como en el establecimiento de plantaciones forestales comerciales (PFC) o delimitación de áreas productoras de germoplasma.

Materiales y Métodos

Área de estudio

El área de estudio se delimitó de acuerdo con el área de distribución natural en México para *Cedrela odorata* que reporta Patiño (1997), y la distribución mencionada del bosque tropical y bosque mesófilo considerado por Romo-Lozano et al. (2017) por ser una especie característica de estos ecosistemas.

Base de datos

Se obtuvo una base de 1747 coordenadas geográficas de *Cedrela odorata* construida a partir de la información contenida en 1) Inventario Nacional Forestal y de Suelos de 2004-2009 (INFyS 2004-2009) realizado por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR, 2016), 2) Red Mundial de Información sobre Biodiversidad (REMIB) elaborada por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) (CONABIO, 2015), 3) Base de datos de Missouri Botanical Garden (TROPICOS, 2018), 4) Herbario Nacional de México (MEXU) (UNIBIO, 2011) y 5) recorridos de campo en los años 2016 y 2017 en el área de distribución natural reportada. La base de datos fue depurada siguiendo algunos de los procedimientos que realizaron Monterrubio-Rico et al. (2016) como son la eliminación de puntos duplicados, referencias ubicadas en poblados, vías de comunicación principales, plantaciones forestales de la especie y lugares en los que las condiciones altitudinales o climáticas hicieran imposible su presencia, y se verificaron en campo algunas coordenadas particulares.

Modelación de distribución histórica y actual

Para la modelación se emplearon 19 variables climato-ambientales (BioClim) del periodo 1950 a 2000, obtenidas de Worldclim (WorldClim, 2016) a una resolución de 1 km^2 por pixel (Hijmans et al., 2005), y las capas de altitud, orientación, pendiente y tipo de suelos de la Serie IV de INEGI (INEGI, 2014) a una escala homologada de 1: 1,000,000 obtenidas del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad de CONABIO (Cuadro 1).

Los registros históricos mensuales se manipularon a través de las capas en formato *raster* de las 19 variables BioClim en ArcMap 10.4 (ESRI, 2017), realizando un recorte con una máscara de México definido por las capas de la Serie IV de INEGI. Para evitar un sobre ajuste de los modelos por colinealidad como lo mencionan Dormann et al. (2013) o que se tenga un error de tipo II (cada presencia no cuenta con un grado de libertad) de acuerdo a Miller et al. (2007), se realizó un análisis de correlación entre las 23 variables en ArcMap 10.4 con la herramienta Spatial Analysist Tools>Multivariate>Band Collection Statistics, utilizando las fórmulas siguientes para determinar las matrices de covarianza (*Cov*) (1) y correlación (*Corr*) (2) (ESRI, 2017):

$$Cov_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^{N}(Z_{ik} - \mu_i)(Z_{jk} - \mu_j)}{N-1} \text{ (1) y } Corr_{ij} = \frac{Cov_{ij}}{\delta_i \delta_j} \text{ (2)}$$

Donde Z es el valor por celda, i y j son las capas *raster*, μ es la media de la capa, N representa el número de celdas, k es la denominación de cada celda en particular y $\delta_i \delta_j$ es la desviación típica de las variables i y j.

Cuadro 1: Variables utilizadas para la modelación de la distribución histórica y actual de *Cedrela odorata* L. en México. Fuente: WorldClim (2016); CONABIO (2015).

Clave	Variable ambiental
Bio1	Temperatura promedio anual (°C)
Bio2	Oscilación diurna de la temperatura (°C)
Bio3	Isotermalidad (°C)
Bio4	Estacionalidad de la temperatura (desviación estándar *100) (°C)
Bio5	Temperatura máxima promedio del periodo más cálido (°C)
Bio6	Temperatura mínima del mes más frío (°C)
Bio7	Oscilación anual de la temperatura (°C)
Bio8	Temperatura media del mes más húmedo (°C)
Bio9	Temperatura media del mes más seco (°C)
Bio10	Temperatura media del cuatrimestre más cálido (°C)
Bio11	Temperatura media del cuatrimestre más frio (°C)
Bio12	Precipitación anual (mm)
Bio13	Precipitación del periodo más húmedo (mm)
Bio14	Precipitación del periodo más seco (mm)
Bio15	Estacionalidad de la precipitación (Coeficiente de variación, CV)
Bio16	Precipitación del trimestre más húmedo (mm)
Bio17	Precipitación del trimestre más seco (mm)
Bio18	Precipitación del cuatrimestre más cálido (mm)
Bio19	Precipitación del cuatrimestre más frío (mm)
Pendiente	Pendiente (%)
Altitud	Elevación (m snm)
Orientación	Orientación (°)
Tipo de suelo	Suelos (tipo)

La selección de las variables se realizó considerando solo las que tuvieran un coeficiente menor a 0.80 y -0.80 (Rissler y Apodaca, 2007; Fuentes et al., 2016) y que fueran las más significativas a nivel biológico para esta especie (Romo et al., 2013). Posteriormente se transformaron a un formato ASCII para su manipulación en MaxEnt (Steven et al., 2017).

La modelación de nicho ecológico se realizó en el programa MaxEnt versión 3.4.1 (Steven et al., 2017), el cual está fundamentado en el concepto de máxima entropía, donde el resultado de distribución es la respuesta de la especie a las variables medio ambientales de su entorno (Phillips et al., 2006). Este programa es considerado un algoritmo con un buen desempeño (Elith et al., 2011; Miranda et al., 2016), debido a que en la distribución proyectada utiliza la restricción de que cada valor esperado de las variables ambientales debe concordar con el promedio de su valor empírico, lo cual hace eficientes las predicciones a partir de información incompleta (Monterrubio-Rico et al., 2016).

Se utilizó 75% de la muestra para el entrenamiento (Martínez-Méndez et al., 2016) a través de 100 réplicas, 500 iteraciones (Loaiza y Roque, 2016) y un límite de convergencia de 0.00001 (Garza-López et al., 2016). Se aplicó la regla de umbral de máxima prueba de sensibilidad (plus) más especificidad y no la mínima presencia de entrenamiento que viene por default (Loaiza y Roque, 2016). También los tres tipos de modelos clásicos: Logistic (Porcentaje de la distribución de MaxEnt, cuyo valor crudo es al menos *r*), Cumulative (Registro crudo de *r*) y Raw (Modelo exponencial de MaxEnt). De igual manera se incluyó la corrección al modelo Logistic propuesta por Phillips et al. (2017) Cloglog, para visualizar el efecto que tiene cada uno de los diferentes modelos en la representación del nicho ecológico de la especie (Ortíz-Yusty et al., 2014). La validación se realizó empleando 25% de la muestra (Cartaya et al., 2016; Miranda et al., 2016) y la técnica Crossvalidate.

Los modelos generados fueron sometidos a las pruebas de la curva de respuesta con el análisis de omisión o comisión, de sensibilidad ROC (Receiver Operating Characteristic), el área bajo la curva (AUC por sus siglas en ingles) y la prueba de Jackknife para verificar la confiabilidad y el efecto de cada variable dentro del modelo (Scheldeman y van Zonneveld, 2010).

La validación de significancia estadística de predicción se realizó mediante la prueba binominal de omisión para todas las corridas utilizando los 11 test binomiales: valor fijo acumulado 1, valor fijo acumulado 5, valor fijo acumulado 10, el mínimo de puntos de presencia de entrenamiento, el percentil 10 de los puntos de presencia de entrenamiento, prueba de igualdad de

la sensibilidad y especificidad de entrenamiento, valor máximo de la sensibilidad más la especificidad de entrenamiento, prueba de igualdad de la sensibilidad y especificidad de prueba, valor máximo de la sensibilidad más la especificidad de prueba, balance de los puntos de omisión de entrenamiento, área predicha y valor umbral; comparación de la entropía de las distribuciones originales y consideradas a un umbral determinado (Phillips et al., 2006). Para considerar admisible la modelación se requiere que todos sean significativos con un valor de $p<0.01$ (Romo et al., 2013).

La selección del mejor modelo se hizo de acuerdo con Peterson et al. (2008), donde los modelos que tengan valores en AUC cercanos a 1 y probabilidad 0 son los más consistentes. Se tomó en cuenta lo propuesto por Merow et al. (2013) y Ortíz-Yusty et al. (2014), quienes mencionan que la elección de los resultados se deberá hacer a la luz de los conocimientos biológicos de cada especie. En apego de la distribución reportada para *Cedrela odorata*, se tomó como referencia lo publicado por Pennington y Sarukhán (2005), representando los resultados bajo un modelo de consenso (Araújo y New, 2007; Marmion et al., 2009).

Modelación de distribución futura

La modelación futura a 2050 (promedio de 2041 a 2060) se realizó empleando las capas climáticas con una resolución espacial de 30 segundos de grado, información cartográfica resultado del Programa de Diagnóstico del Modelo Climático e Intercomparación (PCMDI por sus siglas en inglés) en su quinta fase para el modelo del sistema climático global versión 4 (CCSM4 por sus siglas en ingles), las cuales ya fueron corregidas por WorldClim versión 1.4 como clima de referencia actual (WorldClim, 2016).

Se emplearon las variables de pendiente (%), altitud (m), orientación (°) y suelos (tipo) con dos variantes de modelación. La primera modelación se efectuó usando las variantes de precipitación total mensual (*pr*) con variables climato-ambientales, y la segunda a través de variables bioclimáticas (*bi*) en el escenario futuro más conservador denominado RCP2.6 (Representative Concentration Pathways). En este escenario se plantea que el aumento de la radiación solar forzada será de más de 2.6 W/m^2, que se eleve la concentración de CO_2 de entre 350 y 400 ppm, y de 445 a 490 en el CO_2 equivalente, con un incremento en la temperatura a nivel global de entre 2 y 2.4 °C (Weyant et al., 2009). La elección de las variables a utilizar fue mediante el análisis de covarianza y correlación (ESRI, 2017), y la regresión para obtener la distribución final se realizó con las combinaciones del mejor modelo resultante de la modelación histórica.

Elaboración de mapas de distribución histórica, actual y futura

Con el modelo que más se acercó a la realidad se elaboraron los mapas de distribución histórica, actual y futura reclasificando los resultados de 0 a 100% en ArcMap 10.4 (Hernández-Ruíz et al., 2016), tomando en consideración el valor máximo del AUC.

El mapa de distribución histórica se realizó con todas las probabilidades resultantes, mientras que el mapa de distribución actual solo con la probabilidad mayor de 50% (York et al., 2011). Los mapas de distribución futura se prepararon considerando todas las probabilidades para los dos escenarios.

Resultados

Base de datos y selección de variables

Se obtuvieron, posterior a la depuración, 1200 pares de coordenadas de *Cedrela odorata*, de las cuales se emplearon 900 datos para la modelación y 300 para la validación dentro del mismo programa. Al realizar las pruebas de covarianza y correlación entre las 23 variables, se observaron problemas de correlación debido a que los valores de las capas Bio1, Bio4, Bio10, Bio11, Bio13, Bio16 y Bio17 fueron superiores a 0.80 y -0.80 por lo cual se eliminaron, quedando 16 variables para modelar la distribución histórica y actual de la especie en México, sin tener problemas de sub o sobre ajuste en el modelo empleado.

Modelación y mapas de distribución histórica y actual

Al seleccionar las variables (16) se realizó la modelación con los cuatro tipos de regresiones de MaxEnt: Logistic, Cumulative, Raw y Cloglog, en las cuales no se observaron diferencias en los estadísticos de ajuste, pero sí en las distribuciones proyectadas en los mapas. Para los cuatro casos, las tasas de omisión en los registros de presencia de entrenamiento y prueba, y el área predicha en función del umbral acumulativo, son cercanas; además, ambas presentan una tendencia hacia la línea recta (Fig. 1A).

Los resultados de la aplicación de la técnica Receiver Operating Characteristic (ROC) indicaron que los cuatro modelos son adecuados, ya que el valor del cálculo del área bajo la curva (AUC) para los datos de entrenamiento (línea roja) y para los datos de prueba (línea azul) es de 0.926 y 0.921, respectivamente. Estos resultados están orientados a la parte superior izquierda por lo cual, y de acuerdo a la literatura, mientras ambas curvas se sitúen lo más juntas posible, mejor es el ajuste del modelo, lo que indicaría que no habría ningún error de omisión. De igual forma al emplear una clasificación aleatoria por el programa se obtuvo el valor máximo (0.5) (Fig. 1B).

Al validar la significancia estadística de predicción mediante la prueba binominal de omisión para todas las corridas utilizando los 11 test binomiales, todos ellos son significativos $p<0.01$, por lo cual se acepta el modelo empleado (Cuadro 2).

Al analizar la prueba de Jackknife, las variables con mayor porcentaje de contribución para modelar la distribución de *Cedrela odorata* en México fueron la precipitación anual (mm) (Bio12: 38.3%), la precipitación del periodo más seco (mm) (Bio14: 32.2%), la oscilación diurna de la temperatura (°C) (Bio2: 9.4%) y la altitud (m) (8.2%), mientras que las demás variables incluidas están por debajo de 2.3%. En el caso del factor de importancia de las variables con mayor peso, vuelven a ser altitud (27.2%), precipitación anual (Bio12: 16.1%) y la oscilación diurna de la temperatura (Bio2: 13.3%). Sin embargo, la oscilación anual de la temperatura (°C) y la precipitación del cuatrimestre más cálido (mm) tienen un factor mayor de 10% (Bio7 y Bio18) (Cuadro 3), situación que señala que las interacciones entre las variables son indispensables para la presencia o ausencia de la especie.

En la representación gráfica de los modelos de MaxEnt para *Cedrela odorata* los colores cálidos indican una alta probabilidad de presencia disminuyendo paulatinamente conforme el color cambia a azul. Los resultados muestran que el empleo de la regresión Cloglog es la que más se apega a la distribución potencial para la especie (Fig. 2A), caso contrario al emplear la modelación de tipo Raw, ya que la proyección del área potencial es muy

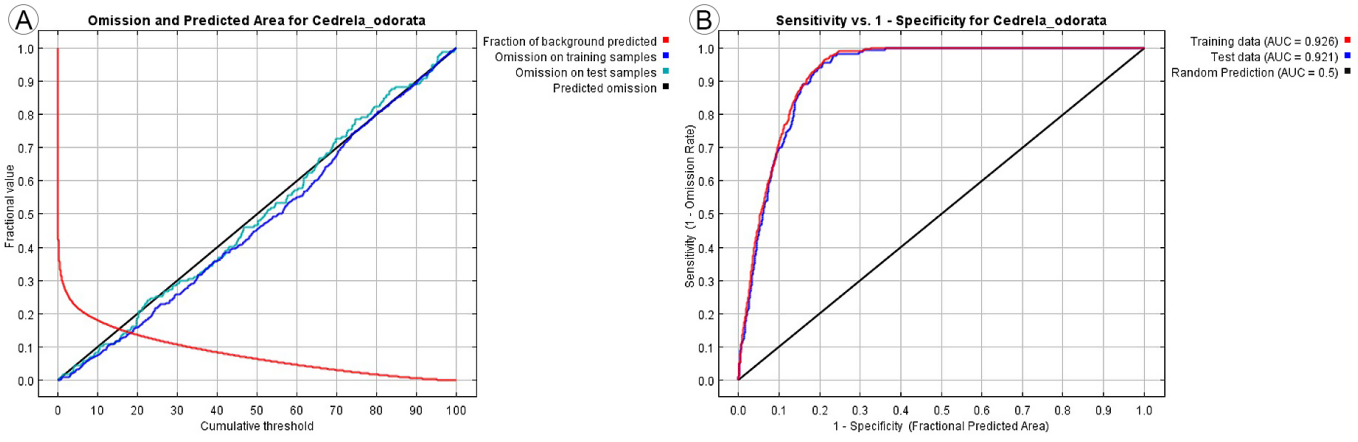


Figura 1: A. Análisis de omisión/comisión para la modelación de nicho ecológico de *Cedrela odorata* L. en México; B. Curva operacional ROC para *Cedrela odorata* L. en México.

Cuadro 2: Pruebas binominales para la modelación de nicho ecológico de *Cedrela odorata* L. en México.

Umbral acumulativo	Umbral logístico	Descripción	Área predicha fraccional	Tasa de omisión de entrenamiento	Tasa de omisión de prueba	Valor de p
1	0.041	Valor acumulado fijo 1	0.305	0.009	0.013	<0.0001
5	0.181	Valor acumulado fijo 5	0.218	0.035	0.045	<0.0001
10	0.314	Valor acumulado fijo 10	0.181	0.076	0.084	<0.0001
0.57	0.023	Presencia mínima de formación	0.334	0	0.006	<0.0001
12.4	0.356	10 percentil de presencia en el entrenamiento	0.168	0.1	0.110	<0.0001
18.321	0.45	Sensibilidad y especificidad de entrenamiento iguales	0.143	0.143	0.149	<0.0001
5.714	0.209	Sensibilidad máxima de entrenamiento más especificidad	0.211	0.037	0.045	<0.0001
17.286	0.436	Sensibilidad y especificidad de prueba iguales	0.147	0.134	0.149	<0.0001
5.966	0.217	Máxima sensibilidad de prueba más especificidad	0.209	0.043	0.045	<0.0001
0.57	0.023	Equilibrar la omisión del entrenamiento, el área prevista y el valor umbral	0.334	0	0.006	<0.0001
5.152	0.185	Equivale a la entropía de las distribuciones umbral y original	0.217	0.035	0.045	<0.0001

Cuadro 3: Análisis de la contribución por variable con mayor aporte para la distribución de *Cedrela odorata* L. en México.

Variable	Porcentaje de contribución (%)	Factor de importancia (%)	Variable	Porcentaje de contribución (%)	Factor de importancia (%)
Bio12	38.3	16.1	Tipo de suelo	1.4	1
Bio14	32.2	0.7	Bio5	1.2	0.6
Bio2	9.4	13.3	Bio3	1	3.5
Altitud	8.2	27.2	Bio7	0.9	12
Bio8	2.2	5.1	Bio15	0.8	3.7
Bio18	1.8	10.2	Orientación	0.6	1.9
Bio9	1.8	4.4	Pendiente	0.1	0.3

restrictiva y compacta (Fig. 2B), seguido de la regresión Cumulative (Fig. 2C) y la regresión Logistic (Fig. 2D), siendo estas un punto intermedio para la modelación de la distribución histórica de *Cedrela odorata* en México.

Al definir que la mejor modelación es la obtenida por el modelo Cloglog se construyó el mapa de distribución actual para *Cedrela odorata* en México al emplear solo la probabilidad >0.50 (Fig. 3).

Modelación y mapas de distribución futura

Al realizar los análisis de covarianza y correlación en las capas de información futura se tiene que para la modelación con las variantes de precipitación (*pr*) solo nueve variables fueron las adecuadas para modelar la distribución futura, mientras que al emplear las variantes climáticas se modeló con 14 variables. Ambos escenarios fueron realizados con la regresión Cloglog, la técnica Crossvalidate y el umbral

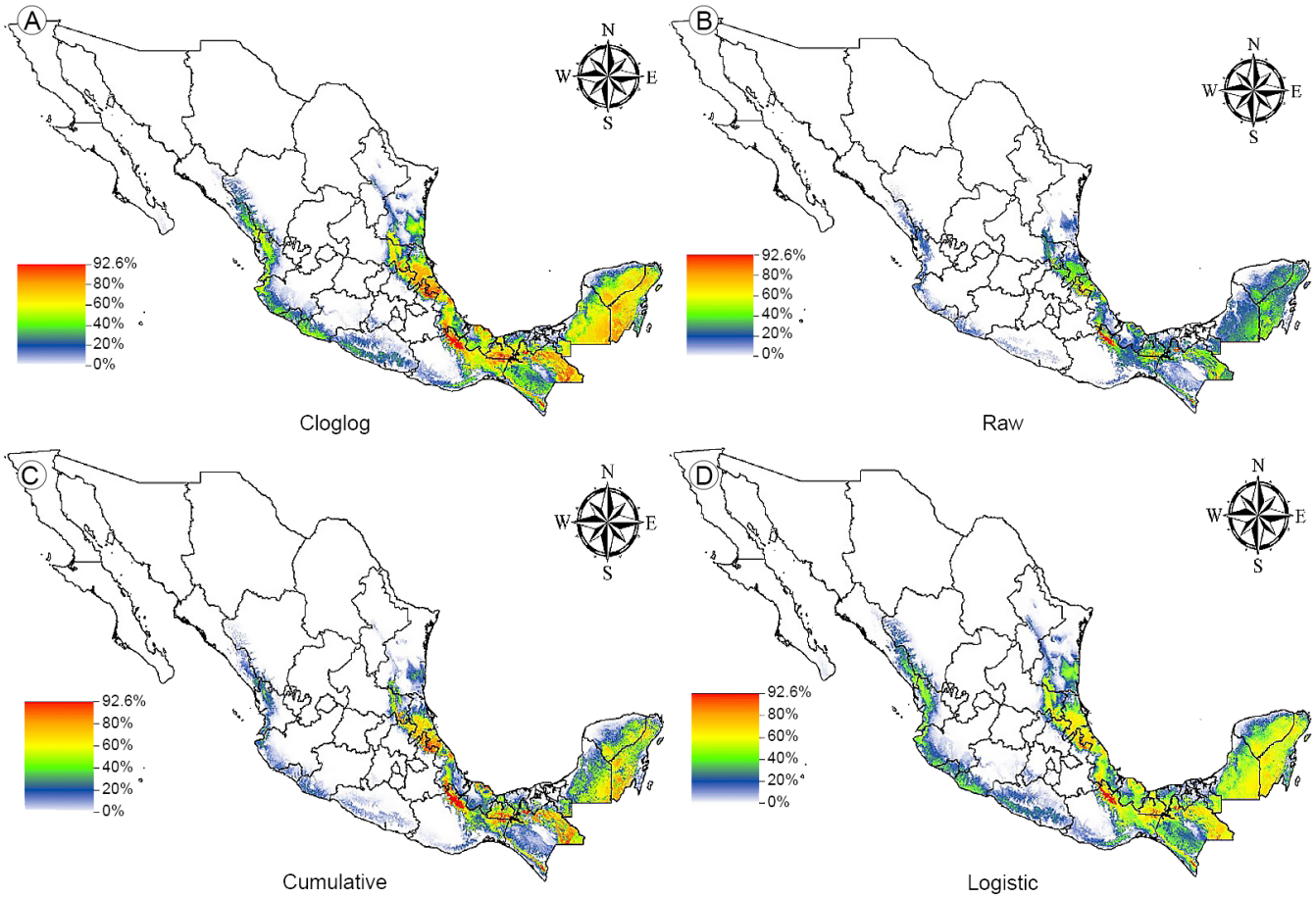


Figura 2: Distribución histórica generada con MaxEnt empleando los modelos: A. Cloglog; B. Raw; C. Cumulative; D. Logistic, para representar el nicho ecológico de *Cedrela odorata* L. en México.

de máxima prueba de sensibilidad más (plus) especificidad. En los dos escenarios planteados la tasa de omisión, calculada para los registros de presencia de entrenamiento y de prueba, y el área predicha en función del umbral acumulativo son cercanas; además, en ambas su tendencia es hacia la línea recta (Figs. 4A, B). Los resultados de la prueba ROC indicaron ajustes adecuados, ya que el valor de AUC para los datos de entrenamiento (línea roja) y para los datos de prueba (línea azul) es de 0.924 y 0.926 para *pr*, respectivamente (Fig. 4C), y de 0.927 y 0.921 para *bi* (Fig. 4D). De igual forma al emplear una clasificación aleatoria en los casos se obtuvo el valor máximo (0.5).

Las pruebas binominales de omisión en las dos distribuciones son significativas $p<0.01$. Para RCP2.6 *pr* las variables que mayor aporte presentaron a la modelación futura de *C. odorata* en México (Fig. 5A) fueron temperatura media del cuatrimestre más cálido (°C) (58.2%), altitud (m) (12.1%), temperatura mínima del mes más frío (°C) (11.3%) y estacionalidad de la temperatura (desviación estándar *100) (°C) (10.4%). De igual forma la variable oscilación anual de la temperatura (°C) en el factor de importancia contribuyó en 26.7%. En el caso del modelo RCP2.6 *bi* las variables precipitación del periodo más seco (mm), precipitación anual (mm) y altitud (m) fueron las de mayor aporte a la modelación futura bajo esta variante con 36.8%, 30.7% y 8.2% respectivamente, mientras las variables de oscilación anual de la temperatura (°C) (24.5%) y oscilación diurna de la temperatura (16.3%) (°C) son las dos más altas en el factor de importancia (Fig. 5B).

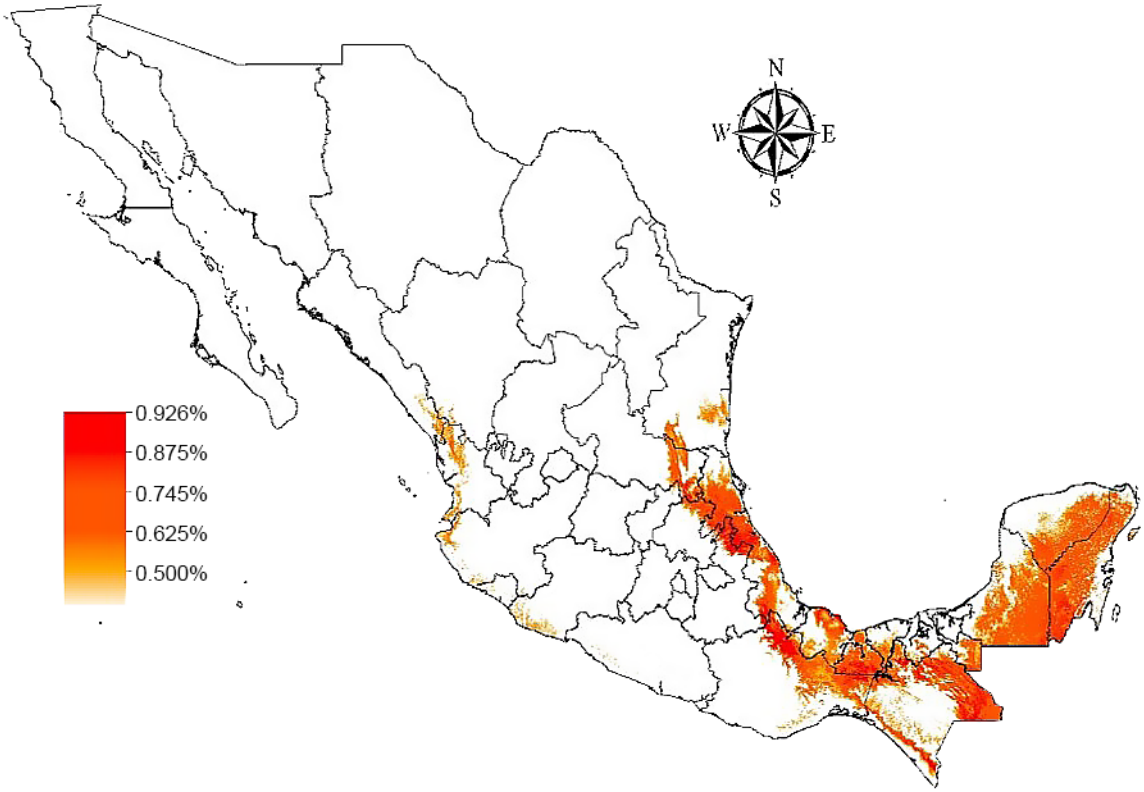


Figura 3: Distribución actual generada con MaxEnt empleando el modelo Cloglog y una probabilidad >0.50 para *Cedrela odorata* L. en México.

Discusión

Al realizar la selección de las variables que no están correlacionadas entre sí, mejora la precisión de los resultados evitando el sobre o sub ajuste de la distribución histórica y futura de la especie, tal y como lo mencionan Miller et al. (2007) y Dormann et al. (2013) en sus estudios de análisis de colinealidad y correlación de las variables espaciales, y de lo aplicado por Obregón et al. (2014) al modelar la distribución de las especies de mariposa *Pseudophilotes abencerragus* Pierret y *P. panoptes* Hübner en España, así como Elith et al. (2006) al emplear la prueba de correlación de Spearman para mejorar los métodos de predicción de la distribución de las especies a partir de datos de presencia.

Los resultados muestran una buena eficiencia de los modelos aplicados para predecir la distribución histórica de *C. odorata,* siendo superior la regresión Cloglog en la modelación por apegarse con mayor fidelidad a la realidad, por lo cual fue empleada en la modelación futura. La superioridad de esta técnica de regresión se debe a que es una corrección de la regresión Logistic que deriva de la interpretación de MaxEnt versión 3.4.0 como un proceso de Poisson inhomogéneo (IPP), dándole una justificación teórica más fuerte a la transformación (Phillips et al., 2017).

Al comparar la tasa de omisión y el área predicha en función del umbral acumulativo con la línea de referencia (negra), son muy cercanas tanto en la modelación histórica como futura; por lo cual se define con eficiencia el umbral acumulativo para *C. odorata* (Figs. 1, 4). Estos resultados son similares a los reportados por Álvarez et al. (2013) al definir la distribución potencial y la probabilidad de presencia de cinco especies: *Pinus sylvestris, P. nigra*, *P. pinaster, P. halepensis* y *P. pinea* L. en Andalucía, España, empleando cinco variables orográficas, 17 climáticas y 15 edáficas, y por Hernández-Ruíz et al.

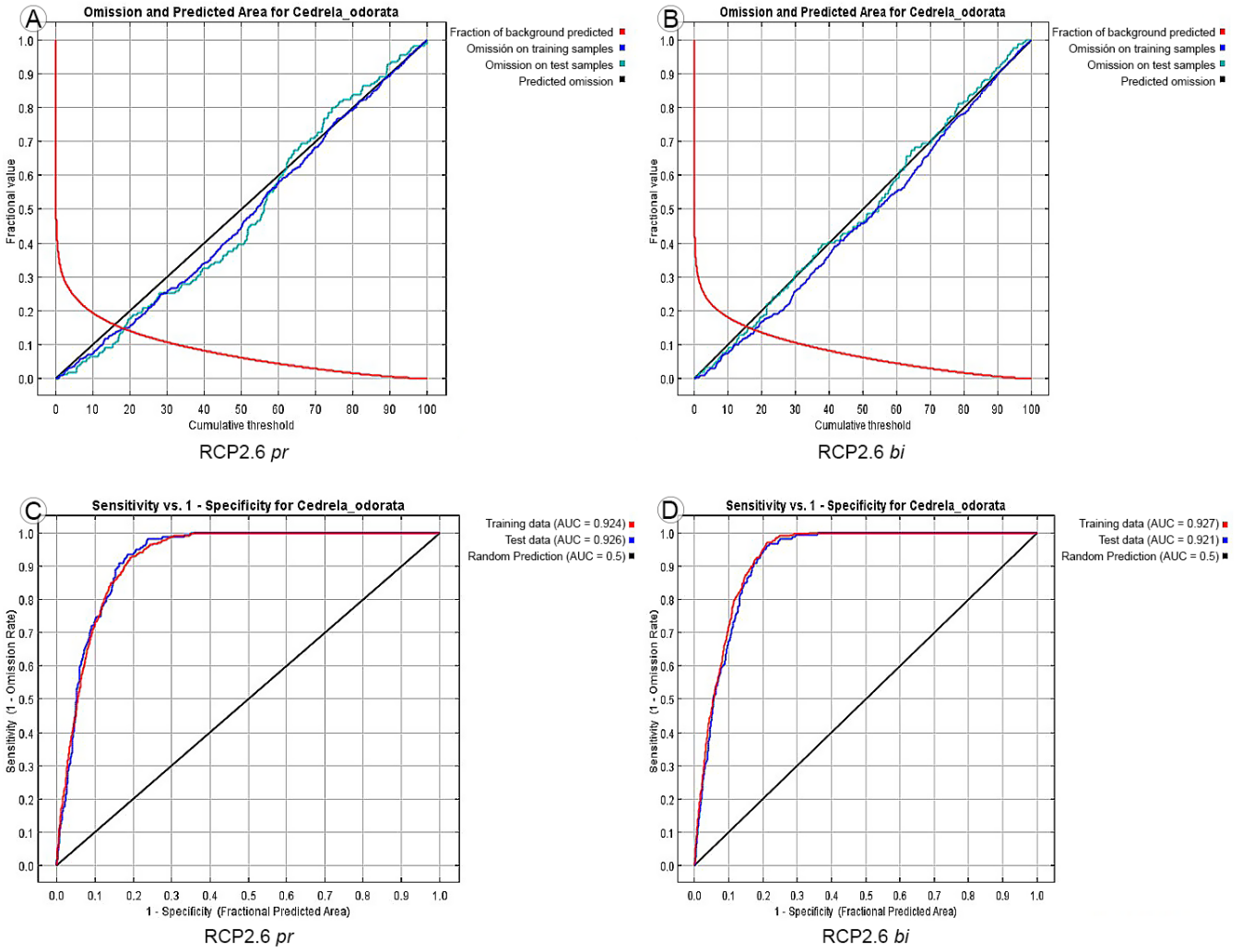


Figura 4: A y B. Análisis de omisión/comisión; C y D. Curva operacional ROC para la modelación de la distribución futura de *Cedrela odorata* L. en México.

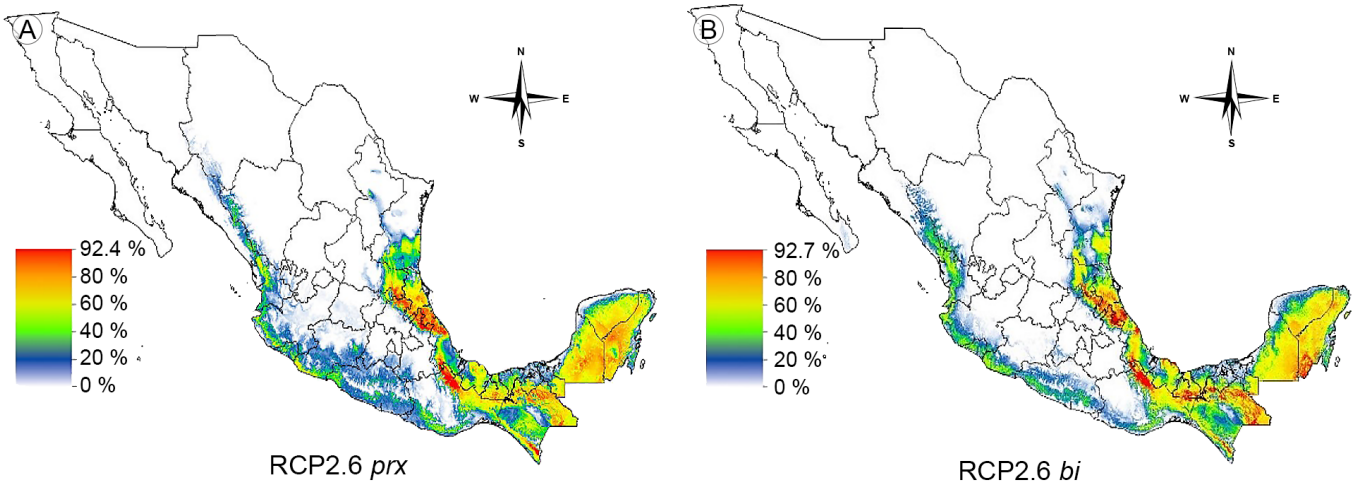


Figura 5: Distribución futura para *Cedrela odorata* L. en México empleado el escenario RCP2.6 (A) y dos variantes climato-ambientales (B).

(2016) al modelar con 22 variables la distribución potencial y características geográficas de poblaciones silvestres de *Vanilla planifolia* Andrews (Orchidaceae) en Oaxaca, México. Sin embargo, difiere con lo obtenido por Loaiza y Roque (2016) al modelar con 14 variables la distribución potencial de *Armatocereus brevispinus* Madsen (Cactaceae) en la región sur en Ecuador. Esta diferencia se asume que se debe al tipo de variables utilizadas en este último estudio, ya que emplea variables de nubosidad anual, frecuencia de heladas y presión de vapor anual que en el presente trabajo no se integraron.

El comportamiento de la curva ROC fue adecuado para la modelación histórica y para las dos variantes del escenario futuro, esto confirma que la modelación realizada con MaxEnt tuvo una buena capacidad predictiva, ya que es muy semejante la curva resultante al aplicar los datos de entrenamiento y el test aplicado por el programa. Al evaluar el área bajo la curva ROC (AUC) se registró un valor cercano a 1 en la clasificación, utilizando todos los datos de entrenamiento, y de 0.5 al emplear una clasificación aleatoria por el programa que es el valor máximo (Álvarez et al., 2013). Lo anterior concuerda con lo expuesto por Araújo et al. (2005), Araújo y Guisan (2006) y lo aplicado por Miranda et al. (2016), donde un valor mayor en AUC de 0.9 es satisfactorio en este tipo de modelaciones. De igual forma cumple con lo expuesto por Newbold et al. (2009) al mencionar que un modelo con valor mayor de 0.7 corresponde a un modelo de elevada precisión o alta discriminación.

Las modelaciones con MaxEnt mostraron significancia estadística en todos los test binomiales ($p<0.01$), lo cual señala la confiabilidad estadística de los resultados a 99% tal como lo indican Romo et al. (2013) al evaluar 76 test binomiales para modelar la distribución de las especies de mariposa: *Boloria dia* L., *B. eunomia* Esper, *B. selene* Denis & Schiffermüller, *B. euphrosyne* L., *B. pales* Denis & Schiffermüller y *B. napaea* Hoffmannsegg en la Península Ibérica, en el sudoeste de Europa, y Loaiza y Roque (2016) al evaluar solo los primeros tres test binomiales al realizar la distribución potencial de la cactácea *Armatocereus brevispinus* en la región sur del Ecuador.

La técnica de regresión que representa mayor fiabilidad, sin subestimar la superficie geográfica de distribución de *C. odorata,* fue de tipo Cloglog con el método de validación Crossvalidate, empleando el umbral de máxima prueba de sensibilidad más (plus) especificidad. Nuestros resultados difieren con lo aplicado por Cartaya et al. (2016) y Figueroa et al. (2016), donde la combinación de la regresión de tipo Cumulative y la técnica de Bootstrap fue la adecuada al modelar el nicho ecológico del roedor *Cuniculus paca* Brisson en Ecuador, y del oso *Tremarctos ornatus* Cuvier en Perú, respectivamente. Sin embargo, son semejantes con lo expuesto por Loaiza y Roque (2016) al modelar la distribución potencial bajo el umbral de mínima presencia de entrenamiento de *Armatocereus brevispinus* en Perú, donde mencionan que el empleo de la regresión tipo Logistic es superior por su fácil conceptualización e interpretación de los resultados por su escala binaria. Estas diferencias se asumen por el comportamiento biológico y los requerimientos mínimos de cada especie para su proliferación y distribución.

Esta combinación de procedimiento en la modelación realizada para *C. odorata* en México (Cloglog+Umbral de máxima prueba de sensibilidad más (plus) especificidad+ Crossvalidate) difiere con lo reportado por Merow et al. (2013) donde se menciona que para un análisis de idoneidad de hábitat y de influencia de las variables climáticas en la distribución potencial de las especies se deberá utilizar el formato Raw por ser un formato de salida crudo. Sin embargo, en este estudio se observó en el mapa de distribución potencial resultante con Raw una subestimación del área potencial de la especie en cuestión, indicando probabilidades de presencia muy restringidas a áreas específicas. Caso contrario es el empleo del umbral de máxima prueba de sensibilidad más (plus) especificidad, el cual ha demostrado ser uno de los métodos más robustos para generar este tipo de mapas de distribución a partir de mapas de probabilidades continuas (Liu et al., 2005; Ortíz-Yusty et al., 2014).

El área de distribución histórica modelada para *C. odorata* concuerda con lo reportado por Gómez et al. (2007) para el estado de Hidalgo, al modelar su distribu-

ción y algunos escenarios climáticos en esta región. Al comparar los resultados de este estudio con la distribución de *C. odorata* reportada por Pennington y Sarukhán (2005), para la selva mediana subperennifolia, muestran una disminución de su área de distribución. Por otro lado, si hacemos una comparación visual de los reportes anteriores, particularmente lo expuesto por Patiño (1997) y Rodríguez et al. (2003), donde se menciona que las poblaciones vegetales y su área de distribución han disminuido considerablemente, los resultados de este estudio podrían ser tomados como base para la actualización de la distribución histórica en México de esta especie así como para la implementación de planes de conservación del nicho ecológico de *C. odorata* y/o especies asociadas, tal como lo realizaron Hernández-Ruíz et al. (2016) para *Vanilla planifolia* en el estado de Oaxaca. De igual forma, el área de distribución potencial obtenida para *C. odorata* es muy similar a lo reportado por Garza-López et al. (2016) para *Swietenia macrophylla* en la región sur de México, al modelar la distribución contemporánea y futura de esta especie.

En el caso de la distribución futura bajo dos variantes (*pr* y *bi*) del escenario climático RCP2.6 a 2050, se observa que en ambos casos disminuye el área de distribución general de la especie. Particularmente en el escenario con la variante de precipitación (*pr*) en la región sur de México la disminución del área se ve marcada en el sur de Veracruz y Chiapas, Tabasco y la Península de Yucatán. El área de distribución de la especie se compacta en el norte de Chiapas y en la parte centro de Veracruz, mientras que en la región centro del país se mantienen las condiciones favorables de crecimiento. Al modelar la distribución futura empleando variantes climáticas (*bi*), la tendencia de disminución general del área de distribución y las áreas de compactación se mantienen, aunque en menor grado; sin embargo, este escenario señala un área de refugio muy marcada en la parte sur de Campeche y Quintana Roo.

Estos resultados pueden ser la pauta para realizar planes y programas de manejo y conservación a futuro de la especie, tal y como lo proponen Obregón et al. (2014) al estudiar la ecología, biología y distribución de *Pseudophilotes abencerragus* y *P. panoptes* empleando un escenario futuro, Ortíz-Yusty et al. (2014) al modelar la posible fluctuación de la distribución potencial de la tortuga *Podocnemis lewyana* Duméril en escenarios de cambio climático en Colombia, y Pliscoff y Fuentes-Castillo (2011) al realizar una revisión de las nuevas herramientas y enfoques empleados al modelar la distribución de las especies y ecosistemas. También podrán servir como base en estudios posteriores de esta especie en su migración asistida como lo han documentan Sáenz-Romero et al. (2009) y la Secretaría del Convenio sobre la diversidad Biológica (2009) en otras especies.

Cabe mencionar que la presencia y/o ausencia de cualquier especie está sujeta a limitaciones históricas, ya sea de tipo ambiental u orográfico, que determinan su dispersión o distribución geográfica, y que son el resultado de un proceso evolutivo completo (Maciel-Mata et al., 2015). Por lo anterior, una especie no siempre se encontrará en todas las áreas potenciales de distribución como lo mencionan Soberón y Peterson (2005) al explicar el diagrama de BAM, y Broennimann et al. (2006) al describir que este tipo resultados que representa el nicho ecológico idóneo y la amplitud de distribución de las especies son de tipo probabilísticos.

La modelación de la distribución histórica, actual y futura, así como sus áreas potenciales de presencia y/o proliferación, contribuyen a entender la ecología de distribución de cualquier especie. Particularmente en el caso de especies raras o con algún estado de conservación, tal y como lo mencionan Leal-Nares et al. (2012) al generar un modelo espacial basado en el conocimiento ecológico para *Pinus martinezii* E. Larsen, García-Aranda et al. (2012) al modelar la distribución actual y potencial para *Taxus globosa* Schltdl., y Cartaya et al. (2016) al identificar la distribución geográfica potencial del hábitat de *Cuniculus paca,* pues se da la pauta para poder planear actividades o realizar planes de conservación, restauración o manejo acordes con sus condiciones ambientales específicas (Meza-Rangel et al., 2014; Hernández-Ramos et al., 2015). También se pueden definir áreas productoras

de germoplasma y/o zonas de establecimiento de poblaciones artificiales con fines de aprovechamiento o conservación (Navarro-Cerrillo et al., 2016), o bien realizar planes futuros de acuerdo con modelos de escenarios de distribución de las especies (Läderach et al., 2012; Garza-López et al., 2016).

Cabe mencionar que aunque los resultados obtenidos en el estudio fueron adecuados estadísticamente (Araújo et al., 2005; Liu et al., 2005; Araújo y Guisan, 2006; Miller et al., 2007; Newbold et al., 2009; Álvarez et al., 2013; Dormann et al., 2013; Merow et al., 2013; Romo et al., 2013; Ortíz-Yusty et al., 2014; Cartaya et al., 2016; Figueroa et al., 2016; Loaiza y Roque, 2016; Phillips et al., 2017), y concuerdan con otras aproximaciones para esta especie y el hábitat donde se desarrolla (Patiño, 1997; Rodríguez et al., 2003; Pennington y Sarukhán, 2005; Gómez et al., 2007; Garza-López et al., 2016), se deberá tomar en cuenta que las capas empleadas tienen un retraso de 17 años, por lo que la actualización constante de esta proyección, o bien el crear capas más actuales, mejoraría los resultados de este trabajo.

Conclusiones

Los resultados de la modelación de nicho ecológico con MaxEnt sugieren que es posible usar los mapas históricos para actualizar y determinar la distribución de *Cedrela odorata* en México. A partir de las variables analizadas con la prueba de Jackknife se mostró que la precipitación anual, la precipitación del periodo más seco, la oscilación diurna de la temperatura y la altitud (m), contribuyeron con más información para modelar la distribución de esta especie.

De los cuatro modelos usados, la regresión Cloglog es el más apegado con la distribución natural de la especie. La distribución histórica obtenida a partir de este modelo con respecto a la distribución actual reportada mostró que *C. odorata* tiene valores muy altos de probabilidad de distribuirse en la parte sur de la Península de Yucatán, norte y sur de Chiapas, y la llanura costera del Golfo en el estado de Veracruz. Esto sugiere que en la actualidad existe una reducción de la distribución de la especie en el país. La modelación futura bajo las dos variantes del escenario de cambio climático señala que las áreas de distribución de *C. odorata* seguirán disminuyendo con el paso de los años, por lo cual es indispensable planear acciones que mitiguen los efectos del cambio climático global en los bosques tropicales donde se desarrolla.

Contribución de autores

JHR, RRS, AHR, XGC y EHM concibieron y diseñaron el estudio. JHR, RRS, XGC, EHM, JVCU y DSL, llevaron a cabo el levantamiento de información de campo y la construcción de bases de datos. JHR, RRS y AHR realizaron el análisis geoespacial de la información. JHR, RRS, EHM, JVCU y DSL validaron *in situ* los resultados. JHR y RRS escribieron el manuscrito con apoyo de AHR, XGC, EHM, JVCU y DSL. Todos los autores contribuyeron a la discusión, revisión y aprobación del manuscrito final.

Financiamiento

Este estudio fue apoyado por el Fondo Sectorial para la Investigación, el Desarrollo y la Innovación Tecnológica Forestal a través del proyecto CONACYT-CONAFOR 275052.

Literatura citada

Álvarez, G. J. R., A. Seseña R., J. Venegas T., M. L. Sillero A. y J. A. Rodríguez A. 2013. Autoecología de las principales especies de *Pinus* en Andalucía. Sexto Congreso Forestal Español. Ed. Sociedad Española de Ciencias Forestales. Vitoria-Gasteiz, España. 19 pp.

Araújo, M. B. y A. Guisan. 2006. Five (or so) challenges for species distribution modeling. Journal of Biogeography 33(10): 1677-1688. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2006.01584.x

Araújo, M. B. y M. New. 2007. Ensemble forecasting of species distributions. Trends in Ecology & Evolution 22(1): 42-47. DOI: https://dx.doi.org/10.1016/j.tree.2006.09.010

Araújo, M. B., R. G. Pearson, W. Thuiller y M. Erhard. 2005. Validation of species climate impact models under climate change. Global Change Biology 11(9): 1504-1513. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2005.01000.x

Barrios, P. 2006. Reseña de manejo de recursos naturales con SIG de Laura Lang. Terra Nueva Etapa 22(32): 183-185.

Broennimann, O., W. Thuiller, G. Hughes, G. F. Midgley, J. M. R. Alkemade y A. Guisan. 2006. Do geographic distribution, niche property and life form explain plants' vulnerability to global change? Global Change Biology 12(6): 1079-1093. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2006.01157.x

Cartaya, S., C. Anchundia y R. Mantuano. 2016. Distribución geográfica potencial de la especie *Cuniculus paca* (guanta) en el occidente de Ecuador. La Granja: Revista de Ciencias de la Vida 24(2): 134-149. DOI: https://doi.org/10.17163/lgr.n24.2016.11

Cavers, S., C. Navarro y A. J. Lowe. 2003. Chloroplast DNA phytogeography reveals colonization history of a Neotropical tree, *Cedrela odorata* L., in Mesoamerica. Molecular Ecology 12(6): 1451-1460. DOI: https://doi.org/10.1046/j.1365-294X.2003.01810.x

Challenger, A. y R. Dirzo. 2009. Factores de cambio y estado de la biodiversidad. In: Dirzo, R., R. González y I. J. March (comps.). Capital natural de México, Vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México, D.F., México. Pp. 37-73.

CITES. 2007. Apéndices I, II y III. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. https://cites.org/esp/app/appendices.php (consultado agosto de 2017).

CONABIO. 2015. Red mundial de información sobre biodiversidad (REMIB). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F., México. http://www.conabio.gob.mx/remib/doctos/remib_esp.html (consultado agosto de 2017).

CONAFOR. 2016. Inventario Nacional Forestal y de Suelos (INFyS 2004-2009). Comisión Nacional Forestal. https://datos.gob.mx/busca/dataset/inventario-nacional-forestal-y-de-suelos (consultado mayo de 2018).

Cushman, S. A. 2006. Effects of habitat loss and fragmentation on amphibians: A review and prospectus. Biological Conservation 128(2): 231-240. DOI: https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.09.031

Dormann, C. F., J. Elith, S. Bacher, C. Buchmann, G. Carl, G. Carré, J. R. García, M. B. Gruber, B. Lafourcade, P. J. Leitao, T. Münkemüller, C. McClean, P. E. Osborne, B. Reuneking, B. Schoröder, A. K. Skidmore, D. Zurell y S. Lautenbach. 2013. Collinearity: a review of methods to deal with it and a simulation study evaluating their performance. Ecography 36(1): 27-46. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2012.07348.x

Elith, J., H. C. Graham, R. P. Anderson, M. Dudík, S. Ferrier, A. Guisan, R. J. Hijmans, F. Huettmann, J. R. Leathwick, A. Lehmann, J. LI, L. G. Lohmann, B. A. Loiselle, G. Manion, C. Moritz, M. Nakamura, Y. Nakazawa, J. Mcc. Overton, P. Townsend A., S. J. Phillips, K. Richardson, R. Scachetti-Pereira, R. E. Schapire, J. Soberón, S. Williams, M. S. Wisz y N. E. Zimmermann. 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. Ecography 29(2): 129-151. DOI: https://doi.org/10.1111/j.2006.0906-7590.04596.x

Elith, J., S. J. Phillips, T. Hastie, M. Dudík, Y. E. Chee y C. J. Yates. 2011. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. Diversity and Distributions 17(1): 43-57. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2010.00725.x

ESRI. 2017. Maps throughout this article were created using Arc-GIS® software. Enviromental Systems Research Institute (ESRI). Redlands, USA.

Figueroa, J., M. Stucchi y R. Rojas-VeraPinto. 2016. Modelación de la distribución del oso andino *Tremarctos ornatus* en el bosque seco del Marañón (Perú). Revista Mexicana de Biodiversidad 87(1): 230-238. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.rmb.2016.01.008

Fuentes, D. J., D. Vargas L. y M. Boada J. 2016. Distribución del patrón espacial tipo leopardo en regiones áridas y semiáridas del mundo. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles 71(1): 59-72.

Gañan, M. M., T. A. Contador y H. H. Kennedy. 2015. La vida en los extremos: el uso de SIG para estudiar la distribución de la mosca antártica alada, *Parochlus steinenii* (Díptera: Chironomidae), en las Islas Shetland del Sur (Antártica marítima) In: de la Riva, J., P. Ibarra, P. Montorio, M. Rodríguez (eds.). Análisis espacial y representación geográfica: innovación y aplicación. Universidad de Zaragoza. Zaragoza, España. Pp. 1599-1608.

García-Aranda, M. A., C. Cantú-Ayala, E. Estrada-Castillón, M. Pando-Moreno y A. Moreno-Talamantes. 2012. Distribución actual y potencial de *Taxus globosa* (Taxaceae) en México. Journal of the Botanical Research Institute of Texas 6(2): 587-598.

Garza-López, M., J. M. Ortega-Rodríguez, F. J. Zamudio-Sánchez, J. F. López-Toledo, F. A. Domínguez-Álvarez y C. Sáenz-Romero. 2016. Calakmul como refugio de *Swietenia macrophylla* King ante el cambio climático. Botanical Sciences 94(1): 43-50. DOI: https://dx.doi.org/10.17129/botsci.500

Gómez, J., A. Monterroso y A. Tinoco. 2007. Distribución del cedro rojo en el estado de Hidalgo bajo condiciones actuales y escenarios de cambio climático. Madera y Bosques 13(2): 299-49. DOI: https://dx.doi.org/10.21829/myb.2007.1321227

Hernández-Ramos, A., J. Hernández-Ramos, X. García-Cuevas, C. Flores-López y G. G. García-Espinoza. 2015. Distribución potencial de *Thrinax radiata* Lodd. ex J.A. & J.H. Schult. y *Cryosophila argentea* Bartlett. en la Península de Yucatán. In: Barrón-González, M. P. y S. Moreno-Limón (eds.). Cambio climático y desarrollo sostenible: Aporte científico, tomo I. Editorial Académica Española. Saarbrücken, Alemania. Pp. 535.

Hernández-Ruíz, J., B. E. Herrera-Cabrera, A. Delgado-Alvarado, V. M. Salazar-Rojas, Á. Bustamante-González, J. E. Campos-Contreras y J. Ramírez-Juárez. 2016. Distribución potencial y características geográficas de poblaciones silvestres de *Vanilla planifolia* (Orchidaceae) en Oaxaca, México. Revista de Biología Tropical 64(1): 235-246.

Hijmans, J. R., E. S. Cameron, L. J. Parra, G. P. Jones y A. Jarvis. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. International Journal of Climatology 25(15): 1965-1978. DOI: https://doi.org/10.1002/joc.1276

INEGI. 2014. Conjunto de datos vectoriales edafológicos, escala 1: 250,000 Serie IV; continuo nacional, escala: 1: 250,000 Ed. 2. Instituto Nacional de Estadística y Geografía e Informática. Aguascalientes, México.

Läderach, P., C. Zelaya, O. Ovalle, S. García, A. Eitzinger y M. Baca. 2012. Escenarios del Impacto del Clima Futuro en Áreas de Cultivo de Café en Nicaragua. Informe Final. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Managua, Nicaragua. http://globaltrends.thedialogue.org/publication/escenarios-del-impacto-del-clima-futuro-en-areas-de-cultivo-de-cafe-en-nicaragua/ (consultado julio de 2017).

Leal-Nares, O., M. E. Mendoza, D. Pérez-Salicrup, D. Geneletti, E. López-Granados y E. Carranza. 2012. Distribución potencial del *Pinus martinezii*: un modelo espacial basado en conocimiento ecológico y análisis multicriterio. Revista Mexicana de Biodiversidad 83(4): 1152-1170.

Liu, C., P. M. Berry, T. P. Dawson y R. G. Pearson. 2005. Selecting thresholds of occurrence in the prediction of species distributions. Ecography 28(3): 385-393. DOI: https://doi.org/10.1111/j.0906-7590.2005.03957.x

Loaiza, C. R. y J. Roque G. 2016. Revalidación taxonómica y distribución potencial de *Armatocereus brevispinus* Madsen (Cactaceae). Revista Peruana de Biología 23(1): 35-41. DOI: https://dx.doi.org/10.15381/rpb.v23i1.11831

Maciel-Mata, C. A., N. Manríquez-Morán, P. Octavio-Aguilar y G. Sánchez-Rojas. 2015. El área de distribución de las especies: revisión del concepto. Acta Universitaria 25(2): 3-19. DOI: https://dx.doi.org/10.15174/au.2015.690

Marmion, M., M. Parviainen, M. Luoto, R. K. Heikkinen y W. Thuiller. 2009. Evaluation of consensus methods in predictive species distribution modelling. Diversity and Distributions 15(1): 59-69. DOI: https://dx.doi.org/10.1111/j.1472-4642.2008.00491.x

Martínez-Méndez, N., E. Aguirre-Planter, L. E. Eguiarte y J. P. Jaramillo-Correa. 2016. Modelo de nicho ecológico de las especies del género *Abies* (Pinaceae) en México: Algunas implicaciones taxonómicas y para la conservación. Botanical Sciences 94(1): 5-24. DOI: https://dx.doi.org/10.17129/botsci.508

Martínez-Rincón, S., J. Hernández-Ramos, J. T. Sáenz-Reyes, I. López-Pérez, J. J. García-Magaña, M. A. Aguilar-Vidales, M. Martínez-Salvador y A. Hernández-Ramos. 2016. Distribución potencial para *Dendroctonus mexicanus* en la Meseta Purhépecha, Michoacán. Revista Mitigación del Daño Ambiental Agroalimentario y Forestal de México 2(2): 95-104.

Meli, P. 2003. Restauración ecológica de bosques tropicales. Veinte años de investigación académica. Interciencia 28(10): 581-589.

Mendizábal-Hernández, L. C., J. Alba-Landa y T. Suárez-Dorantes. 2009. Captura de carbono por *Cedrela odorata* L. en una plantación de origen genético conocido. Foresta Veracruzana 11(1): 13-18.

Merow, C., J. Smith M. y A. Silander J. 2013. A practical guide to MaxEnt for modeling species' distributions: what it does, and why inputs and settings matter. Ecography 36(10): 1058-1069. DOI: https://dx.doi.org/10.1111/j.1600-0587.2013.07872.x

Meza-Rangel, E., F. Tafoya, R. Lindig-Cisneros, J. J. Sigala-Rodríguez y E. Pérez-Molphe-Balch. 2014. Distribución actual y potencial de las cactáceas *Ferocactus histrix*, *Mammillaria bombycina* y *M. perezdelarosae* en el estado de Aguascalientes, México. Acta Botanica Mexicana 108: 67-80. DOI: https://dx.doi.org/10.21829/abm108.2014.197

Miller, J., J. Franklin y R. Aspinall. 2007. Incorporating spatial dependence in predictive vegetation models. Ecological Modelling 202(3-4): 225-242. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2006.12.012

Miranda, S. C. A., G. Geada L. y R. Sotolongo S. 2016. Modelación de la distribución potencial de *Pinus tropicalis* en el occidente de Cuba. Avances 18(1): 28-35.

Monterrubio-Rico, T. C., J. F. Charre-Medellín, C. Pacheco-Figueroa, S. Arriaga-Weiss, J. D. Valdez-Leal, R. Cancino-Murillo, G. Escalona-Segura, C. Bonilla-Ruz e Y. Rubio-Rocha. 2016. Distribución potencial histórica y contemporánea de la familia Psittacidae en México. Revista Mexicana de Biodiversidad 87(3): 1103-1117. DOI: https://dx.doi.org/10.1016/j.rmb.2016.06.004

Navarro-Cerrillo, R. M., I. Clavero, A. Lorenzo V., L. Quero J. y J. Duque-Lazo. 2016. Integración de datos de inventario y modelos de hábitat para predecir la regeneración de especies leñosas mediterráneas en repoblaciones forestales. Ecosistemas 25(3): 6-21. DOI: https://dx.doi.org/10.7818/ECOS.2016.25-3.02

Newbold, T., F. Gilbert, S. Zalat, A. El-Gabbas y T. Reader. 2009. Climate-based models of spatial patterns of richness in Egypt's butterfly and mammal fauna. Journal of Biogeography 36(11): 2085-2095. DOI: https://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2699.2009.02140.x

Obregón, R., S. Arenas-Castro, F. Gil-T., D. Jordano y J. Fernández-Haeger. 2014. Biología, ecología y modelo de distribución de las especies del género *Pseudophilotes* Beuret, 1958 en Andalucía (Sur de España) (Lepidoptera: Lycaenidae). SHILAP Revista lepidoptera 42 (168): 501-515.

ONU. 2016. Informe de la Conferencia de las Partes sobre su vigésimo primer periodo de sesiones, celebrado en París del 30 de noviembre al 13 de diciembre de 2015; segunda parte: medidas adoptadas por la Conferencia de las Partes. Organización de las Naciones Unidas. http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/spa/10a01s.pdf (consultado octubre de 2017).

Ortíz-Yusty, C., A. Restrepo y V. P. Páez. 2014. Distribución potencial de *Podocnemis lewyana* (Reptilia: Podocnemididae) y su posible fluctuación bajo escenarios de cambio climático global. Acta Biológica Colombiana 19(3): 471-481. DOI: https://doi.org/10.15446/abc.v19n3.40909

Patiño, F. 1997. Recursos genéticos de *Swietenia* y *Cedrela* en los neotrópicos. Propuestas para acciones coordinadas. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)-Dirección de recursos forestales departamento de montes. Roma, Italia. 58 pp.

Pennington, T. D. y J. Sarukhán. 2005. Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies. 3a ed. Universidad Nacional Autónoma de México; Fondo de Cultura Económica. México, D.F., México. 523 pp.

Pérez S., J. E. y M. Ferreira S. 2016. Uso de los modelos de distribución potencial en el análisis de patrones de distribución, de la flora endémica de la Península de Yucatán, México. Herbario CICY 8: 44-48.

Peterson, A. T., M. Papeş y J. Soberón. 2008. Rethinking receiver operating characteristic analysis applications in ecological niche. Ecological Modelling 213(1): 63-72. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2007.11.008

Phillips, S. J., R. Anderson P. y R. Schapire E. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions

Ecological Modelling 190(3-4): 231-259. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026

Phillips, S. J., R. P. Anderson, M. Dudík, R. E. Schapire y M. Blair. 2017. Opening the black box: an open-source release of Maxent. Ecography 4(7): 887-893. DOI: https://doi.org/10.1111/ecog.03049

Pliscoff, P. y T. Fuentes-Castillo. 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 48: 67-79. DOI: https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022011000100005

Rissler, L. J. y J. J. Apodaca. 2007. Adding more ecology into species delimitation: ecological niche models and phylogeography help define cryptic species in the black salamander (*Aneides flavipunctatus*). Systematic Biology 56(6): 924-942. DOI: https://dx.doi.org/10.1080/10635150701703063

Rodríguez, B. M. y H. Mance. 2009. Cambio climático: lo que está en juego. Foro Nacional Ambiental. Bogotá, Colombia. 773 pp.

Rodríguez, R., M. Daquinta, I. Capote, D. Pina, Y. Lezcano y J. L. González-Olmedo. 2003. Nuevos aportes a la micropropagación de *Swietenia macrophylla* × *Swietenia mahogani* (Caoba hibrida) y *Cedrela odorata* (Cedro). Cultivos tropicales 24(3): 23-27.

Romo, H., P. Sanabria y E. García-Barros. 2013. Predicción de los impactos del cambio climático en la distribución sobre las especies de Lepidoptera. El caso del género *Boloria* Moore, 1900 en la Península Ibérica (Lepidoptera: Nymphalidae). Revista de Lepidopterología 41(162): 267-287.

Romo-Lozano, J. L., J. J. Vargas-Hernández, J. López-Upton y M. L. Ávila-Ángulo. 2017. Estimación del valor financiero de las existencias maderables de cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) en México. Madera y Bosques 23(1): 1-7. DOI https://dx.doi.org/10.21829/myb.2017.231473

Sáenz-Romero, C., G. E. Rehfeldt, N. L. Crookston, P. Duval y J. Beaulieu. 2009. Estimaciones de cambio climático para Michoacán: Implicaciones para el sector agropecuario y forestal y para la conservación de la Mariposa Monarca. Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología de Michoacán; Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, México. 21 pp.

Scheldeman, X. y M. van Zonneveld. 2010. Training Manual on Spatial Analysis of Plant Diversity and Distribution. Bioversity International. Rome, Italy. http://www.bioversityinternational.org/uploads/tx_news/Training_manual_on_spatial_analysis_of_plant_diversity_and_distribution_1431_07.pdf (consultado octubre de 2017).

Secretaria del Convenio sobre la diversidad Biológica. 2009. Relación entre la Diversidad Biológica y la Mitigación y Adaptación al Cambio Climático. Informe del Segundo grupo especial de expertos técnicos sobre diversidad biológica y cambio climático. Secretaría del convenio sobre la Diversidad Biológica. Montreal, Canadá. 11 pp.

SEMARNAT. 2010. NORMA Oficial Mexicana NOM-059-Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación. Cd. Mx., México. http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/435/1/NOM_059_SEMARNAT_2010.pdf (consultado julio de 2017).

Soberón, J. y T. Peterson A. 2005. Interpretation of Models of Fundamental Ecological Niches and Species' Distributional Areas. Biodiversity Informatics 2: 1-10. DOI: https://doi.org/10.17161/bi.v2i0.4

Steven, J. P., M. Dudík y R. E. Schapire. 2017. Maxent software for modeling species niches and distributions (Version 3.4.1). http://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/ (consultado diciembre de 2017).

TROPICOS. 2018. Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. http://www.tropicos.org/Home.aspx (consultado octubre de 2017).

UNIBIO. 2011. Base de datos del Herbario Nacional de México (MEXU). Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). México, D.F., México. http://unibio.unam.mx/minero/index.jsp?accion=sc&colecciones=MEXU,Herbario (consultado septiembre de 2017).

Uribe, B. E. 2015. Estudio del cambio climático en América Latina: El cambio climático y sus efectos en la biodiversidad en América Latina. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Santiago de Chile, Chile. 84 pp.

Weyant, J., C. Azar, M. Kainuma, J. Kejun, N. Nakicenovic, P. R. Shukla, E. La Rovere y G. Yohe. 2009. Future Intergovernmental Panel on Climate Change activities-New scenarios. Report of 2.6 Versus 2.9 Watts/m2 Representative Concentration Pathways (RCP´s) Evaluation Panel. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)-XXX/INF.6. Antalya, Turkey. 81 pp.

Whitmore, T. C. 1993. An introduction to tropical rain forests. Oxford University Press. New York, USA. 226 pp.

WorldClim. 2016. Free climate data for ecological modeling and GIS. WorldClim-Global Climate Data. http://www.worldclim.org/ (consultado octubre de 2017).

York, P., P. Evangelista, S. Kumar, J. Graham, C. Flather y T. Stohlgren. 2011. A habitat overlap analysis derived from maxent for tamarisk and the south-western willow flycatcher. Frontiers of Earth Science 5(2): 120-129. DOI: https://doi.org/10.1007/s11707-011-0154-5

Acta Botanica Mexicana 124: 135-217 Julio **2018**

Artículo científico

Angiospermas nativas documentadas en la literatura para el Estado de México, México

Native angiosperms documented in the literature for the State of Mexico, Mexico

Isabel Martínez-De La Cruz[1], José Luis Villaseñor[2], Luis Isaac Aguilera Gómez[3], Martín Rubí Arriaga[4,5]

1 Universidad Autónoma del Estado de México, Programa de Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias Agrícolas, Campus Universitario "El Cerrillo", El Cerrillo Piedras Blancas, km 15.5 carretera Toluca-Ixtlahuaca, 50200 Toluca, Estado de México, México.
2 Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología, Departamento de Botánica, 04510 Cd. Mx., México.
3 Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Ciencias, Campus Universitario "El Cerrillo", El Cerrillo Piedras Blancas, km 15.5 carretera Toluca-Ixtlahuaca, 50200 Toluca, Estado de México, México.
4 Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Ciencias Agrícolas, Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Fitomejoramiento (CIEAF), Campus Universitario "El Cerrillo", El Cerrillo Piedras Blancas, km 15.5 carretera Toluca-Ixtlahuaca, 50200 Toluca, Estado de México, México.
5 Autor para la correspondencia: m_rubi65@yahoo.com.mx

Recibido: 31 de julio de 2017.
Revisado: 30 de agosto de 2017.
Aceptado: 12 de febrero de 2018.
Primero en línea: 29 de mayo de 2018.
Publicado: 1 de julio de 2018.

Citar como:
Martínez-De La Cruz, I., J. L. Villaseñor, L. I. Aguilera Gómez y M. Rubí Arriaga. 2018. Angiospermas nativas documentadas en la literatura para el Estado de México, México. Acta Botanica Mexicana 124: 135-217. DOI: 10.21829/abm124.2018.1273

DOI:
10.21829/abm124.2018.1273

Resumen:

Antecedentes y Objetivos: En 1979 se publicó por primera vez la riqueza de plantas vasculares en el Estado de México. La información allí presentada ha perdido actualidad debido al incremento de aportaciones florísticas. El objetivo de este trabajo es contribuir al conocimiento de la flora del Estado de México, a partir de la literatura florística-taxonómica disponible.

Métodos: Se integró una base de datos con la información proveniente de 351 documentos. Se elaboró un mapa que ilustra la ubicación geográfica de los inventarios florísticos y se determinó, mediante el índice de Sørensen, la similitud florística entre inventarios.

Resultados clave: Se compiló una lista con 169 familias, 1103 géneros y 3924 especies de angiospermas. Asteraceae (153 géneros y 588 especies), Fabaceae (82 y 372), Poaceae (85 y 340) y Orchidaceae (70 y 231) son las familias mejor representadas. *Muhlenbergia* (54 especies), *Salvia* (53) e *Ipomoea* (51) presentaron el mayor número de especies. Las tesis fundamentan 80% de los taxa. El índice de similitud reveló que la mayoría de las especies están restringidas a una o dos compilaciones. La distribución de los sitios de exploración botánica no es uniforme, se han realizado más trabajos florísticos en las zonas sur y suroeste del estado. Las investigaciones se han llevado a cabo principalmente en sitios próximos a vías de comunicación e instituciones educativas de trascendencia y las regiones montañosas han sido pobremente recolectadas.

Conclusiones: La información sobre la riqueza de angiospermas acumulada en la literatura resulta fundamental para determinar la distribución geográfica de las especies en los municipios del estado, adicionar información sobre endemismo, usos actuales y potenciales, así como establecer programas de conservación de los recursos naturales.

Palabras clave: especies endémicas, inventario florístico, plantas con flores, riqueza florística.

Abstract:

Background and Aims: The richness of vascular plants in the State of Mexico was published for the first time in 1979. Since then, these data have become outdated due to the increasing number of floristic contributions. The objective of this work is contributing to the knowledge of the flora of the State of Mexico, from the available floristic-taxonomic literature.

Methods: A database was integrated with information from 351 publications. A map was drawn illustrating the geographical location of floristic inventories and the floristic similarities between these inventories was determined using the Sørensen index.

Key results: A list of 169 families, 1103 genera and 3924 species of angiosperms was compiled, where Asteraceae (153 genera and 588 species), Fabaceae (82 and 372), Poaceae (85 and 340) and Orchidaceae (70 and 231) are the best represented families. *Muhlenbergia* (54 species), *Salvia* (53) and *Ipomoea* (51) had the highest number of species. Unpublished theses account for 80% of the taxa. The similarity index revealed that most species are restricted to one or two compilations. The distribution of botanical exploration sites is not uniform, more floristic work has been realized in the southern and southwestern areas. Research has been carried out mainly on sites close to roads and educational institutions of importance. The mountainous regions are poorly explored.

Conclusions: The information on angiosperm richness accumulated in the literature is fundamental to determine the geographical distribution of species in the municipalities of the state, to add information on endemism, current and potential uses, as well as to establish conservation programs of its natural resources.

Key words: endemic species, floristic inventory, floristic richness, flowering plants.

Introducción

La documentación acerca de la flora del Estado de México se inició de manera formal con los trabajos de campo y publicación de fascículos que Maximino Martínez y Eizi Matuda llevaron a cabo entre los años 1952 y 1957 (Martínez y Matuda, 1979). Sin embargo, muchas familias no fueron tratadas; después de transcurridas más de tres décadas, la información allí presentada ha perdido actualidad y puede considerarse obsoleta, debido a las nuevas aportaciones en la exploración botánica y a los avances en la taxonomía (Ibarra-Manríquez et al., 1995; Villaseñor, 2003, 2016).

A partir de la década de 1980, el conocimiento sobre la flora del estado se incrementó notablemente con trabajos de campo y laboratorio (Apéndices 1, 2). Entre las principales contribuciones que intentan integrar la información florística de la entidad mexiquense se pueden mencionar las siguientes: 1) Galicia-Miranda (1992) revisó las colecciones de Eizi Matuda, 2) Alcántara-Alameda (2006) elaboró un inventario resultado de la consulta de ejemplares botánicos depositados en herbarios nacionales, de la búsqueda electrónica en bases de datos nacionales y extranjeros (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, The Missouri Botanical Garden, Instituto de Ecología, A.C., The New York Botanical Garden y The Royal Botanical Gardens, Kew) y de la revisión de literatura florística (30 publicaciones), 3) Garduño-Solórzano et al. (2009) efectuaron un recuento de la riqueza florística del estado a través de la consulta de 40 proyectos del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB), así como de inventarios estatales sobre cactáceas, bromeliáceas, leguminosas, orquídeas, gramíneas, cucurbitáceas y encinos, y 4) Villaseñor y Ortiz (2014) señalaron la existencia de 3799 especies de Magnoliophyta, cantidad documentada principalmente con base en ejemplares de herbario y con información registrada en alrededor de 20 referencias bibliográficas; dicha cifra fue actualizada dos años después, incrementando el número en 27.7%, al alcanzar un total de 4852 especies de angiospermas (Villaseñor, 2016).

Después de una revisión exhaustiva de bibliografía relacionada con la riqueza florística estatal, se presenta un catálogo de las angiospermas nativas con el objetivo de contribuir al conocimiento de la flora del Estado de México. Se planteó la estrategia de realizar un análisis crítico de las angiospermas documentadas en la literatura publicada, incluyendo aquella considerada como literatura gris (informes de proyectos, planes de desarrollo y tesis). Esta compilación podrá detectar lagunas de información o discrepancias sobre especies existentes en el territorio mexiquense no reportadas en documentos convencionales y contribuir a un mejor conocimiento de la riqueza de angiospermas en la entidad.

Materiales y Métodos

Área de estudio

El Estado de México se ubica en la parte central de la República Mexicana, entre las coordenadas 18°22' y 20°17' de latitud Norte y 98°36' y 100°37' de longitud Oeste. Cuenta con una superficie territorial de 22,337.58 km^2 que representa 1.1% del territorio nacional; ocupa la 25^a posición en extensión geográfica del país (INEGI, 2016a).

Está constituido por 125 municipios, de los cuales 59 integran la Zona Metropolitana del Valle Cuautitlán-Texcoco, 16 el Valle de Toluca y seis la Zona Metropolitana de Santiago Tianguistenco. Colinda con los siguientes estados: Hidalgo y Querétaro, al norte; Ciudad de México, Puebla y Tlaxcala, al este; Guerrero y Morelos, al sur; y Michoacán, al oeste (Fig. 1) (POEM, 2009, 2016; INEGI, 2016a).

El relieve es bastante irregular y está integrado por mesetas (1.05% de la superficie), valles (6.28%), llanuras (15.24%), lomeríos (34.97%) y principalmente sierras (42.46%), de las cuales destacan la Sierra Nevada, ubicada en la parte este de la geografía estatal (en el límite con Puebla) que incluye los volcanes Popocatépetl (5419 m de altitud máxima) e Iztaccíhuatl (5220 m), segundo y tercero más altos de México, respectivamente; la Sierra de San Andrés Timilpan, situada al noroeste; la Sierra del Xinantécatl (centro-sur de la entidad) que alberga al volcán Nevado de Toluca (4680

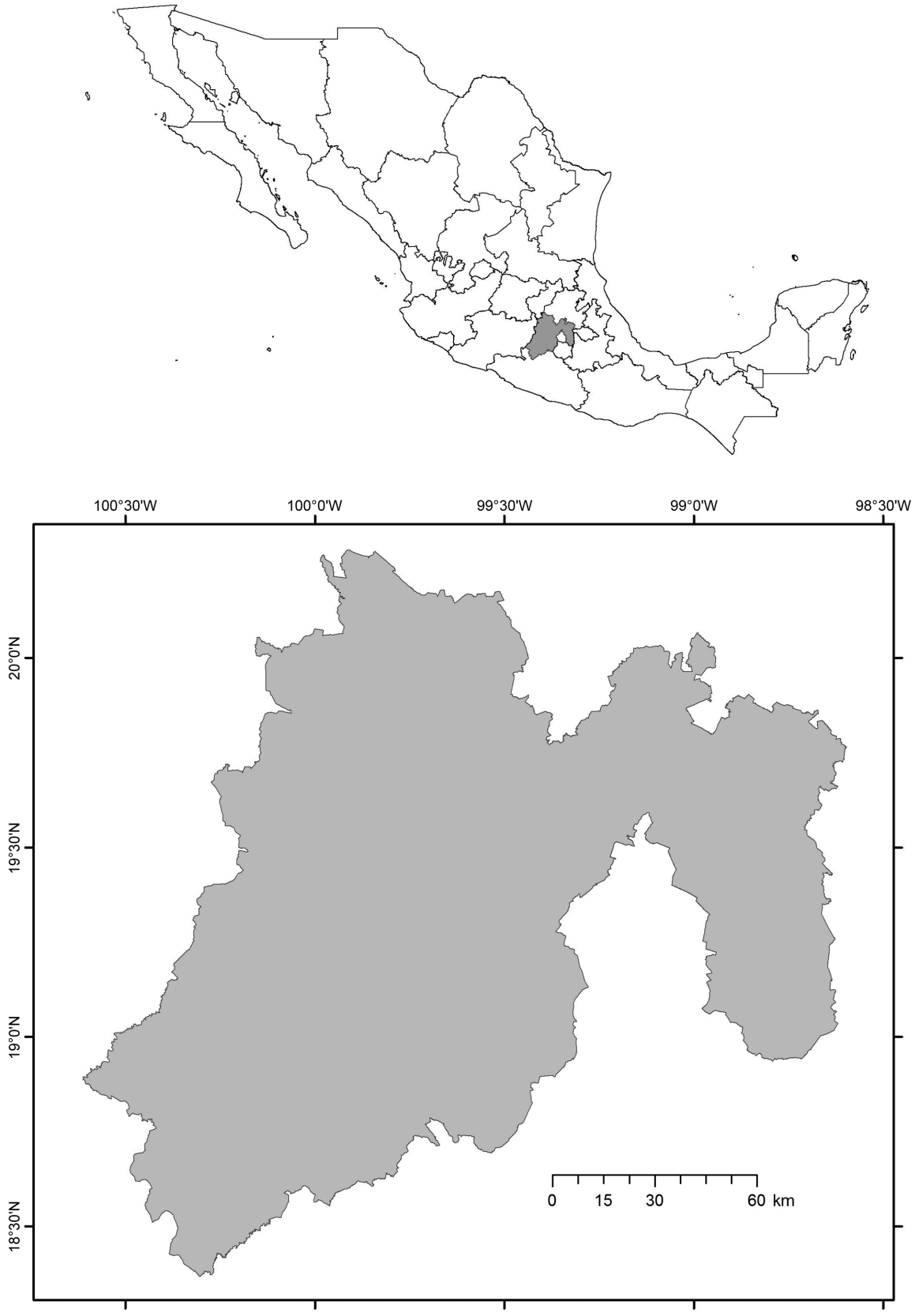


Figura 1: Ubicación geográfica del Estado de México.

m), el cuarto más alto de México, y las Sierras de Monte Alto y Monte Bajo, que son límites con el oeste de la Ciudad de México (López-Cano et al., 2009; INEGI, 2011, 2016a, b).

Fisiográficamente, 24.4% de la superficie estatal pertenece a la cuenca del río Balsas y 75.6% a la Faja Volcánica Transmexicana, en la que se incluyen tres de las cinco elevaciones importantes del país. La altura sobre el nivel del mar va desde 300 m en los límites con Guerrero, hasta 5419 m en la cima del Popocatépetl (López-Cano et al., 2009; Neyra-Jáuregui, 2012; INEGI, 2016a, b).

El territorio mexiquense está comprendido dentro de las tres regiones hidrológicas más importantes del país, tanto por su extensión como por el volumen de las corrientes superficiales. La región Pánuco (cubre 35.23% de la superficie de la entidad) se ubica en la porción noreste y la integran 60 municipios mexiquenses, la región Lerma-Santiago (25.53%) se sitúa en la parte centro-noroeste y está conformada por 32 municipios (a este sistema hidrológico pertenece la cuenca alta del río Lerma), y la región del río Balsas (39.24%) que comprende la parte suroeste y está integrada por 33 municipios. Los cuerpos de agua (29 ríos, dos lagos y ocho presas) abarcan 176.32 km^2 del estado (INEGI, 2001; 2016a).

La variedad de suelos es amplia, asciende a 13 tipos, con predominio de Andosol (4799.1 km^2), Feozem (4727.2 km^2), Regosol (2656.8 km^2), Vertisol (2414.8 km^2), Cambisol (1960.5 km^2) y Leptosol (1749.7 km^2) (López-Cano et al., 2009; Sotelo-Ruíz et al., 2011; INEGI, 2016a).

El clima predominante es templado subhúmedo (presente en 61.82% del territorio estatal); se distribuye particularmente en las inmediaciones de la cuenca de México. En menor grado están los climas cálido subhúmedo y semicálido subhúmedo, ubicados en la región que comprende la cuenca del río Balsas (20.68%). El clima semifrío subhúmedo está presente en las cercanías de Toluca y en la zona limítrofe con Tlaxcala y Puebla (10.90%). El clima semifrío húmedo existe en los límites con la Ciudad de México y el estado de Morelos (0.67%). Una fracción al noreste del estado presenta clima semiseco templado (5.77%). El clima frío se concentra en las partes altas de los volcanes Nevado de Toluca, Popocatépetl e Iztaccíhuatl (0.16%). Además, existe una zona de transición climática (cálido/templado) entre la cuenca del río Balsas y la zona de montaña, en el suroeste del estado (Tejero-Díez y Arreguín-Sánchez, 2004; López-Cano et al., 2009; INEGI, 2016a).

Aproximadamente 54.3% de la superficie del estado es de uso agrícola y 32.4% es área boscosa, con las siguientes formaciones vegetales: bosque templado (comprende los bosques de *Quercus*, *Pinus*, *Abies*, *Quercus-Pinus*, *Pinus-Quercus*, *Pinus-Abies*, *Abies-Pinus*, *Abies-Quercus*, *Quercus-Abies*, *Alnus* y *Pinus-Alnus*), bosque tropical estacionalmente seco (bosque tropical caducifolio), bosque húmedo de montaña (bosque mesófilo de montaña), bosque tropical húmedo (bosque tropical subcaducifolio) y matorral xerófilo (López-Cano et al., 2009; INEGI, 2016a; Villaseñor, 2016).

Recopilación de la información

Se realizó la revisión exhaustiva de documentos florístico-taxonómicos que reportan a las angiospermas que prosperan en el Estado de México. La literatura no publicada (gris) se circunscribió a informes de proyectos, planes de desarrollo y tesis depositadas en bibliotecas de instituciones educativas asentadas en el territorio mexiquense, así como en el Valle de México. La publicada incluyó artículos, capítulos de libros y libros. Además, se consideró la Flora Fanerogámica del Valle de México (Calderón de Rzedowski y Rzedowski, 2005), debido a que es una zona que incluye la cuarta parte del territorio mexiquense. También se revisaron los fascículos publicados por proyectos florísticos que se han llevado a cabo en estados adyacentes a la entidad mexiquense, como son los de la Flora del Bajío y de regiones adyacentes (Rzedowski y Calderón de Rzedowski, 1991-2014) y otros de la Flora de Guerrero (Diego-Pérez y Fonseca, 1995-2014), documentos que indican la distribución geográfica de las especies y mencionan cuáles están presentes en el Estado de México.

Base de datos

La información recopilada a partir de las referencias bibliográficas permitió integrar una base de datos en el programa Microsoft Access, con los siguientes campos: clase, familia, género, epíteto específico, autor, estatus de la especie en México (endémica o nativa) (Espejo-Serna y López-Ferrari, 2004; Pulido-Esparza et al., 2009; Espejo-Serna, 2012; García-Mendoza y Meave, 2012; Villaseñor, 2016) y referencia bibliográfica de cada registro de las especies. En la lista generada de angiospermas del Estado de México, se incluyeron las que se registraron de la revisión bibliográfica y se sabe que cuentan al menos con un ejemplar de herbario recolectado en el territorio, lo que valida su presencia (Villaseñor, 2016). Es importante mencionar que no se consideraron las categorías taxonómicas inferiores al rango de especie.

Para evitar sinonimias, en primera instancia se cotejó la lista de angiospermas recopilada en el presente trabajo con el catálogo de las plantas vasculares nativas de México (Villaseñor, 2016). Para las discrepancias entre estos trabajos se tomaron en cuenta los criterios de especies aceptadas en el catálogo florístico-taxonómico del bosque húmedo de montaña en México (Villaseñor, 2010), así como en las páginas electrónicas World Checklist of Selected Plant Families (WCSP, 2012), Species 2000 & ITIS Catalogue of Life (Roskov et al., 2016), The Plant List (The Plant List, 2013) y Tropicos (TROPICOS, 2016). Además, se consultaron monografías, revisiones taxonómicas y las Floras del Bajío y de regiones adyacentes, de Guerrero y la Fanerogámica del Valle de México. En caso de conflictos nomenclaturales, se siguió la propuesta del taxónomo especialista o se aplicó el criterio de prioridad nomenclatural.

Las angiospermas se agruparon en Magnoliides, Monocotiledóneas y Eudicotiledóneas, de acuerdo con el sistema de clasificación del Angiosperm Phylogeny Group (APG IV, 2016). Las especies registradas se ordenaron alfabéticamente por familia. Para homogeneizar las abreviaturas de los autores de los nombres científicos se consultó la página electrónica The International Plant Names Index (IPNI, 2016). Es importante mencionar que las especies registradas como introducidas (Espinosa-García, 2000; Villaseñor y Espinosa-García, 2004; Villaseñor et al., 2013) fueron excluidas del inventario.

Elaboración de mapas de distribución geográfica de los inventarios

Para determinar si los lugares de exploración botánica son adyacentes a instituciones educativas, vías de comunicación o en zonas de difícil acceso, se elaboró un mapa que muestra la ubicación geográfica de los inventarios florísticos. Las coordenadas geográficas de los sitios de estudio se obtuvieron a partir de la información disponible en la literatura consultada, a través de la georreferenciación en Google Earth Version 6.2 (Google Inc., 2009), mediante el empleo del programa Mapa Digital de México Versión 6.3.0 (INEGI, 2017) y el Sistema para la Consulta de Información Censal (INEGI, 2013); posteriormente se incorporaron al programa ArcGIS Versión 10.2 (ESRI, 2013). En el caso de que el área correspondiera a un polígono, se procedió a obtener el centroide de la superficie (intersección de los ejes largo y ancho del área muestreada). La ubicación geográfica de las instituciones educativas y de investigación se obtuvo a través del programa Google Earth Version 6.2 (Google Inc., 2009).

Semejanza florística entre los inventarios

La similitud florística entre los inventarios reportados en la literatura se estimó mediante un análisis de conglomerados con ayuda del Paleontological Statistics Software (PAST) Versión 3.15 (Hammer et al., 2001). Para ello se empleó el índice de similitud de Sørensen-Dice, el cual considera el desequilibrio entre cero y uno (siempre con más ceros que unos) y se recomienda para matrices binarias (Badii et al., 2008; Ruiz-Jiménez et al., 2012). Los valores de semejanza obtenidos permitieron elaborar un dendrograma a través del método UPGMA (método de agrupamiento no ponderado utilizando medias aritméticas, por sus siglas en inglés). Únicamente se tomaron en cuenta los inventarios florísticos puntuales y que presentaron una riqueza superior a 140 especies (se excluyeron los inventarios incluidos en el primer cuartil de riqueza).

Para comparar la riqueza de especies en áreas de diferentes tamaños, se empleó el índice de biodiversidad taxonómica (Squeo et al., 1998), el cual considera el número de especies, dividido por el logaritmo natural del área en kilómetros cuadrados.

Resultados

La revisión de literatura florística-taxonómica, plasmada en la base de datos de las angiospermas del Estado de México, permitió obtener una lista preliminar con 5949 especies, resultado de la información registrada en 351 contribuciones (Cuadro 1, Apéndices 1, 2). Mediante la depuración taxonómica se corrigieron errores tipográficos en la escritura de los nombres científicos, los cuales eran considerados como especies diferentes, aun cuando se trataba del mismo taxon. Otras angiospermas estaban citadas tanto con el nombre aceptado como con el sinónimo, lo cual originó una duplicación, misma que sobrestima aproximadamente en un tercio la riqueza de plantas con flores reconocidas para el estado. Se identificaron 1378 sinonimias, pertenecientes a 1114 especies, de las cuales 897 (80%) registraron un sinónimo y en menor proporción están las que poseen dos (176, 15%), tres (37, 3%), cuatro (2, 1%) y cinco (2, 1%).

Se excluyeron del análisis 301 angiospermas consideradas introducidas (exóticas) a México. Resulta importante señalar que 346 especies (Apéndice 3) reportadas para el estado por diferentes autores no se incluyeron. Algunas de ellas fueron consideradas determinaciones erróneas, mismas que al validar el nombre no contaron con un ejemplar de herbario que respalde su presencia en el estado (Villaseñor, 2016). Es necesario localizar los ejemplares botánicos de respaldo en las colecciones, verificar su determinación y así corroborar su presencia en la entidad, lo que incrementaría la documentación de angiospermas nativas, así como endemismos.

Finalmente, la lista de angiospermas se integró por 169 familias, 1103 géneros y 3924 especies (Apéndice 4, Cuadro 2), de las cuales 3657 angiospermas están reportadas en la literatura florística-taxonómica para el estado y otras 267 especies están citadas en la bibliografía no estric-

Cuadro 1: Tipo de publicaciones compiladas en la base de datos sobre la flora del Estado de México.

Publicación	Número
Tesis	**80**
Colegio de Postgraduados	11
Instituto Politécnico Nacional	1
Universidad Autónoma Chapingo	3
Universidad Autónoma del Estado de México	23
Universidad Autónoma Metropolitana	1
Universidad Nacional Autónoma de México	41
Informes de proyectos de investigación	**3**
Revistas científicas	**62**
Acta Botanica Mexicana	18
Anales del Instituto de Biología Serie Botánica	5
Annals of the Missouri Botanical Garden	1
Biodiversity and Conservation	1
Botanical Sciences (Boletín de la Sociedad Botánica de México)	12
Brittonia	1
Cactáceas y Suculentas Mexicanas	1
Ciencias Agrícolas Informa	2
Economic Botany	1
Harvard Papers in Botany	1
Ibugana Boletín del Instituto de Botánica	1
Polibotánica	10
PhytoKeys	1
Revista Chapingo Serie Forestales y del Ambiente	1
Revista Mexicana de Biodiversidad	4
Rhodora	1
Selbyana	1
Libros	**20**
Capítulos de libros	**10**
Planes de desarrollo	**1**
Floras y fascículos de Floras	**175**
Flora Fanerogámica del Valle de México	1
Flora del Bajío y de regiones adyacentes	143
Flora de Guerrero	31
Total	**351**

Cuadro 2: Distribución taxonómica de las angiospermas en el Estado de México.

Clases	Familias	Géneros	Especies	Endémicas de México	Endémicas del Estado de México
Magnoliides	9	13	37	11	0
Monocotiledóneas	28	248	1007	358	13
Eudicotiledóneas	132	842	2880	1222	16
Total	169	1103	3924	1591	29

tamente enfocada a la entidad mexiquense, es decir, documentos estatales, regionales o incluso nacionales: artículos (30), capítulos de libros (2), informes de proyectos (2), libros (11) y tesis (3), además de la Flora Fanerogámica del Valle de México, Flora del Bajío y de regiones adyacentes (143 fascículos) y Flora de Guerrero (31). Los artículos y las tesis destacan por el número de contribuciones (Fig. 2), los primeros concentran el mayor número de angiospermas exclusivas (220), es decir, especies únicamente citadas en este tipo de bibliografía, y las tesis registran 80% de los taxa presentes en la entidad (3117 especies) (Cuadro 3).

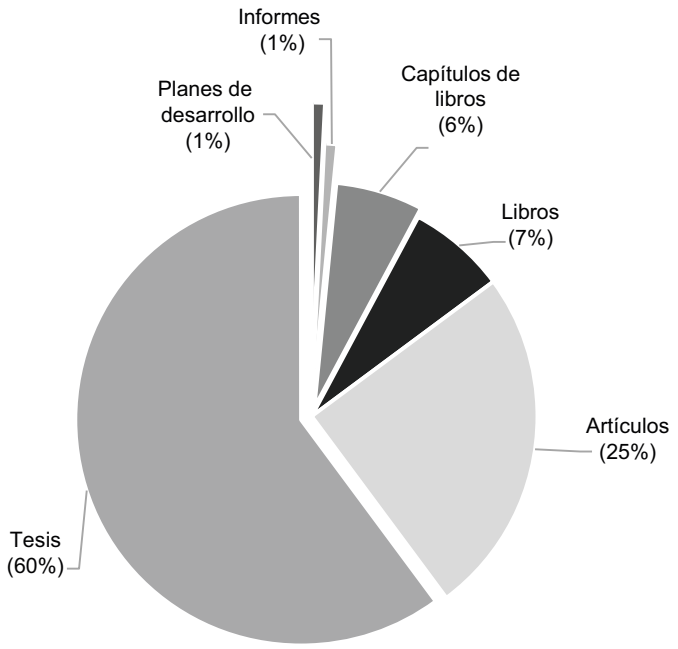


Figura 2: Tipo de publicaciones que documentan las especies de angiospermas del Estado de México.

En el Estado de México, aproximadamente la mitad de las angiospermas (1620 especies) son elementos endémicos de México; entre estas se encuentran 29 endemismos de este estado. *Myriophyllum quitense* Kunth (Haloragaceae) y *Montia fontana* L. (Montiaceae) son especies nativas no endémicas que en la República Mexicana se han reportado exclusivamente en la entidad mexiquense. *Lachemilla mexiquense* D.F. Morales-B. (Rosaceae) no se citó en la publicación de Villaseñor (2016).

La riqueza de especies documentada en la presente contribución incrementó en 55.2% el número registrado por Martínez y Matuda (1979), en 20.3% la cifra reportada por Garduño-Solórzano et al. (2009) y en 3.3% lo reportado por Villaseñor y Ortiz (2014) (Cuadro 4). Sin embargo, existe una diferencia de 928 especies (19.1%) con respecto a las 4852 plantas con flores documentadas recientemente por Villaseñor (2016).

En los diferentes recuentos para el Estado de México es notoria la riqueza de Asteraceae con respecto a otras familias botánicas. Alrededor de 15% del total de especies registradas para la entidad mexiquense corresponden a elementos de esta familia; otro 10% pertenece a Fabaceae, la cual ocupa el segundo lugar en cuanto a número de angiospermas. Aproximadamente 9% de los taxa son de la familia Poaceae y 6% Orchidaceae, familias que ocupan la tercera y cuarta posición. En la familia Asteraceae, los géneros más diversos son *Ageratina* Spach (42 especies) y *Stevia* Cav. (36); en Fabaceae, *Desmodium* Desv. (42) y *Dalea* L. (28); en Poaceae, *Muhlenbergia* Schreb. (54) y *Paspalum* L. (30), y en Orchidaceae, *Habenaria* Willd. y *Malaxis* Sol. ex Sw. (22 especies cada uno).

Cuadro 3: Número de angiospermas reportadas para el Estado de México por tipo de publicación. Especies exclusivas se refiere a solamente citadas en ese tipo de publicación.

Publicación	Especies	Especies exclusivas
Literatura específica para el estado	**3657**	**546**
Literatura no publicada (gris)	**3130**	**214**
Informes de proyectos	254	1
Planes de desarrollo	376	4
Tesis	3117	209
Literatura publicada	**3125**	**332**
Artículos	2360	220
Libros	1897	43
Capítulos de libros	1196	69
Literatura no específica para el estado	**1823**	**144**
Literatura no publicada	**34**	**2**
Informes de proyectos	22	0
Tesis	12	2
Literatura publicada	**1807**	**142**
Artículos	717	93
Capítulos de libros	476	28
Libros	1048	21
Floras	**1910**	**63**
Flora del Bajío y de regiones adyacentes	992	36
Flora de Guerrero	208	14
Flora Fanerogámica del Valle de México	1258	13

Cuadro 4: Comparación de la riqueza de angiospermas reportada para el Estado de México. ND = información no disponible.

Referencia bibliográfica	Especies	Asteraceae	Fabaceae	Poaceae	Orchidaceae
Martínez y Matuda (1979)	2528	354	258	271	110
Galicia-Miranda (1992)	2162	390	215	205	63
Alcántara-Alameda (2006)	3937	663	358	411	112
Garduño-Solórzano et al. (2009)	3262	495	416	405	181
Villaseñor y Ortiz (2014)	3799	ND	ND	ND	ND
Villaseñor (2016)	4852	726	455	395	243
Presente estudio	3924	588	372	340	231

En el Estado de México, 93.3% de los géneros (1029 taxa) tienen de una a 10 especies, 4.6% (51) concentraron de 11 a 18, 1.3% (14) de 19 a 37, mientras que solamente 0.8% (9) resultaron más diversos al reunir de 38 a 54 especies. Tales resultados manifiestan alta riqueza de géneros, pero baja diversidad de especies. Los géneros con mayor riqueza específica son *Muhlenbergia*, *Salvia* L. (Lamiaceae), *Ipomoea* L. (Convolvulaceae), *Euphorbia* L. (Euphorbiaceae) y *Ageratina* (Asteraceae) (Cuadro 5).

La consulta de literatura florística elaborada en el territorio del Estado de México mostró que se han llevado a cabo al menos 128 trabajos en el transcurso de 38 años, lo que refleja una tendencia de incremento a través del tiempo (Fig. 3). En promedio, se registraron 3.3 inventarios por año.

La distribución de los sitios de exploración botánica en el Estado de México no es uniforme; se han llevado a cabo más trabajos florísticos en la región sur y suroeste, así como en la parte norte de la entidad, particularmente en los límites con Hidalgo y en la Zona Metropolitana del Valle Cuautitlán-Texcoco (porción noreste y oriente). La cuenca alta del río Lerma (región noroeste y el Valle de Toluca) registró menor número de inventarios. Las áreas pobremente recolectadas corresponden a regiones montañosas de acceso problemático (Fig. 4).

Aproximadamente tres cuartas partes de los inventarios incluyeron un área de exploración botánica menor de 95 km^2, la cuarta parte restante abarca una superficie mayor. Entre las contribuciones que sobresalen por la riqueza de especies, así como por la superficie de estudio, están los trabajos realizados por López-Patiño et al. (2012) en el Área Natural Protegida "Tenancingo, Malinalco, Zumpahuacán" (LP12), Jiménez-Cruz (2012) en la Sierra de Tepotzotlán (JC12), Castañeda-Robles (2008) en el Cerro Zempoala y zonas aledañas (CR08) y Romero-Rangel y Rojas-Zenteno (1991) en la región de Huehuetoca (RR91) (Fig. 5).

Es notable destacar que los sitios que consideraron menor superficie de exploración florística presentaron mayor diversidad (Fig. 6). Lo anterior manifiesta que en el territorio mexiquense existe una importante cantidad de especies en cada kilómetro cuadrado y particularmente en las zonas protegidas por la orografía. Destaca, por ejemplo, la publicación de López-Sandoval et al. (2010) en la barranca de Nenetzingo (Ixtapan de la Sal), cuya diversidad es de 747 especies por unidad de área, el mayor de todos los evaluados.

En la frecuencia de angiospermas en los inventarios del Estado de México (Fig. 7), aproximadamente un tercio se reportan en una o dos publicaciones; 18.1% de las

Cuadro 5: Géneros con mayor número de especies en el Estado de México.

Géneros (Eudicotiledóneas)	Especies	Géneros (Monocotiledóneas)	Especies
Salvia L.	53	*Muhlenbergia* Schreb.	54
Ipomoea L.	51	*Tillandsia* L.	38
Euphorbia L.	45	*Cyperus* L.	37
Ageratina Spach	42	*Carex* L.	30
Desmodium Desv.	42	*Paspalum* L.	30
Quercus L.	41	*Dioscorea* L.	26
Solanum L.	39	*Bouteloua* Lag.	22
Stevia Cav.	36	*Habenaria* Willd.	22
Bursera Jacq. ex L.	30	*Malaxis* Sol. ex Sw.	22
Dalea L.	28	*Bletia* Ruiz & Pav.	16

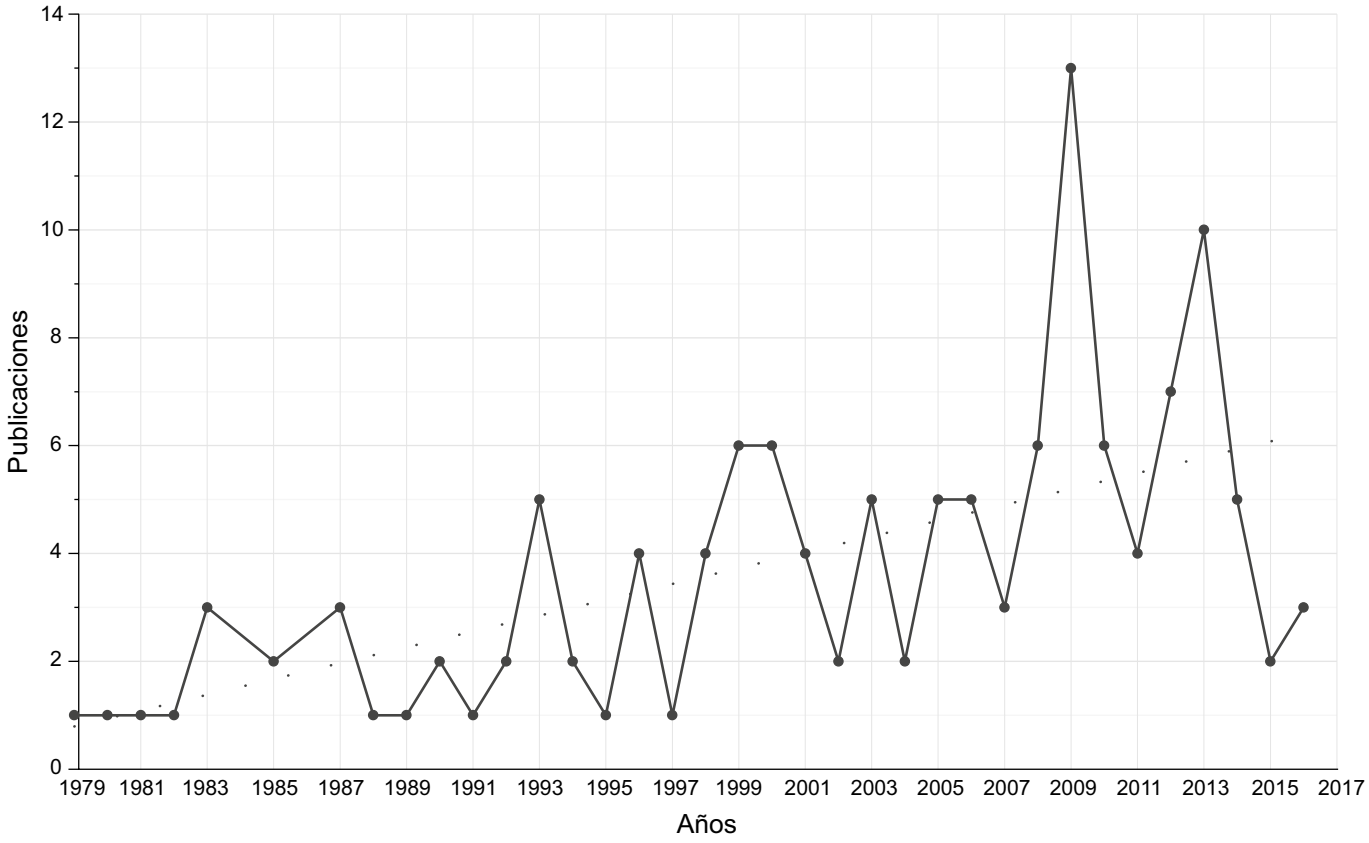


Figura 3: Número de trabajos florísticos llevados a cabo en el Estado de México, distribuidos por año.

especies (714 taxa) se documentan en alguno de los 128 catálogos y 11.6% (456) se reportan únicamente en dos. Por otra parte, algunas especies están ampliamente distribuidas en el Estado de México debido a que están presentes en más de una tercera parte del total de inventarios: *Lopezia racemosa* Cav. (60 catálogos), *Prunus serotina* Ehrh. (57), *Barkleyanthus salicifolius* (Kunth) H. Rob. & Brettell (54), *Phytolacca icosandra* L. (53), *Oxalis corniculata* L. (52), *Dahlia coccinea* Cav. (51), *Arbutus xalapensis* Kunth (49), *Geranium seemannii* Peyr. (48), *Cosmos bipinnatus* Cav. (48), *Oenothera rosea* L'Hér. ex Aiton (48), *Tagetes lucida* Cav. (48), *Baccharis conferta* Kunth (47), *Begonia gracilis* Kunth (47), *Bidens odorata* Cav. (47), *Cuphea aequipetala* Cav. (46), *Trifolium amabile* Kunth (46), *Bouvardia ternifolia* (Cav.) Schltdl. (45), *Crataegus mexicana* DC. (45) y *Verbena carolina* L. (45).

Se registran bajos niveles de similitud florística entre los inventarios (Fig. 8), lo cual revela que la mayoría de las especies están reportadas en una o pocas compilaciones. Los catálogos llevados a cabo en áreas montañosas tienden a presentar mayor semejanza (0.59 similitud); por ejemplo, el complejo montañoso Tetzcutzingo (que incluye los Cerros Tetzcutzingo (P92) (Pulido y Koch, 1992) y Metecatl (HC16) (Hernández Cruz et al., 2016)).

Discusión

La diferencia entre la riqueza de angiospermas en familias exitosas en la entidad (Asteraceae, Fabaceae y Poaceae) probablemente se deba a la información indicada en los ejemplares de herbario y nunca citada en la literatura. Un problema más lo constituye el hecho de que se trata de familias con especies difíciles de determinar mediante la literatura disponible; además, en ocasiones los ejemplares carecen de estructuras vegetativas o reproductivas (flores y frutos), por lo que a veces se reportan solamente a nivel

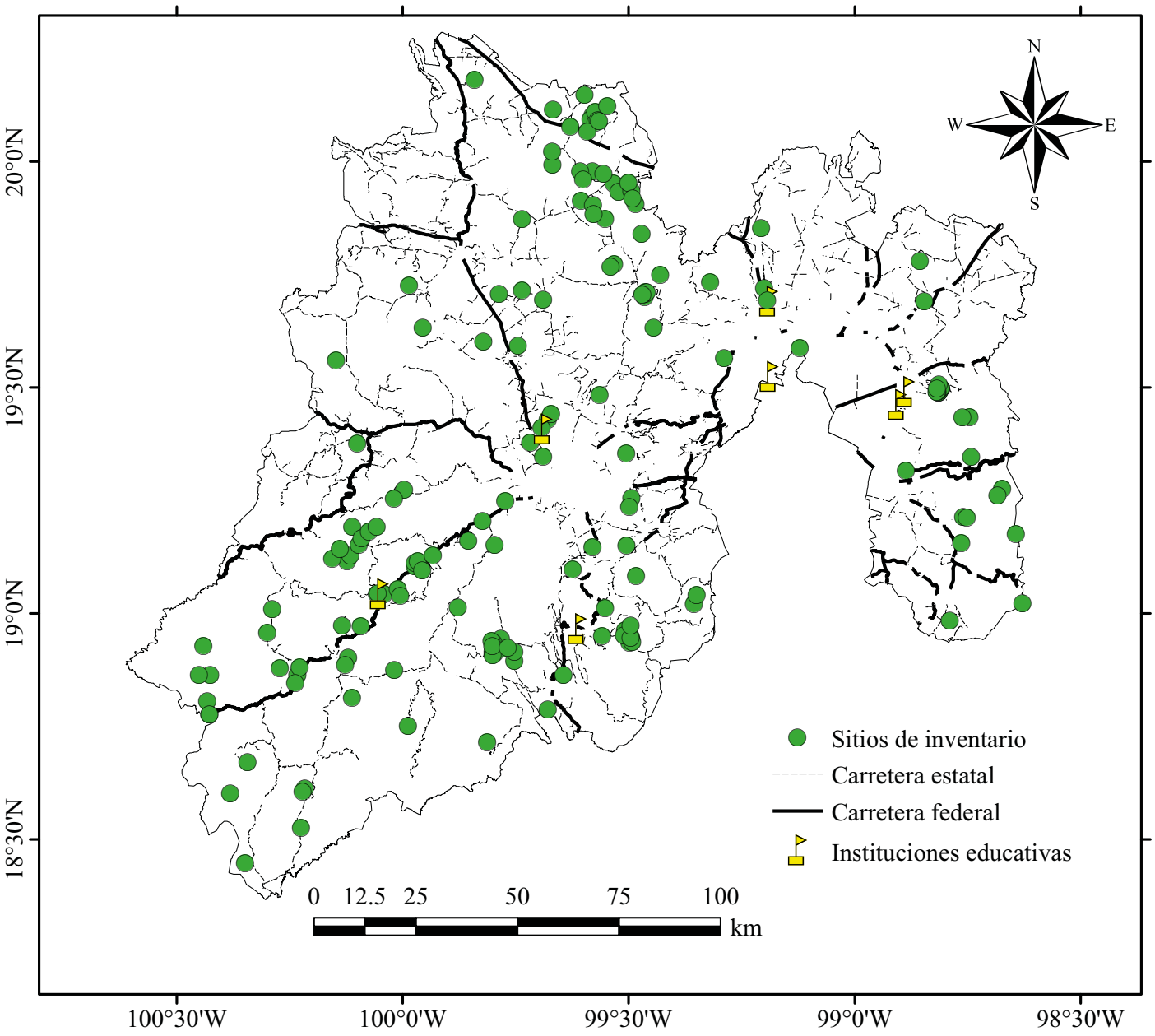


Figura 4: Sitios de exploración botánica en el Estado de México.

de género (Alcántara-Alameda, 2006). Lo anterior marca la necesidad de profundizar en el estudio taxonómico de estas familias.

La información disponible en la literatura no publicada (gris) complementa la que se presenta en la literatura publicada y fácilmente consultable. Una importante cantidad de especies (209) está documentada exclusivamente a partir de tesis de licenciatura y posgrado.

La mayor exploración botánica se ha realizado en zonas adyacentes a vías de comunicación e instituciones importantes. Lo anterior puede explicarse en parte por la facilidad de acceso a estas áreas geográficas (González-Tamayo, 2000; Llorente-Bousquets y Ocegueda, 2008).

El índice de diversidad de Squeo et al. (1998) reflejó que las zonas con mayor área de exploración botánica no necesariamente presentan una considerable cantidad de

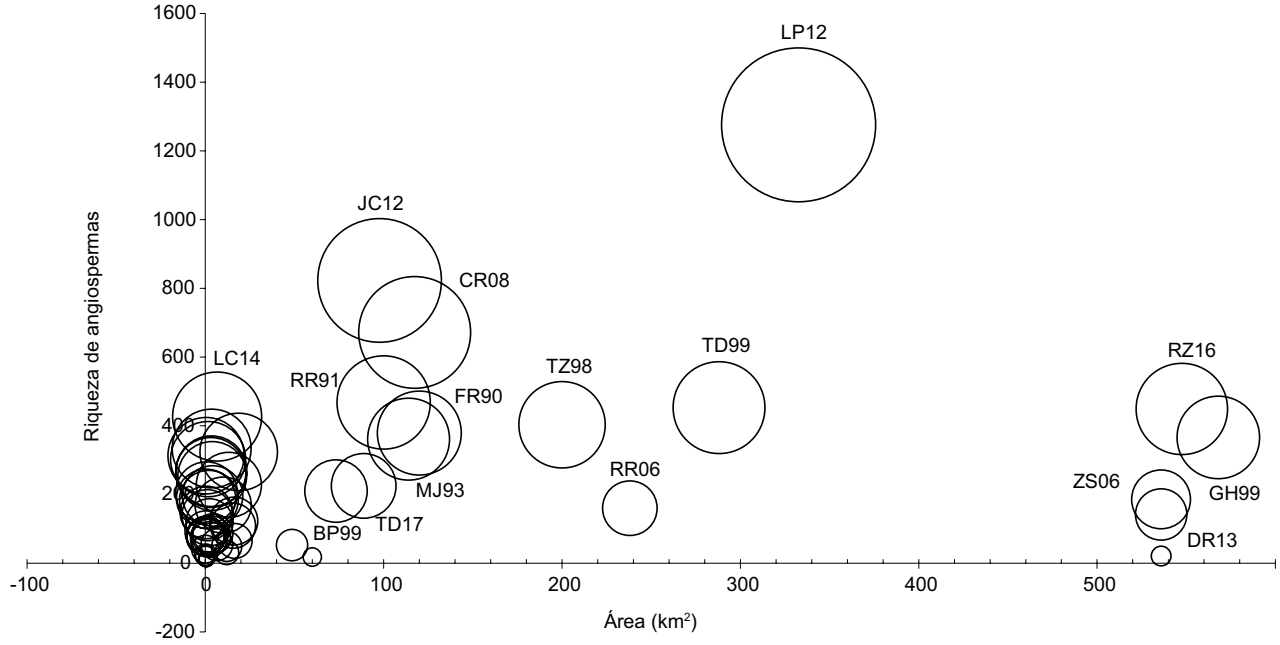


Figura 5: Riqueza de angiospermas por área de estudio en los inventarios florísticos del Estado de México. FR90: Fragoso-Ramírez (1990), RR91: Romero-Rangel y Rojas-Zenteno (1991), MJ93: Miranda-Jiménez y González-Ortiz (1993), TZ98: Torres-Zúñiga y Tejero (1998), BP99: Bernal-Pedreira (1999), GH99: García-Hernández (1999), TD99: Tejero-Díez y Castilla-Hernández (1999), RR06: Romero-Romero (2006), ZS06: Zúñiga-Soto (2006), CR08: Castañeda-Robles (2008), JC12: Jiménez-Cruz (2012), LP12: López-Patiño et al. (2012), DR13: Díaz-Roldán (2013), LC14: Luna-Céspedes (2014), RZ16: Rojas-Zenteno et al. (2016) y TD17: Trejo-Díaz y Tejero-Díez (2017).

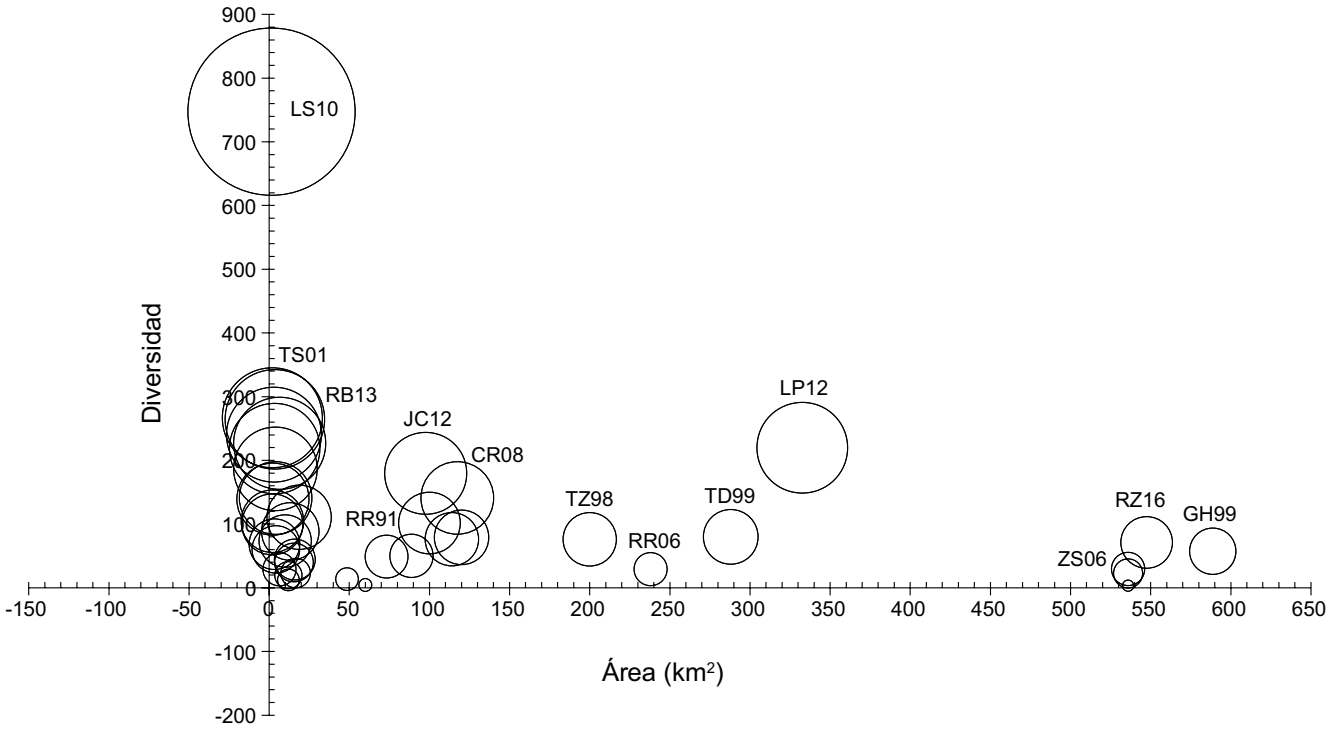


Figura 6: Diversidad de angiospermas en los inventarios florísticos del Estado de México. Índice de diversidad (ID)=especies/logaritmo natural del área en kilómetros cuadrados. RR91: Romero-Rangel y Rojas-Zenteno (1991), TZ98: Torres-Zúñiga y Tejero (1998), GH99: García-Hernández (1999), TD99: Tejero-Díez y Castilla-Hernández (1999), TS01: Torres-Soria (2001), RR06: Romero-Romero (2006), ZS06: Zúñiga-Soto (2006), CR08: Castañeda-Robles (2008), LS10: López-Sandoval et al. (2010), JC12: Jiménez-Cruz (2012), LP12: López-Patiño et al. (2012), RB13: Rodríguez-Barquet y Rodríguez-Sánchez (2013) y RZ16: Rojas-Zenteno et al. (2016).

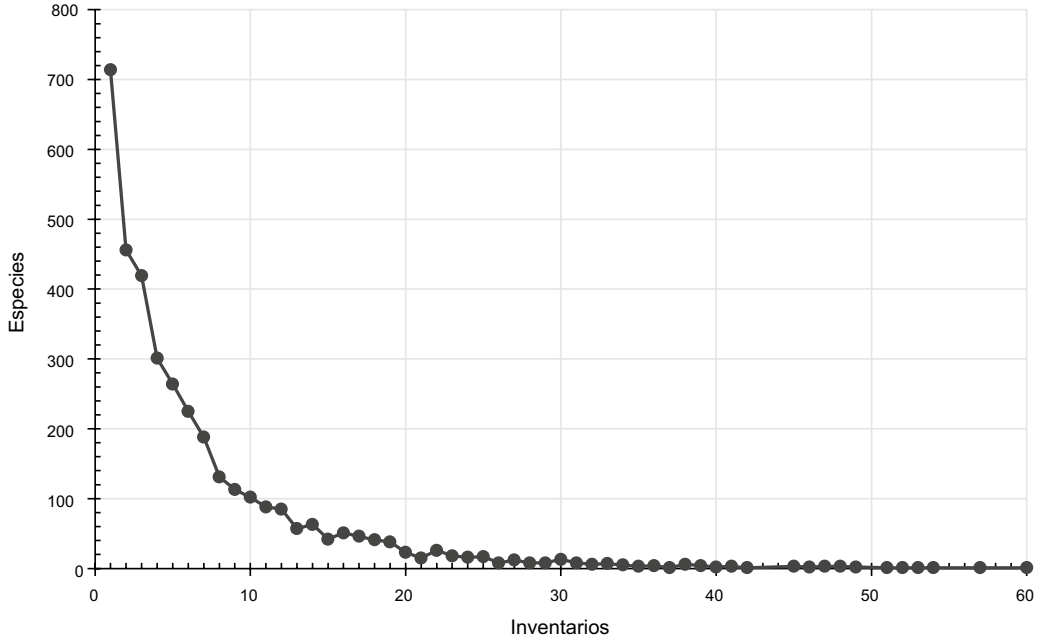


Figura 7: Frecuencia de angiospermas en los inventarios florísticos del Estado de México.

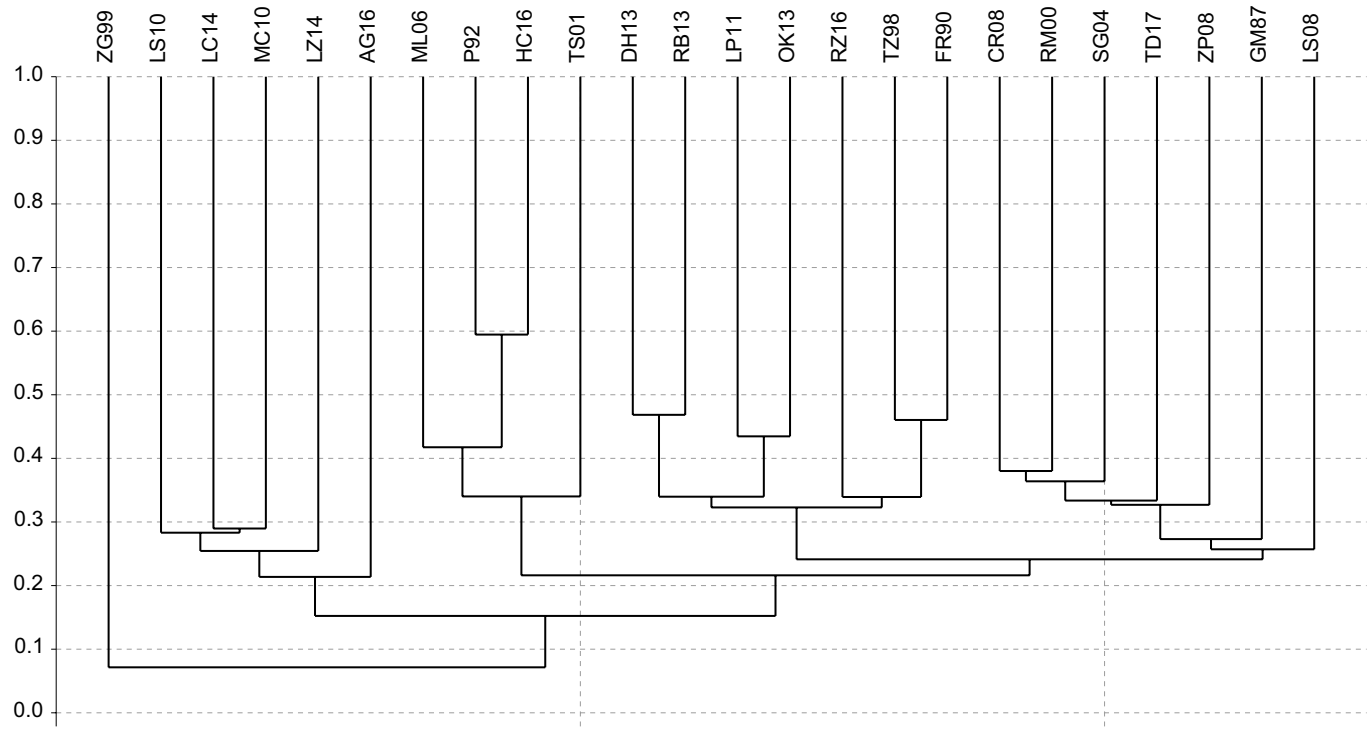


Figura 8: Similitudes florísticas entre los inventarios llevados a cabo en el Estado de México. Coeficiente de similitud utilizado: S**ø**rensen-Dice; método de agrupamiento: UPGMA. GM87: González-Martínez y Rodríguez-Zaragoza (1987), FR90: Fragoso-Ramírez (1990), P92: Pulido y Koch (1992), TZ98: Torres-Zúñiga y Tejero (1998), ZG99: Zepeda-Gómez y Velázquez-Montes (1999), RM00: Rivas-Manzano y Vibrans (2000), TS01: Torres-Soria (2001), SG04: Sánchez-González (2004), ML06: Medina-Lemus y Tejero-Díez (2006), CR08: Castañeda-Robles (2008), LS08: López-Sandoval et al. (2008), ZP08: Zepeda-Peña (2008), LS10: López-Sandoval et al. (2010), MC10: Martínez-De La Cruz (2010), LP11: López-Pérez et al. (2011), DH13: Dorantes-Hernández y Piña-Dorantes (2013), OK13: Ochoa-Kato (2013), RB13: Rodríguez-Barquet y Rodríguez-Sánchez (2013), LC14: Luna-Céspedes (2014), LZ14: López-Zamora (2014), AG16: Aguilera-Gómez et al. (2016), HC16: Hernández-Cruz et al. (2016), RZ16: Rojas-Zenteno et al. (2016) y TD17: Trejo-Díaz y Tejero-Díez (2017).

angiospermas por unidad de superficie. Lo anterior puede estar relacionado a que una exploración botánica en zonas pequeñas facilita una revisión a detalle, a diferencia de extensiones grandes, donde generalmente se muestrean sitios puntuales. Aunado a esto, espacios con topografía accidentada favorecen la presencia de microclimas que propician el desarrollo de alto número de plantas con flores (López-Sandoval et al., 2010).

Es necesario continuar el inventario de las plantas con flores, debido a que las exploraciones botánicas no se han realizado de forma uniforme y aún faltan regiones del estado por recolectar. Entre ellas destaca la cuenca alta del río Lerma, que posee una importante riqueza florística, gracias a la variedad de altitudes (3000-4680 m), las cuales originan microclimas que favorecen la diversidad en la zona. Aquí también existen fallas geológicas (Perales, Pastores o Toxi y Acambay), que constituyen zonas de importancia histórica y favorecen el endemismo biológico (SEMARNAT, 2010).

Existen altos niveles de similitud florística entre los inventarios desarrollados en sitios con bosque húmedo (mesófilo) de montaña (FR90: Fragoso-Ramírez, 1990; TZ98: Torres-Zúñiga y Tejero, 1998; LP11: López-Pérez et al., 2011; DH13: Dorantes-Hernández y Piña-Dorantes, 2013; OK13: Ochoa-Kato, 2013; RB13: Rodríguez-Barquet y Rodríguez-Sánchez, 2013; RZ16: Rojas-Zenteno et al., 2016) ubicados a partir de la zona de transición entre el clima templado y cálido, donde prevalecen elevadas condiciones de humedad, que permiten el desarrollo de especies propias de este tipo de vegetación. Los inventarios de la zona sur y suroeste de la entidad se agruparon seguramente por su afinidad ecológica, ya que se llevaron a cabo en sitios con bosque tropical caducifolio (LS10: López-Sandoval et al., 2010; MC10: Martínez-De La Cruz, 2010; LZ14: López-Zamora, 2014; LC14: Luna-Céspedes, 2014), y la presencia del bosque templado en la mayor parte del territorio mexiquense influyó en la agrupación de aquellos realizados en el norte del estado y en la cuenca alta del río Lerma (GM87: González-Martínez y Rodríguez-Zaragoza, 1987; LS08: López-Sandoval et al., 2008; ZP08: Zepeda-Peña, 2008; TD17: Trejo-Díaz y Tejero-Díez, 2017) y en la Zona Metropolitana del Valle Cuautitlán-Texcoco (P92: Pulido y Koch, 1992; TS01: Torres-Soria, 2001; ML06: Medina-Lemus y Tejero-Díez, 2006; HC16: Hernández-Cruz et al., 2016).

La información sobre la riqueza de angiospermas, acumulada hasta la fecha en la literatura consultada, resulta fundamental para determinar posteriormente la distribución geográfica de las especies en los municipios del Estado de México. Además, permite adicionar información sobre endemismo, usos (actuales y potenciales) de las plantas y establecer programas de conservación de los recursos naturales. El Estado de México es una entidad con importancia florística por la alta riqueza de angiospermas, la presencia de endemismos, así como por el número de especies no endémicas pero exclusivas del territorio mexiquense. Como sugieren Suárez-Mota y Villaseñor (2011) para Oaxaca, el Estado de México es también una región irremplazable y las estrategias orientadas a la conservación de su diversidad biológica necesitan considerar en primera instancia a las zonas con endemismos y los sitios con especies raras, pues son grupos prioritarios para la conservación, debido a su vulnerabilidad a la extinción. Muchas de esas zonas tienen alguna referencia bibliográfica (publicada o no), que destaca su valor científico, cultural y biológico.

Contribución de autores

IMC y JLV concibieron, diseñaron el estudio e integraron la base de datos de las angiospermas. IMC, LAG y MRA contribuyeron en la recopilación de literatura florística-taxonómica para integrar la base de datos. JLV orientó el análisis. IMC realizó el análisis de datos. IMC redactó el manuscrito en colaboración con MRA y LAG. Todos los autores contribuyeron en la revisión y aprobación del manuscrito final.

Financiamiento

Este estudio fue apoyado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) con la beca (211499) otorgada a la primera autora para realizar estudios de posgrado, y por la Universidad Autónoma del Estado de México, mediante el proyecto de investigación 3765/2014/CID.

Agradecimientos

A Maricela Rodríguez Acosta y Allen James Coombes por las observaciones emitidas en la integración de la lista de angiospermas. A Ricardo Vega Muñoz por facilitar la consulta de literatura florística-taxonómica en el Herbario-Hortorio (CHAPA) del Colegio de Postgraduados. A Mario Nava Reyes del Instituto Nacional de Estadística y Geografía por la asesoría en el programa Mapa Digital de México. A Irma Victoria Rivas Manzano y Miguel García Ortiz por el apoyo constante. A los revisores anónimos por los comentarios y sugerencias al manuscrito.

Literatura citada

Aguilera-Gómez, L. I., I. V. Rivas-Manzano, I. Martínez-De La Cruz y C. J. Aguilar-Ortigoza. 2016. El bosque tropical subcaducifolio en dos cañadas de Tlatlaya, Estado de México. Polibotánica 41: 1-29. DOI: https://dx.doi.org/10.18387/polibotanica.41.1

Alcántara-Alameda, D. 2006. Base de datos de pteridofitas, gimnospermas y angiospermas del Estado de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, Estado de México, México. 165 pp.

APG IV. 2016. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. Botanical Journal of the Linnean Society 181(1): 1-20. DOI: https://doi.org/10.1111/boj.12385

Badii, M. H., J. Landeros y E. Cerna. 2008. Patrones de asociación de especies y sustentabilidad. Daena: International Journal of Good Conscience 3(1): 632-660.

Bernal-Pedreira, M. de los A. A. 1999. Guía ilustrada de la Sierra de Guadalupe. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Tlalnepantla, Estado de México, México. 254 pp.

Calderón de Rzedowski, G. y J. Rzedowski (eds.). 2005. Flora Fanerogámica del Valle de México. Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, México. 1406 pp.

Castañeda-Robles, J. 2008. Estudio florístico del Cerro de Zempoala y zonas aledañas, municipio de Ocuilan, Edo. de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Tlalnepantla, Estado de México, México. 37 pp.

Díaz-Roldán, A. V. 2013. Diagnósis de la vegetación y flora del Parque Nacional Nevado de Toluca (Estado de México, México) y propuesta para su gestoría. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Tlalnepantla, Estado de México, México. 71 pp.

Diego-Pérez, N. y R. M. Fonseca (eds.). 1995-2014. Flora de Guerrero. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. 1208 pp.

Dorantes-Hernández, F. e I. V. Piña-Dorantes. 2013. Estudio del ecotono del bosque de encino y tropical caducifolio en la cuenca del río Tlapala, Coatepec Harinas, Estado de México, México. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Tlalnepantla, Estado de México, México. 107 pp.

Espejo-Serna, A. 2012. El endemismo en las Liliopsida mexicanas. Acta Botanica Mexicana 100: 195-257. DOI: https://dx.doi.org/10.21829/abm100.2012.36

Espejo-Serna, A. y A. R. López-Ferrari. 2004. Checklist of Mexican Bromeliaceae with notes on species distribution and levels of endemism. Selbyana 25(1): 33-86.

Espinosa-García, F. J. 2000. Malezas introducidas en México, proyecto No. U024. Centro de Investigaciones en Ecosistemas, Universidad Nacional Autónoma de México. Informe final Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB)-Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México, D.F., México.

ESRI. 2013. ArcGIS Desktop 10.2. Environmental Systems Research Institute. Redlands, USA.

Fragoso-Ramírez, R. 1990. Estudio florístico en la parte alta de la Sierra de Zacualpan, Estado de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Tlalnepantla, Estado de México, México. 69 pp.

Galicia-Miranda, M. V. 1992. Listado florístico del Estado de México y regiones circundantes (de los estados de Hidalgo,

Querétaro y Distrito Federal) basado en las colecciones de Eizi Matuda. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. 207 pp.

García-Hernández, A. R. 1999. Inventario florístico del municipio de Jilotepec, Estado de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Tlalnepantla, Estado de México, México. 105 pp.

García-Mendoza, A. J. y J. A. Meave (eds.). 2012. Diversidad florística de Oaxaca: de musgos a angiospermas (colecciones y lista de especies). Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)-Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)-Instituto Estatal de Ecología y Desarrollo Sustentable. Cd. Mx., México. 351 pp.

Garduño-Solórzano, G., R. López-Cano, D. A. Monterrubio-Pasapera y A. de La Rosa-Segura. 2009. Sinopsis de la flora. In: Ceballos, G., R. List, G. Garduño, R. López-Cano, M. J. Muñozcano, E. Collado y J. E. San Román (comps.). La diversidad biológica del Estado de México. Estudio de Estado. Gobierno del Estado de México. Toluca, México. Pp. 261-274.

González-Martínez, F. y S. Rodríguez-Zaragoza. 1987. Estado actual de la vegetación de un área de bosque de encino-pino en Villa del Carbón, Estado de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Tlalnepantla, Estado de México, México. 91 pp.

González-Tamayo, R. 2000. Una especie nueva de *Malaxis* (Orchidaceae) del Estado de México. Boletín del Instituto de Botánica de la Universidad de Guadalajara 8(1-2): 175-179.

Google Inc. 2009. Google Earth. Version 6.2. (Software). http://www.google.com/earth/ (consultado junio de 2017).

Hammer, Ø., D. A. T. Harper y P. D. Ryan. 2001. PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis. Paleontologia Electronica 4(1): 1-9.

Hernández-Cruz, M. J., S. D. Koch-Olt, M. T. P. Pulido-Salas, M. Luna-Cavazos y E. García-Villanueva. 2016. Estudio florístico del cerro Metecatl, del complejo montañoso Tetzcutzingo, Texcoco, Estado de México, México. Botanical Sciences 94(2): 377-392. DOI: https://dx.doi.org/10.17129/botsci.240

Ibarra-Manríquez, G., J. L. Villaseñor y R. Durán-García. 1995. Riqueza de especies y endemismo del componente arbóreo de la Península de Yucatán, México. Boletín de la Sociedad Botánica de México 57: 49-77.

INEGI. 2001. Síntesis de Información Geográfica del Estado de México, nomenclátor y anexo cartográfico. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes, México.

INEGI. 2011. Perspectiva estadística: México. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México, D.F., México.

INEGI. 2013. Sistema para la Consulta de Información Censal (SCINCE Versión 05/2012). http://www.inegi.org.mx/est/scince/scince2010.aspx (consultado mayo de 2017).

INEGI. 2016a. Anuario estadístico y geográfico de México. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, México.

INEGI. 2016b. Anuario estadístico y geográfico de los Estados Unidos Mexicanos. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, México.

INEGI. 2017. Mapa Digital de México. Versión 6.3.0. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, México. http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/mapadigital/ (consultado mayo de 2017).

IPNI. 2016. The International Plant Name Index. Publicado en internet http://www.ipni.org (consultado mayo de 2016).

Jiménez-Cruz, A. 2012. Estudio florístico del parque estatal Sierra de Tepotzotlán, Estado de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Tlalnepantla, Estado de México, México. 103 pp.

Llorente-Bousquets, J. y S. Ocegueda. 2008. Estado del conocimiento de la biota. In: Ocegueda, S. y J. Llorente-Bousquets (coords.). Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México, D.F., México. Pp. 283-322.

López-Cano, R., G. Becerril-Zepeda, C. Benítez y S. Cuevas-Solórzano. 2009. El medio físico, biológico y social. In:

Ceballos, G., R. List, G. Garduño, R. López-Cano, M. J. Muñozcano, E. Collado y J. E. San Román (comps.). La diversidad biológica del Estado de México. Estudio de Estado. Gobierno del Estado de México. Toluca, México. Pp. 49-61.

López-Patiño, E. J., D. R. Szeszko, J. Rescala-Pérez y A. S. Beltrán-Retis. 2012. The flora of the Tenancingo-Malinalco-Zumpahuacán protected natural area, State of Mexico, Mexico. Harvard Papers in Botany 17(1): 65-167. DOI: https://doi.org/10.3100/025.017.0113

López-Pérez, Y., J. D. Tejero-Díez, A. N. Torres-Díaz e I. Luna-Vega. 2011. Flora del bosque mesófilo de montaña y vegetación adyacente en Avándaro, Valle de Bravo, Estado de México, México. Boletín de la Sociedad Botánica de México 88: 35-53. DOI: https://dx.doi.org/10.17129/botsci.304

López-Sandoval, J. A., J. I. Valdez-Mercado, L. M. Vázquez-García, E. J. Morales-Rosales y A. Domínguez-López. 2008. Listado florístico preliminar del Cerro de Jocotitlán, Estado de México. Ciencias Agrícolas Informa 17: 28-42.

López-Sandoval, J. A., S. D. Koch, L. M. Vázquez-García, G. Munguía-Lino y E. J. Morales-Rosales. 2010. Estudio florístico de la parte central de la barranca Nenetzingo, municipio de Ixtapan de la Sal, Estado de México. Polibotánica 30: 9-33.

López-Zamora, O. 2014. Composición florística y estructura de la vegetación en dos cañadas de recarga hídrica en Malinalco, Estado de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, Estado de México, México. 121 pp.

Luna-Céspedes, R. 2014. Flora de las barrancas de Tonatico, Estado de México, México. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Tlalnepantla, Estado de México, México. 111 pp.

Martínez, M. y E. Matuda. 1979. Flora del Estado de México. Tomos I, II y III. Edición fascimilar de los fascículos publicados en los años de 1953 a 1972. Biblioteca Enciclopédica del Estado de México. México, D.F., México. 1547 pp.

Martínez-De La Cruz, I. 2010. La flora y vegetación ruderal de Malinalco, Estado de México. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Texcoco, Estado de México, México. 149 pp.

Medina-Lemus, J. G. y J. D. Tejero-Díez. 2006. Flora y vegetación del parque estatal Atizapán-Valle Escondido. Estado de México, México. Polibotánica 21: 1-43.

Miranda-Jiménez, M. E. y M. A. González-Ortiz. 1993. Estudio de la vegetación y florística de la mesa basáltica de Holotepec, distrito de Tenango del Valle, Estado de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Tlalnepantla, Estado de México, México. 74 pp.

Neyra-Jáuregui, J. 2012. Altas montañas mexiquenses. Historia natural, turismo y conservación. Consejo Editorial de la Administración Pública Estatal (CEAPE). Toluca, México. 247 pp.

Ochoa-Kato, K. Y. 2013. Flora y estructura de los bosques en "Rancho Cerro Gordo", municipio de Valle de Bravo, Estado de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Tlalnepantla, Estado de México, México. 88 pp.

POEM. 2009. Decreto número 14 por el que se aprueba la declaratoria de Zona Metropolitana del Valle de Cuautitlán-Texcoco. Periódico Oficial "Gaceta del Gobierno" del Estado de México. Toluca de Lerdo, México. 19 de noviembre de 2009. Tomo CLXXXVIII, número 99. Pp. 14-19. http://legislacion.edomex.gob.mx/sites/legislacion.edomex.gob.mx/files/files/pdf/gct/2009/nov193.PDF

POEM. 2016. Decreto número 159 por el que se aprueba la declaratoria de Zona Metropolitana de Santiago Tianguistenco. Periódico Oficial "Gaceta del Gobierno" del Estado de México. Toluca de Lerdo, México. 25 de noviembre de 2016. Tomo CCII, número 103. 8 pp. http://legislacion.edomex.gob.mx/sites/legislacion.edomex.gob.mx/files/files/pdf/gct/2016/nov255.pdf

Pulido, M. T. P. y S. D. Koch. 1992. Guía ilustrada de las plantas del Cerro Tetzcutzingo, especies comunes en el Valle de México. Universidad Nacional Autónoma de México Cuadernos del Instituto de Biología 17: 1-245.

Pulido-Esparza, V. A., A. Espejo-Serna y A. R. López-Ferrari. 2009. Las monocotiledóneas nativas del corredor biológico Chichinautzin. Acta Botanica Mexicana 86: 9-38. DOI: https://dx.doi.org/10.21829/abm86.2009.1076

Rivas-Manzano, I. V. y H. Vibrans. 2000. Composición florística de la Unidad de San Cayetano, Villa de Allende, asociada a sitios con distinto tipo de perturbación. Informe Académico de Investigación. Clave: 1383/99. Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, Estado de México, México.

Rodríguez-Barquet, L. E. y P. V. Rodríguez-Sánchez. 2013. Estudio del bosque templado húmedo en la cuenca del río Las Flores, Coatepec Harinas, Estado de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Tlalnepantla, Estado de México, México. 98 pp.

Rojas-Zenteno, E. C., M. Orozco-Villa, S. Romero-Rangel y R. Montoya-Ayala. 2016. Vegetación y flora del municipio de Temascaltepec, Estado de México, México. Polibotánica 42: 43-89. DOI: https://dx.doi.org/10.18387/polibotanica.42.3

Romero-Rangel, S. y E. C. Rojas-Zenteno. 1991. Estudio florístico de la región de Huehuetoca, Estado de México. Acta Botanica Mexicana 14: 33-57. DOI: https://dx.doi.org/10.21829/abm14.1991.613

Romero-Romero, F. 2006. Diversidad biológica, remanentes de vegetación natural y conservación de la cañada de Encinillas en Polotitlán, Estado de México. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. 128 pp.

Roskov, Y., L. Abucay, T. Orrell, D. Nicolson, N. Bailly, P. M. Kirk, T. Bourgoin, R. E. DeWalt, W. Decock, A. De Wever (eds.). 2016. Species 2000 & ITIS Catalogue of Life, 2016 Annual Checklist. Naturalis Biodiversity Center. Leiden, Netherlands. http://www.catalogueoflife.org/annual-checklist/2016 (consultado mayo de 2016).

Ruiz-Jiménez, C. A., O. Téllez-Valdés e I. Luna-Vega. 2012. Clasificación de los bosques mesófilos de montaña de México: afinidades de la flora. Revista Mexicana de Biodiversidad 83(4): 1110-1144.

Rzedowski, J. y G. Calderón de Rzedowski (eds.). 1991-2014. Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Instituto de Ecología, A.C., Centro Regional del Bajío. Pátzcuaro, México.

Sánchez-González, A. 2004. Análisis sinecológico, florístico y biogeográfico de la vegetación del norte de la Sierra Nevada, México. Tesis de doctorado. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Texcoco, Estado de México, México. 153 pp.

SEMARNAT. 2010. Inventarios florísticos y faunísticos de la cuenca alta del río Lerma. Plan maestro para la restauración ambiental de la cuenca alta del río Lerma. Secretaría del Medio Ambiente, Gobierno del Estado de México, Universidad Autónoma Chapingo. Toluca, México. 214 pp.

Sotelo-Ruíz, E. D., A. González-Hernández, G. Cruz-Bello, F. Moreno-Sánchez y G. Cruz-Cárdenas. 2011. Los suelos del Estado de México y su actualización a la base referencial mundial del recurso suelo 2006. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 2(8): 71-84.

Squeo, F. A., L. A. Cavieres, G. Arancio, J. E. Novoa, O. Matthei, C. Marticorena, R. Rodríguez, M. T. K. Arroyo y M. Muñoz. 1998. Biodiversidad de la flora vascular en la Región de Antofagasta, Chile. Revista Chilena de Historia Natural 71: 571-591.

Suárez-Mota, M. E. y J. L. Villaseñor. 2011. Las compuestas endémicas de Oaxaca, México: diversidad y distribución. Boletín de la Sociedad Botánica de México 88: 55-66. DOI: https://dx.doi.org/10.17129/botsci.308

Tejero-Díez, J. D. y M. E. Castilla-Hernández. 1999. Un método para el estudio del entorno ecológico en las primeras civilizaciones en Mesoamérica. Teotihuacán, un ejemplo. In: González-Jácome, A. y S. del Amo-Rodríguez (comps.). Agricultura y sociedad en México; diversidad, enfoques, estudios de caso. Plaza Valdés, Gestión de Ecosistemas A.C. y Universidad Iberoamericana. México, D.F., México. Pp. 33-60.

Tejero-Díez, J. D. y Ma. de la L. Arreguín-Sánchez. 2004. Lista con anotaciones de los pteridófitos del Estado de México, México. Acta Botanica Mexicana 69: 1-82. DOI: https://dx.doi.org/10.21829/abm69.2004.981

The Plant List. 2013. Version 1.1. http://www.theplantlist.org (consultado mayo de 2016).

Torres-Soria, P. 2001. Flora fanerogámica de la zona arqueológica de Teotihuacán, Estado de México. Polibotánica 12: 57-83.

Torres-Zúñiga, Ma. M. y J. D. Tejero. 1998. Flora y vegetación de la Sierra de Sultepec, Estado de México. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica 69(2): 135-174.

Trejo-Díaz, C. C. y J. D. Tejero-Díez. 2017. Flora de plantas vasculares en la Sierra de las Ánimas, Chapa de Mota, Estado de México, México. Polibotánica 43: 1-35. DOI: https://dx.doi.org/10.18387/polibotanica.43.1

TROPICOS. 2016. Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. http://www.tropicos.org (consultado mayo de 2016).

Villaseñor, J. L. 2003. Diversidad y distribución de las Magnoliophyta de México. Interciencia 28(3): 160-167.

Villaseñor, J. L. 2010. El bosque húmedo de montaña en México y sus plantas vasculares: catálogo florístico taxonómico. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)-Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Cd. Mx., México. 38 pp.

Villaseñor, J. L. 2016. Checklist of the native vascular plants of México. Revista Mexicana de Biodiversidad 87(3): 559-902. DOI: https://dx.doi.org/10.1016/j.rmb.2016.06.017

Villaseñor, J. L. y E. Ortiz. 2014. Biodiversidad de las plantas con flores (División Magnoliophyta) en México. Revista Mexicana de Biodiversidad 85(Suppl.): 134-142. DOI: https://dx.doi.org/10.7550/rmb.31987

Villaseñor, J. L. y F. J. Espinosa-García. 2004. The alien flowering plants of Mexico. Diversity and Distributions 10(2): 113-123. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1366-9516.2004.00059.x

Villaseñor, J. L., E. Ortiz, O. Hinojosa-Espinosa y G. Segura-Hernández. 2013. Especies de la familia Asteraceae exóticas a la flora de México. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA)/Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA)/Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario (CONACOFI)/Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)/Sociedad Mexicana de Ciencia de la Maleza (SOMECIMA). México, D.F, México. 159 pp.

WCSP. 2012. World Checklist of Selected Plant Families. Royal Botanic Gardens, Kew. Kew, UK. http://apps.kew.org/wcsp/home.do (consultado mayo de 2016).

Zepeda-Gómez, C. y E. Velázquez-Montes. 1999. El bosque tropical caducifolio de la vertiente sur de la Sierra de Nanchititla, Estado de México: la composición y la afinidad geográfica de su flora. Acta Botanica Mexicana 46: 29-55. DOI: https://dx.doi.org/10.21829/abm46.1999.815

Zepeda-Peña, N. A. 2008. Flora de San Pedro Arriba, Temoaya, Estado de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, Estado de México, México. 250 pp.

Zúñiga-Soto, S. N. 2006. Diagnóstico del estudio de la vegetación en el Parque Nacional Nevado de Toluca, Estado de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. 65 pp.

Apéndice 1: Literatura gris incluida en la base de datos de las angiospermas del Estado de México.

Adame-Cisneros, J. 1993. Sucesión de arvenses en alfalfares de distintas edades en un rancho lechero en Ixtapaluca, Estado de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. 111 pp.

Albarrán-Mondragón, F. J. 2009. Estudio florístico de los huertos familiares de la parte sur de Malinalco, Estado de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, Estado de México, México. 84 pp.

Alcántara-Alameda, D. 2006. Base de datos de pteridofitas, gimnospermas y angiospermas del Estado de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, Estado de México, México. 165 pp.

Alcántara-Galindo, A. E. 2009. Flora útil de Temoaya, Estado de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Tlalnepantla, Estado de México, México. 119 pp.

Alvarado-Moreno, C. 2002. Taxonomía del género *Cosmos* (Asteraceae, Heliantheae) en el Estado de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, Estado de México, México. 175 pp.

Bautista-Álvarez, I. 2009. Evaluación de la diversidad de semillas de los sedimentos de la zona inundada de San Pedro Cholula, Estado de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, Estado de México, México. 79 pp.

Bernal-Pedreira, M. de los A. A. 1999. Guía ilustrada de la Sierra de Guadalupe. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Tlalnepantla, Estado de México, México. 254 pp.

Bolaños-Medina, A. 1996. Los agostaderos forestales del occidente del Estado de México. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Texcoco, Estado de México, México. 181 pp.

Carbajal-Esquivel, H. y J. Mondragón-Pichardo. 2000. Diversidad y etnobotánica de la vegetación arvense en la comunidad Mazahua San Pablo Tlalchichilpa, municipio de San Felipe del Progreso, Estado de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, Estado de México, México. 104 pp.

Castañeda-Robles, J. 2008. Estudio florístico del cerro de Zempoala y zonas aledañas, municipio de Ocuilan, Edo. de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Tlalnepantla, Estado de México, México. 37 pp.

Castillejos-Cruz, C. 2009. Sistemática del género *Manfreda* Salisb. (Agavaceae). Tesis de doctorado. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Texcoco, Estado de México, México. 331 pp.

Castro-Luna, M. 2013. Registro de la riqueza herbácea y arbustiva en el bosque de *Abies religiosa* de la zona de amortiguamiento del parque nacional Izta-Popo y el parque nacional Zoquiapan. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. 179 pp.

Cazares-Mena, A. 1994. Catálogo de plantas medicinales del Estado de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Tlalnepantla, Estado de México, México. 198 pp.

Chávez-Mejía, M. C. 1993. Etnobotánica de San Jerónimo Bonchete. Una comunidad campesina de San Felipe del Progreso, México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, Estado de México, México. 139 pp.

Díaz-Roldán, A. V. 2013. Diagnósis de la vegetación y flora del Parque Nacional Nevado de Toluca (Estado de México, México) y propuesta para su gestoría. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Tlalnepantla, Estado de México, México. 71 pp.

Dorantes-Hernández, F. I. y V. Piña-Dorantes. 2013. Estudio del ecotono del bosque de encino y tropical caducifolio en la cuenca del río Tlapala, Coatepec Harinas, Estado de México, México. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Tlalnepantla, Estado de México, México. 107 pp.

Espejo-Serna, M. A. 2003. Sistemática del complejo de especies de *Tillandsia plumosa* Baker (Tillandsioideae: Bromeliaceae).

Apéndice 1: Continuación.

Tesis de doctorado. Universidad Autónoma Metropolitana. México, D.F., México. 113 pp.

Esquivel-Romero, E. A. 1989. Contribución al conocimiento de la flora medicinal del poblado de Santa Catarina del Monte, municipio de Texcoco, Estado de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Tlalnepantla, Estado de México, México. 132 pp.

Estrada-Hernández, M. V. 2011. Flora acuática de Almoloya de Juárez, Ixtlahuaca, Toluca y Villa Victoria, Estado de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, Estado de México, México. 113 pp.

Estrada-Martínez, E. 1996. Etnobotánica forestal en Santa Isabel Chalma, Amecameca, México. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Texcoco, Estado de México, México. 270 pp.

Figueroa-Solano, M. E. 2000. Uso agroecológico, actual y potencial de especies arbóreas en una selva baja caducifolia perturbada del suroeste del Estado de México. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Texcoco, Estado de México, México. 120 pp.

Flores-Consuelo, A. M. S. 2004. Etnobotánica de un bosque de pino-encino en La Era, San Pablo Tlalchichilpa, municipio de San Felipe del Progreso, Estado de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, Estado de México, México. 135 pp.

Flores-Cruz, M. 1998. Flora genérica de la familia Bromeliaceae en el Estado de México. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. 188 pp.

Fragoso-Ramírez, R. 1990. Estudio florístico en la parte alta de la Sierra de Zacualpan, Estado de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Tlalnepantla, Estado de México, México. 69 pp.

Fuentes-Mayo, V. 2012. Atributos demográficos y biología reproductiva de *Coryphantha cornifera* y *Stenocactus anfractuosus* con fines de conservación. Tesis de doctorado. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Texcoco, Estado de México, México. 99 pp.

Galicia-Miranda, M. V. 1992. Listado florístico del Estado de México y regiones circundantes (de los estados de Hidalgo, Querétaro y Distrito Federal) basado en las colecciones de Eizi Matuda. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. 207 pp.

García-del Valle, L. G. 1999. Evaluación forestal del parque nacional Nevado de Toluca, Estado de México. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. 89 pp.

García-Gil, A. M. 1987. El género *Passiflora* en el Estado de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Tlalnepantla, Estado de México, México. 126 pp.

García-Guerrero, N. A. 2007. La familia Amaranthaceae en el Estado de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Tlalnepantla, Estado de México, México. 79 pp.

García-Hernández, A. R. 1999. Inventario florístico del municipio de Jilotepec, Estado de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Tlalnepantla, Estado de México, México. 105 pp.

García-Mendoza, A. J. 1999. Revisión taxonómica del género *Furcraea* (Agavaceae) en México y Guatemala, proyecto No. H111. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Informe final Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB)-Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México, D.F., México.

García-Ruiz, I. 1983. Contribución al conocimiento de los árboles y arbustos de Bejucos, Estado de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Tlalnepantla, Estado de México, México. 105 pp.

Gómez-Martínez, A. 2008. Monografía del género *Tagetes* spp. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, Estado de México, México. 151 pp.

González-Arias, V. 2015. Listado florístico de las Magnoliophyta del predio hacienda Tejalpa, municipio de Zinacantepec, Estado de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Agrícolas,

Apéndice 1: Continuación.

Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, Estado de México, México. 38 pp.

González-Martínez, F. y S. Rodríguez-Zaragoza. 1987. Estado actual de la vegetación de un área de bosque de encino-pino en Villa del Carbón, Estado de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Tlalnepantla, Estado de México, México. 91 pp.

González-Olivares, H. R. 2012. Orquídeas del parque universitario José Mariano Mociño, Temascaltepec, México, 2011. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, Estado de México, México. 62 pp.

Guizar-Nolazco, E. 1983. Estudio ecológico florístico de la vegetación del municipio de Tejupilco, Estado de México. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Estado de México, México. 146 pp.

Hernández-Reyes, M. 1985. Levantamiento florístico de plantas fanerogámicas en el rancho de la Facultad de Estudios Superiores (FES), Cuautitlán, Estado de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México.

Jiménez-Cruz, A. 2012. Estudio florístico del parque estatal Sierra de Tepotzotlán, Estado de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Tlalnepantla, Estado de México, México. 103 pp.

Jiménez-Flores, J. 1994. Plantas medicinales de San Juan Tepecoculco, municipio de Atlautla de Victoria, Estado de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. 320 pp.

Juárez-Medina, A. K. 2013. Diversidad alfa y beta de tres bosques mesófilos de montaña de México ubicados en diferentes provincias biogeográficas. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. 58 pp.

Limon-Boyce, A. E. 1980. Vegetación y lluvia de polen en el cerro Tetepetl, Estado de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. 89 pp.

López-Cruz, X. 2013. Estudio ecológico de los bosques de encino con *Quercus urbanii* Trel. y *Quercus crassipes* H. & B. (Fagaceae) en dos Áreas Naturales Protegidas del Estado de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Tlalnepantla, Estado de México, México. 203 pp.

López-Zamora, O. 2014. Composición florística y estructura de la vegetación en dos cañadas de recarga hídrica en Malinalco, Estado de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, Estado de México, México. 121 pp.

Lozano-Mascarua, G. I. 1996. Plantas medicinales utilizadas por los mazahuas del municipio de San Felipe del Progreso, Estado de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. 271 pp.

Luna-Céspedes, R. 2014. Flora de las barrancas de Tonatico, Estado de México, México. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Tlalnepantla, Estado de México, México. 111 pp.

Maldonado-Garcés, D. 2013. Flora útil y catálogo ilustrado de las especies encontradas en la comunidad de Coatepec Harinas, Estado de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Tlalnepantla, Estado de México, México. 258 pp.

Manrique-Forceck, E. A. 1988. Gramineae del distrito de Temascaltepec, Estado de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. 89 pp.

Martínez-De La Cruz, I. 2010. La flora y vegetación ruderal de Malinalco, Estado de México. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Texcoco, Estado de México, México. 149 pp.

Matías-González, B. 2009. Estudio etnobotánico de un grupo mazahua de Ixtlahuaca, Estado de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, Estado de México, México. 108 pp.

Mayorga-Ramos, A. y J. L. Vasquez-Nieto. 2000. Impacto del tlacolol sobre la diversidad florística en el sur del municipio de Zumpahuacán, Estado de México. Tesis de licenciatura.

Apéndice 1: Continuación.

Universidad Autónoma Chapingo. Toluca, Estado de México, México. 117 pp.

Mejía-Canales, A. 2014. Composición florística y estructura de la vegetación de un campo de cultivo abandonado en El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, Estado de México, México. 102 pp.

Miranda-Jiménez, M. E. y M. A. González-Ortiz. 1993. Estudio de la vegetación y florística de la mesa basáltica de Holotepec, distrito de Tenango del Valle, Estado de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Tlalnepantla, Estado de México, México. 74 pp.

Miranda-Uribe, A. 2008. Variación florística en los huertos familiares de San Nicolás, Malinalco, Estado de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, Estado de México, México. 70 pp.

Moreno-Ortega, J. 2003. Uso potencial de la flora existente en el ejido de Zepayautla, Tenancingo, México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, Estado de México, México. 297 pp.

Muñoz-Flores, A. M. 2009. Diagnóstico ambiental de la sub-cuenca de Otumba, Estado de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Tlalnepantla, Estado de México, México. 91 pp.

Nava-Bernal, J. H. 2008. Las orquídeas del municipio de Ocuilan de Arteaga, Estado de México. Tesis de licenciatura. Centro Universitario UAEM Tenancingo, Universidad Autónoma del Estado de México. Tenancingo, Estado de México. México. 126 pp.

Núñez-Reynoso, J. E. 1990. Estudio florístico de la vertiente oriental de la Sierra de Alcaparrosa, en el Estado de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Tlalnepantla, Estado de México, México. 122 pp.

Ochoa-Kato, K. Y. 2013. Flora y estructura de los bosques en "Rancho Cerro Gordo" municipio de Valle de Bravo, Estado de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Tlalnepantla, Estado de México, México. 88 pp.

Olivares-Castañeda, O. 2005. Catálogo florístico de especies vegetales de interés medicinal y aromático del parque botánico las orquídeas en Temascaltepec, Estado de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, Estado de México, México. 407 pp.

Otento-Hernández, L. y Y. Ávalos-Martínez. 1993. Contribución al conocimiento de la familia Cactaceae del noroeste del Estado de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Tlalnepantla, Estado de México, México. 140 pp.

Palacios-Carrillo, E. 1996. Localización, colecta y determinación taxonómica de especies vegetales silvestres de interés ornamental en los municipios de Temascaltepec y Zinacantepec. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, Estado de México, México. 201 pp.

Palafox-Bárcenas, P. 1999. Análisis de vegetación en el cerro Tetzcutzinco, San Nicolás Tlaminca, Texcoco, México. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Estado de México, México. 140 pp.

Ramírez-Cruz, B. 2009. Contribución al estudio ecológico de dos especies de encino *Quercus obtusata* Humb. & Bonpl. y *Quercus castanea* Née, en dos localidades del Estado de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Tlalnepantla, Estado de México, México. 91 pp.

Ramos-Ventura, L. J. 1999. Estudio de la flora y la vegetación acuáticas vasculares de la cuenca alta del río Lerma, en el Estado de México. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. 146 pp.

Rimarachín-Cabrera, I. 1997. Género y biodiversidad en una comunidad Otomí del Estado de México. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Texcoco, Estado de México, México. 212 pp.

Rivas-Manzano, I. V. y H. Vibrans. 2000. Composición florística de la Unidad de San Cayetano, Villa de Allende, asociada a sitios con distinto tipo de perturbación. Informe Académico de Investigación. Clave: 1383/99. Facultad de Ciencias,

Apéndice 1: Continuación.

Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, Estado de México, México.

Rodríguez-Barquet, L. E. y P. V. Rodríguez-Sánchez. 2013. Estudio del bosque templado húmedo en la cuenca del río Las Flores, Coatepec Harinas, Estado de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Tlalnepantla, Estado de México, México. 98 pp.

Rodríguez-Colorado, A. R. 2002. La familia Loranthaceae en el Estado de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Tlalnepantla, Estado de México, México. 102 pp.

Rodríguez-Olvera, M. 2001. Inventario y evaluación sanitaria del arbolado en Fundación Xochitla A.C. Tepotzotlán, Estado de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Tlalnepantla, Estado de México, México. 65 pp.

Romero-Romero, F. 2006. Diversidad biológica, remanentes de vegetación natural y conservación de la cañada de Encinillas en Polotitlán, Estado de México. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. 128 pp.

Sánchez-González, A. 2004. Análisis sinecológico, florístico y biogeográfico de la vegetación del norte de la Sierra Nevada, México. Tesis de doctorado. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Texcoco, Estado de México, México. 153 pp.

SEMARNAT. 2010. Inventarios florísticos y faunísticos de la cuenca alta del río Lerma. Plan maestro para la restauración ambiental de la cuenca alta del río Lerma. Gobierno del Estado de México, Universidad Autónoma Chapingo. Toluca, México. 214 pp.

Silva-Pérez, L. del C. 1998. Los bosques de coníferas del sur de la cuenca de México: fitosociología, diversidad y uso tradicional. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, Estado de México, México. 61 pp.

Tapia-Robles, C. A. 1985. Estudio morfológico y taxonómico de la familia Orchidaceae en el municipio de Temascaltepec. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, Estado de México, México. 155 pp.

Téllez-Valdés, O. 2009. Base de datos de las Fabaceae y Caesalpiniaceae (Sensu Cronquist) y Dioscoreaceae de México, proyecto DS001. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Informe final Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB)-Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México, D.F., México.

Torres-Bahena, E. 1993. Contribución al conocimiento de las plantas medicinales en la localidad de Malinalco, Estado de México. Tesis de licenciatura. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional. México, D.F., México. 86 pp.

Ugalde-Lezama, S. 2005. Diversidad y distribución vertical de aves en un bosque con diferentes grados de perturbación en Zoquiapan, Estado de México. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Texcoco, Estado de México, México. 132 pp.

Valdez-Palma, D. 2003. Estudio florístico del Parque universitario las Orquídeas en Temascaltepec, Estado de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, Estado de México, México. 216 pp.

Vega-Aviña, R. 1982. Manual de la flora de la estación experimental de enseñanza e investigación y servicios forestales Zoquiapan. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Texcoco, Estado de México, México. 364 pp.

Vega-López, A. 2003. Ecología de *Brosimum alicastrum* Sw. en el sur del Estado de México. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Texcoco, Estado de México, México. 181 pp.

Vega-Silva, V. M. 2005. Flora fanerogámica y propuesta ecoturística rural en la comunidad de San José Deguedó, municipio de Soyaniquilpan, Estado de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Tlalnepantla, Estado de México, México. 177 pp.

Zepeda-Peña, N. A. 2008. Flora de San Pedro Arriba, Temoaya, Estado de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, Estado de México, México. 250 pp.

Apéndice 1: Continuación.

Zúñiga-Soto, S. N. 2006. Diagnóstico del estudio de la vegetación en el Parque Nacional Nevado de Toluca, Estado de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. 65 pp.

Apéndice 2: Literatura publicada compilada en la base de datos de las angiospermas del Estado de México.

Aguilera-Gómez, L. I., I. V. Rivas-Manzano, I. Martínez-De La Cruz y C. J. Aguilar-Ortigoza. 2016. El bosque tropical subcaducifolio en dos cañadas de Tlatlaya, Estado de México. Polibotánica 41: 1-29. DOI: https://dx.doi.org/10.18387/polibotanica.41.1

Aguirre-León, E. 2009. Orquídeas. In: Ceballos, G., R. List, G. Garduño, R. López-Cano, M. J. Muñozcano, E. Collado y J. E. San Román (comps.). La diversidad biológica del Estado de México. Estudio de Estado. Gobierno del Estado de México. Toluca, México. Pp. 203-208.

Almeida-Leñero, L., M. Escamilla, J. Giménez de Azcárate, A. González-Trápaga y A. M. Cleef. 2007. Vegetación alpina de los volcanes Popocatépetl, Iztaccíhuatl y Nevado de Toluca. In: Luna, I., J. J. Morrone y D. Espinosa (eds.). Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana. Universidad Nacional Autónoma de México y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Cd. Mx., México. Pp. 179-198.

Álvarez-Lopeztello, J., I. V. Rivas-Manzano, L. I. Aguilera-Gómez y M. González-Ledesma. 2016. Diversidad y estructura de un pastizal en El Cerrillo, Piedras Blancas, Estado de México, México. Revista Mexicana de Biodiversidad 87(3): 980-989. DOI: https://dx.doi.org/10.1016/j.rmb.2016.06.006

Arreguín, M. de la L., L. Cabrera, R. Fernández, C. Orozco, B. Rodríguez y M. Yepez. 1997. Introducción a la flora del estado de Querétaro. Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro. Querétaro, México. 361 pp.

Avilés-Nova, F., L. M. Ríos-García y C. A. Tapia-Robles. 2012. Las gramíneas silvestres del municipio de Temascaltepec, México: identificación, morfología, distribución y composición química. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México. 324 pp.

Balslev, H. y R. Duno de Stefano. 2015. La familia Juncaceae en México. Acta Botanica Mexicana 111: 61-164. DOI: https://dx.doi.org/10.21829/abm111.2015.182

Barrie, F. R. 2003. Seven new species and one new variety of *Valeriana* (Valerianaceae) from Mexico. Acta Botanica Mexicana 62: 31-64. DOI: https://dx.doi.org/10.21829/abm62.2003.914

Borhidi, A. 2006. Rubiáceas de México. Akadémiai Kiadó. Budapest, Hungría. 512 pp.

Calderón de Rzedowski, G. y J. Rzedowski. 2005. Flora Fanerogámica del Valle de México. Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, México. 1406 pp.

Castañeda-Rojas, A., I. S. Franco-Martínez y A. García-Mendoza. 2005. *Manfreda galvaniae* (Agavaceae), especie nueva de México, con nota sobre la ubicación taxonómica de *M. malinaltenangensis* Matuda y su lectotipificación. Acta Botanica Mexicana 72: 65-76. DOI: https://dx.doi.org/10.21829/abm72.2005.1002

Chimal-Hernández, A., M. González-Ibarra y C. Hernández-Díaz. 2013. La flora vascular del parque estatal El Faro, Tlalmanalco de Velázquez, Estado de México. Universidad Autónoma Metropolitana. Cd. Mx., México. 176 pp.

Dávila, P. 2009. Gramíneas. In: Ceballos, G., R. List, G. Garduño, R. López-Cano, M. J. Muñozcano, E. Collado y J. E. San Román (comps.). La diversidad biológica del Estado de México. Estudio de Estado. Gobierno del Estado de México. Toluca, México. Pp. 209-212.

Espejo-Serna, A. 2002. *Viridantha*, un género nuevo de Bromeliaceae (Tillandsioideae) endémico de México. Acta Botanica Mexicana 60: 25-35. DOI: https://dx.doi.org/10.21829/abm60.2002.901

Espejo-Serna, A. 2012. El endemismo en las Liliopsida mexicanas. Acta Botanica Mexicana 100: 195-257. DOI: https://dx.doi.org/10.21829/abm100.2012.36

Espejo-Serna, A. y A. R. López-Ferrari. 1993. Las monocotiledóneas mexicanas, una sinopsis florística 1. Lista de referencia, parte II. Anthericaceae, Araceae, Arecaceae, Asparagaceae, Asphodelaceae y Asteliaceae. Consejo Nacional de la Flora de México, Universidad Autónoma Metropolitana y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F., México. 70 pp.

Espejo-Serna, A. y A. R. López-Ferrari. 1994. Las monocotiledóneas mexicanas, una sinopsis florística 1. Lista de referencia, parte III. Bromeliaceae, Burmanniaceae, Calochortaceae y Cannaceae. Consejo Nacional de la Flora de México, Universidad Autónoma Metropolitana y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F., México. 73 pp.

Espejo-Serna, A. y A. R. López-Ferrari. 2004. Checklist of Mexican Bromeliaceae with notes on species distribution and levels of endemism. Selbyana 25(1): 33-86.

Apéndice 2: Continuación.

Fernández-Nava, R., Ma. de la L. Arreguín-Sánchez, C. Rodríguez-Jiménez y A. Rodríguez-Jiménez. 1998. Listado florístico de la cuenca del río Balsas, México. Polibotánica 9: 1-151.

García-Rubio, L. A., O. Vargas-Ponce, F. de J. Ramírez-Mireles, G. Munguía-Lino, C. A. Corona-Oceguera y T. Cruz-Hernández. 2015. Distribución geográfica de *Hylocereus* (Cactaceae) en México. Botanical Sciences 93(4): 921-939. DOI: https://dx.doi.org/10.17129/botsci.282

Gaytán-Ávila, C., H. Vibrans, H. Navarro-Garza y M. Jiménez-Velázquez. 2001. Manejo de huertos familiares periurbanos de San Miguel Tlaixpan, Texcoco, Estado de México. Boletín de la Sociedad Botánica de México 69: 39-62.

González-Gutiérrez, M. 1989. El género *Potamogeton* (Potamogetonaceae) en México. Acta Botanica Mexicana 6: 1-43. DOI: https://dx.doi.org/10.21829/abm6.1989.576

González-Rocha, E. y R. Cerros-Tlatilpa. 2015. La familia Apocynaceae (Apocynoideae y Rauvolfioideae) en el estado de Morelos, México. Acta Botanica Mexicana 110: 21-70. DOI: https://dx.doi.org/10.21829/abm110.2015.191

Guzmán, U., S. Arias y P. Dávila. 2003. Catálogo de cactáceas mexicanas. Universidad Nacional Autónoma de México y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F., México. 315 pp.

Halbinger, F. y M. Soto. 1997. Laelias de México. Orquídea (Méx.) 15: 1-160.

Hernández-Cruz, M. J., S. D. Koch-Olt, M. T. P. Pulido-Salas, M. Luna-Cavazos y E. García-Villanueva. 2016. Estudio florístico del cerro Metecatl, del complejo montañoso Tetzcutzingo, Texcoco, Estado de México, México. Botanical Sciences 94(2): 377-392. DOI: https://dx.doi.org/10.17129/botsci.240

Huidobro-Salas, M. E. y E. Aguirre-León. 2009. Bromeliáceas. In: Ceballos, G., R. List, G. Garduño, R. López-Cano, M. J. Muñozcano, E. Collado y J. E. San Román (comps.). La diversidad biológica del Estado de México. Estudio de Estado. Gobierno del Estado de México. Toluca, México. Pp. 199-202.

Ibarra-Manríquez, G., F. J. Rendón-Sandoval, G. Cornejo-Tenorio y P. Carrillo-Reyes. 2015. Lianas of Mexico. Botanical Sciences 93(3): 365-417. DOI: https://dx.doi.org/10.17129/botsci.123

Lira, R., J. L. Villaseñor y E. Ortiz. 2002. A proposal for the conservation of the family Cucurbitaceae in México. Biodiversity and Conservation 11(10): 1699-1720. DOI: https://doi.org/10.1023/a:1020303905416

Lira-Saade, R. 2009. Cucurbitáceas. In: Ceballos, G., R. List, G. Garduño, R. López-Cano, M. J. Muñozcano, E. Collado y J. E. San Román (comps.). La diversidad biológica del Estado de México. Estudio de Estado. Gobierno del Estado de México. Toluca, México. Pp. 213-217.

López-Patiño, E. J., D. R. Szeszko, J. Rescala-Pérez y A. S. Beltrán-Retis. 2012. The flora of the Tenancingo-Malinalco-Zumpahuacán protected natural area, state of Mexico, Mexico. Harvard Papers in Botany 17(1): 65-167. DOI: https://doi.org/10.3100/025.017.0113

López-Pérez, Y., J. D. Tejero-Díez, A. N. Torres-Díaz e I. Luna-Vega. 2011. Flora del bosque mesófilo de montaña y vegetación adyacente en Avándaro, Valle de Bravo, Estado de México, México. Boletín de la Sociedad Botánica de México 88: 35-53. DOI: https://dx.doi.org/10.17129/botsci.304

López-Sandoval, J. A., E. A. Hernández-Arana, E. J. Morales-Rosales, A. Domínguez-López y L. M. Vázquez-García. 2007. Lista florística del Campus Universitario El Cerrillo de la Universidad Autónoma del Estado de México. Ciencias Agrícolas Informa 16: 55-65.

López-Sandoval, J. A., J. I. Valdez-Mercado, L. M. Vázquez-García, E. J. Morales-Rosales y A. Domínguez-López. 2008. Listado florístico preliminar del Cerro de Jocotitlán, Estado de México. Ciencias Agrícolas Informa 17: 28-42.

López-Sandoval, J. A., S. D. Koch, L. M. Vázquez-García, G. Munguía-Lino y E. J. Morales-Rosales. 2010. Estudio florístico de la parte central de la barranca Nenetzingo, municipio de Ixtapan de la Sal, Estado de México. Polibotánica 30: 9-33.

Luna-Vega, I., L. Almeida-Leñero y J. Llorente-Bousquets. 1989. Florística y aspectos fitogeográficos del bosque mesófilo de montaña de las Cañadas de Ocuilan, estados de Morelos y México. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica 59(1): 63-87.

Martínez, M. y E. Matuda. 1979. Flora del Estado de México. Tomos I, II y III. Edición fascimilar de los fascículos publicados en los

Apéndice 2: Continuación.

años de 1953 a 1972. Biblioteca Enciclopédica del Estado de México. México, D.F., México. 1547 pp.

Martínez, M., O. Vargas-Ponce, A. Rodríguez, F. Chiang y S. Ocegueda. 2017. Solanaceae family in Mexico. Botanical Sciences 95(1): 131-145. DOI: https://dx.doi.org/10.17129/botsci.658

Martínez-De La Cruz, I., H. Vibrans, L. Lozada-Pérez, A. Romero-Manzanares, L. I. Aguilera-Gómez e I. V. Rivas-Manzano. 2015. Plantas ruderales del área urbana de Malinalco, Estado de México, México. Botanical Sciences 93(4): 907-919. DOI: https://dx.doi.org/10.17129/botsci.213

Medina-Lemus, J. G. y J. D. Tejero-Díez. 2006. Flora y vegetación del parque estatal Atizapán-Valle Escondido, Estado de México, México. Polibotánica 21: 1-43.

Mejía-Saulés, Ma. T. y P. Dávila-Aranda. 1992. Gramíneas útiles de México. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Cuadernos de Biología 16: 1-298.

Melchert, T. E. 2010. *Bidens* L. In: Turner, B. L. (ed.). The Comps of Mexico. A systematic account of the family Asteraceae (Chapter 10: subfamily Coreopsideae). Phytologia Memoirs 15: 3-56.

Méndez-Larios, I. y J. L. Villaseñor. 2001. La familia Scrophulariaceae en México: Diversidad y distribución. Boletín de la Sociedad Botánica de México 69: 101-121.

Mendoza-Castelán, G. y J. García-Pérez. 2000. Uso terapéutico de las plantas medicinales del Cerro Tetzcutzingo, municipio de Texcoco: manual. Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Programa de Investigación en Historia (PROIH)-Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM). Chapingo, México. 180 pp.

Meyrán-García, J. y L. López-Chávez. 2003. Las crasuláceas de México. Sociedad Mexicana de Cactología. México, D.F., México. 234 pp.

Morales-Briones, D. F. 2016. *Lachemilla mexiquense* (Rosaceae), a new species from Mexico. PhytoKeys 62: 25-32. DOI: https://doi.org/10.3897/phytokeys.62.7953

Morán, R. y J. Meyrán, 1987. *Sedum tehuaztlense*, una nueva especie del Estado de México. Cactáceas y Suculentas Mexicanas 32: 3-8.

Mora-Olivo, A., J. L. Villaseñor y M. Martínez. 2013. Las plantas vasculares acuáticas estrictas y su conservación en México. Acta Botanica Mexicana 103: 27-63. DOI: https://dx.doi.org/10.21829/abm103.2013.50

Munguía-Lino, G., G. Vargas-Amado, L. M. Vázquez-García y A. Rodríguez. 2015. Riqueza y distribución geográfica de la tribu Tigridieae (Iridaceae) en Norteamérica. Revista Mexicana de Biodiversidad 86(1): 80-98. DOI: https://dx.doi.org/10.7550/rmb.44083

Obieta, Ma. C. y J. Sarukhán. 1981. Estructura y composición de la vegetación herbácea de un bosque uniespecífico de *Pinus hartwegii*. Boletín de la Sociedad Botánica de México 41: 75-125.

Ocampo, G. y A. L. Medellín. 2004. Catálogo de ejemplares tipo del herbario IEB (México). Acta Botanica Mexicana 67: 1-41. DOI: https://dx.doi.org/10.21829/abm67.2004.971

Olvera, M. 1996. El género *Utricularia* (Lentibulariaceae) en México. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica 67(2): 347-384.

Pulido, M. T. P. y S. D. Koch. 1992. Guía ilustrada de las plantas del Cerro Tetzcutzingo, especies comunes en el Valle de México. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Cuadernos de Biología 17: 1-245.

Ramírez-Rodríguez, R. y O. Téllez-Valdés. 1992. Las Dioscóreas (Dioscoreaceae) del estado de Morelos, México. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica 63(1): 67-99.

Redonda-Martínez, R. 2017. Diversidad y distribución de la tribu Vernonieae (Asteraceae) en México. Acta Botanica Mexicana 119: 115-138. DOI: https://dx.doi.org/10.21829/abm119.2017.1235

Reyes-Santiago, J. 2009. Cactos. In: Ceballos, G., R. List, G. Garduño, R. López-Cano, M. J. Muñozcano, E. Collado y J. E. San Román (comps.). La diversidad biológica del Estado de México. Estudio de Estado. Gobierno del Estado de México. Toluca, México. Pp. 219-228.

Rodríguez, A. y L. Ortiz-Catedral. 2002. Nuevas localidades de tigridias mexicanas: *Tigridia duranguense*, *T. ehrenbergii* subsp. *ehrenbergii* y *T. hallbergii* subsp. *lloydii*. Ibugana 10(1-2): 61-66.

Rodríguez, A. y L. Ortiz-Catedral. 2003. *Tigridia gracielae* (Tigridieae: Iridaceae), a new species from México. Acta Botanica Mexicana 64: 31-36. DOI: https://dx.doi.org/10.21829/abm64.2003.926

Apéndice 2: Continuación.

Rodríguez-Jiménez, C., R. Fernández-Nava, Ma. de la L. Arreguín-Sánchez y A. Rodríguez-Jiménez. 2005. Plantas vasculares endémicas de la cuenca del río Balsas. Polibotánica 20: 73-99.

Rodríguez-Rivera, I. S. y S. Romero-Rangel. 2007. Arquitectura foliar de diez especies de encino (*Quercus*, Fagaceae) de México. Acta Botanica Mexicana 81: 9-34. DOI: https://dx.doi.org/10.21829/abm81.2007.1049

Rojas-Zenteno, E. C., M. Orozco-Villa, S. Romero-Rangel y R. Montoya-Ayala. 2016. Vegetación y flora del municipio de Temascaltepec, Estado de México, México. Polibotánica 42: 43-89. DOI: https://dx.doi.org/10.18387/polibotanica.42.3

Romero-Rangel, S. y E. C. Rojas-Zenteno. 1991. Estudio florístico de la región de Huehuetoca, Estado de México. Acta Botanica Mexicana 14: 33-57. DOI: https://dx.doi.org/10.21829/abm14.1991.613

Romero-Rangel, S., E. C. Rojas Zenteno y L. E. Rubio-Licona. 2015. Encinos de México (*Quercus*, Fagaceae) 100 especies. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Cd. Mx., México. 304 pp.

Romero-Rangel, S., E. C. Rojas-Zenteno y M. de L. Aguilar-Enríquez. 2002. El género *Quercus* (Fagaceae) en el Estado de México. Annals of the Missouri Botanical Garden 89(4): 551-593.

Rubio-Licona, L. E., S. Romero-Rangel y E. C. Rojas-Zenteno. 2011. Estructura y composición florística de dos comunidades con presencia de *Quercus* (Fagaceae) en el Estado de México. Revista Chapingo Serie Forestales y del Ambiente 17(1): 77-90. DOI: http://dx.doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.03.014

Rzedowski, J. y G. Calderón de Rzedowski. 2010. Una especie nueva de *Perymenium* (Compositae, Heliantheae) del Estado de México (México). Acta Botanica Mexicana 91: 21-25. DOI: https://dx.doi.org/10.21829/abm91.2010.288

Sánchez-González, A. y L. López-Mata. 2003. Clasificación y ordenación de la vegetación del norte de la Sierra Nevada, a lo largo de un gradiente altitudinal. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica 74(1): 47-71.

Sánchez-González, A., L. López-Mata y H. Vibrans. 2006. Composición y patrones de distribución geográfica de la flora del bosque de oyamel del Cerro Tláloc, México. Boletín de la Sociedad Botánica de México 79: 67-78.

Sánchez-Ken, J. G. 2010. Two new species of *Paspalum* (Paniceae: Panicoideae: Poaceae), a preliminary checklist of the genus in Mexico, and the identity of *P. crinitum*. Revista Mexicana de Biodiversidad 81: 629-647.

Sánchez-Ken, J. G. 2012. A synopsis of *Digitaria* (Paniceae, Panicoideae, Poaceae) in Mexico, including the new species *Digitaria michoacanensis*. Acta Botanica Mexicana 101: 127-149. DOI: https://dx.doi.org/10.21829/abm101.2012.28

Sánchez-Ken, J. G., G. de los A. Zita-Padilla y M. Mendoza-Cruz. 2012. Catálogo de las gramíneas malezas nativas e introducidas de México. Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario (CONACOFI). México, D.F., México. 433 pp.

Sandoval-Moran, L. S. 2016. Flora nativa de Valle de Bravo para el diseño de paisaje. Publicación independiente ISBN 978-607-009984-7. Cd. Mx., México. 278 pp.

SEMARNAT. 2009. Las orquídeas del Estado de México. Secretaría del Medio Ambiente, Gobierno del Estado de México. Toluca, México. 240 pp.

Solano, E. y A. García-Mendoza. 2013. Neotipificación y reconocimiento de *Polianthes geminiflora* (Lex.) Rose (Agavaceae). Acta Botanica Mexicana 104: 1-18. DOI: https://dx.doi.org/10.21829/abm104.2013.54

Sorensen, P. D. 1969. Revision of the genus *Dahlia* (Compositae, Heliantheae-Coreopsidinae). Rhodora 71: 309-416.

Szeszko, D. R. 2011. La orquideoflora mexiquense. Secretaría de Educación del Gobierno del Estado de México. Toluca, México. 362 pp.

Tejero-Díez, J. D. y M. E. Castilla Hernández. 1999. Un método para el estudio del entorno ecológico en las primeras civilizaciones en Mesoamérica. Teotihuacán, un ejemplo. In: González-Jácome, A. y S. del Amo-Rodríguez (comps.). Agricultura y sociedad en México; diversidad, enfoques, estudios de caso. Plaza Valdés, Gestión de Ecosistemas A.C. y Universidad Iberoamericana. México, D.F., México. Pp. 33-60.

Téllez-Valdés, O. 2009. Leguminosas. In: Ceballos, G., R. List, G. Garduño, R. López-Cano, M. J. Muñozcano, E. Collado y J. E. San Román (comps.). La diversidad biológica del Estado de

Apéndice 2: Continuación.

México. Estudio de Estado. Gobierno del Estado de México. Toluca, México. Pp. 195-198.

Torres-Soria, P. 2001. Flora fanerogámica de la zona arqueológica de Teotihuacán, Estado de México. Polibotánica 12: 57-83.

Torres-Zúñiga, Ma. M. y J. D. Tejero. 1998. Flora y vegetación de la Sierra de Sultepec, Estado de México. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica 69(2): 135-174.

Trejo-Díaz, C. C. y J. D. Tejero-Díez. 2017. Flora de plantas vasculares en la Sierra de las Ánimas, Chapa de Mota, Estado de México, México. Polibotánica 43: 1-35. DOI: https://dx.doi.org/10.18387/polibotanica.43.1

Valencia, S. 2004. Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. Boletín de la Sociedad Botánica de México 75: 33-53.

Vargas-Amado, G., A. Castro-Castro, M. Harker, J. L. Villaseñor, E. Ortiz y A. Rodríguez. 2013. Distribución geográfica y riqueza del género *Cosmos* (Asteraceae: Coreopsideae). Revista Mexicana de Biodiversidad 84: 536-555. DOI: https://dx.doi.org/10.7550/rmb.31481

Vázquez-Alonso, M. T., R. Bye, L. López-Mata, Ma. T. P. Pulido-Salas, E. McClung de Tapia y S. D. Koch. 2014. Etnobotánica de la cultura Teotihuacana. Botanical Sciences 92(4): 563-574. DOI: https://dx.doi.org/10.17129/botsci.118

Vázquez-García, J. A., D. Jimeno, R. Cuevas, M. Cházaro y M. A. Muñiz-Castro. 2013. *Echeveria yalmanantlanensis* (Crassulaceae): A new species from Cerro Grande, Sierra de Manantlán, western Mexico. Brittonia 65(3): 273-279. DOI: https://doi.org/10.1007/s12228-012-9274-9

Vázquez-García, L. M. y J. A. López-Sandoval. 2010. Plantas con potencial ornamental del Estado de México. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México. 207 pp.

Vieyra-Odilon, L. y H. Vibrans. 2001. Weeds as crops: the value of maize field weeds in the valley of Toluca, Mexico. Economic Botany 55(3): 426-443. DOI: https://doi.org/10.1007/bf02866564

Villarreal-Quintanilla, J, A., A. E. Estrada-Castillón y D. J. Rodríguez. 2009. El género *Gentiana* (Gentianaceae) en México. Polibotánica 27: 1-16.

Villaseñor, J. L. y E. Ortiz. 2007. La familia Asteraceae. In: Luna, I., J. J. Morrone y D. Espinosa (eds.). Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana. Universidad Nacional Autónoma de México y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Cd. Mx., México. Pp. 289-310.

Villaseñor, J. L. y F. J. Espinosa. 1998. Catálogo de Malezas de México. Universidad Nacional Autónoma de México y Fondo de Cultura Económica. México, D.F., México. 448 pp.

White-Olascoaga, L., J. I. Juan-Pérez, C. Chávez-Mejía y J. G. Gutiérrez-Castillo. 2013. Flora medicinal en San Nicolás, Municipio de Malinalco, Estado de México. Polibotánica 35: 173-206.

Zepeda-Gómez, C. y E. Velázquez-Montes. 1999. El bosque tropical caducifolio de la vertiente sur de la Sierra de Nanchititla, Estado de México: la composición y la afinidad geográfica de su flora. Acta Botanica Mexicana 46: 29-55. DOI: https://dx.doi.org/10.21829/abm46.1999.815

Zepeda-Gómez, C., A. Lot-Helgueras, X. A. Nemiga y D. Madrigal-Uribe. 2012. Florística y diversidad de las Ciénegas del río Lerma Estado de México, México. Acta Botanica Mexicana 98: 23-49. DOI: https://dx.doi.org/10.21829/abm98.2012.1139

Apéndice 3: Especies excluidas de la lista de angiospermas para el Estado de México. Fueron documentadas para el estado por diferentes autores; sin embargo, puede tratarse de determinaciones erróneas y no cuentan con un ejemplar de herbario que respalde su presencia en el estado.

MAGNOLIIDES

Piperaceae

Peperomia angustata Kunth
Peperomia cordovana C. DC.
Piper palmeri C. DC.

MONOCOTILEDÓNEAS

Alismataceae

Sagittaria lancifolia L.

Araceae

Spathiphyllum blandum Schott

Asparagaceae

Agave funkiana K. Koch & C.D. Bouché
Furcraea quicheensis Trel.

Bromeliaceae

Hechtia glabra Brandegee
Hechtia macrophylla Greenm.
Hechtia stenopetala Klotzsch
Pitcairnia tuerckheimii Donn. Sm.
Tillandsia baileyi Rose ex Small
Tillandsia califani Rauh
Tillandsia filifolia Schltdl. & Cham.
Tillandsia leiboldiana Schltdl.
Tillandsia multicaulis Steud.
Tillandsia paraisoensis Ehlers
Tillandsia rodrigueziana Mez
Tillandsia utriculata L.
Tillandsia viridiflora (Beer) Baker
Viridantha mauryana (L.B. Sm.) Espejo

Commelinaceae

Callisia multiflora (M. Martens & Galeotti) Standl.
Commelina jaliscana Matuda

Cyperaceae

Cyperus polystachyos Rottb.

Dioscoreaceae

Dioscorea orizabensis Uline

Iridaceae

Sisyrinchium abietum McVaugh

Juncaceae

Juncus dudleyi Wiegand
Juncus ensifolius Wikstr.
Juncus nodosus L.
Juncus saximontanus A. Nelson
Luzula vulcanica Liebm.

Marantaceae

Maranta gibba Sm.

Melanthiaceae

Schoenocaulon caricifolium (Schltdl.) A. Gray
Schoenocaulon obtusum Brinker

Orchidaceae

Acianthera hartwegiifolia (H. Wendl. & Kraenzl.) R. Solano & Soto Arenas
Anathallis minutalis (Lindl.) Pridgeon & M.W. Chase
Aulosepalum nelsonii (Greenm.) Garay
Bletia amabilis C. Schweinf.
Bletia ensifolia L.O. Williams
Bulbophyllum cirrhosum L.O. Williams
Clowesia glaucoglossa (Rchb. f.) Dodson
Cranichis cochleata Dressler
Cuitlauzina pulchella (Bateman ex Lindl.) Dressler & N.H. Williams
Deiregyne chartacea (L.O. Williams) Garay
Dinema polybulbon (Sw.) Lindl.
Encyclia papillosa (Bateman) Aguirre-Olav.
Epidendrum caroli Schltr.
Epidendrum examinis S. Rosillo
Epidendrum lowilliamsii García-Cruz
Epidendrum mocinnoi Hágsater
Epidendrum tortipetalum Scheeren
Goodyera brachyceras (A. Rich. & Galeotti) Garay & G.A. Romero
Habenaria agapitae R. González & Reynoso
Habenaria ibarrae R. González
Habenaria ixtlanensis E.W. Greenw.
Habenaria pinzonii R. González & Cuev.-Fig.
Habenaria ruizii R. González
Habenaria rzedowskii R. González
Malaxis brachystachys (Rchb. f.) Kuntze
Malaxis contrerasii R. González
Malaxis pringlei (S. Watson) Ames
Malaxis rodrigueziana R. González
Malaxis tequilensis R. González, Lizb. Hern. & E. Ramírez

Apéndice 3: Continuación.

Malaxis urbana E.W. Greenw.
Mormodes ramirezii S. Rosillo
Pelexia funckiana Schltr.
Platanthera sparsiflora (S. Watson) Schltr.
Prosthechea karwinskii (Mart.) J.M.H. Shaw
Prosthechea trulla (Rchb. f.) W.E. Higgins
Sarcoglottis assurgens (Rchb. f.) Schltr.
Stelis guerrerensis Soto Arenas & R. Solano
Stelis immersa (Linden & Rchb. f.) Pridgeon & M.W. Chase
Triphora yucatanensis Ames

Poaceae
Andropogon leucostachyus Kunth
Axonopus poiophyllus Chase
Bromus marginatus Nees ex Steud.
Calamagrostis recta (Kunth) Trin. ex Steud.
Cottea pappophoroides Kunth
Digitaria obtusa Swallen
Elymus trachycaulus (Link) Gould ex Shinners
Ichnanthus pallens (Sw.) Munro ex Benth.
Muhlenbergia elongata Scribn. ex Beal
Muhlenbergia grandis Vasey
Muhlenbergia longiglumis Vasey
Muhlenbergia tenuissima (J. Presl) Kunth
Panicum polygonatum Schrad.
Rhipidocladum racemiflorum (Steud.) McClure
Setaria leucopila (Scribn. & Merr.) K. Schum.
Sporobolus airoides (Torr.) Torr.

EUDICOTILEDÓNEAS
Acanthaceae
Bravaisia berlandieriana (Nees) T.F. Daniel

Aizoaceae
Sesuvium verrucosum Raf.

Anacardiaceae
Comocladia macrophylla (Hook. & Arn.) L. Riley
Rhus mollis Jacq.

Apocynaceae
Mandevilla hirsuta (Rich.) K. Schum.
Marsdenia gualanensis Donn. Sm.
Matelea reticulata (Engelm. ex A. Gray) Woodson
Thenardia chiapensis J.K. Williams

Asteraceae
Acourtia platyphylla (A. Gray) Reveal & R.M. King
Ageratina geminata (McVaugh) R.M. King & H. Rob.
Ageratina havanensis (Kunth) R.M. King & H. Rob.
Ageratina triniona (McVaugh) R.M. King & H. Rob.
Ageratum microcephalum Hemsl.
Alloispermum scabrifolium (Hook. & Arn.) H. Rob.
Alomia callosa (S. Watson) B.L. Rob.
Baltimora recta L.
Bidens bicolor Greenm.
Bidens ferulifolia (Jacq.) DC.
Bidens heterosperma A. Gray
Brickellia jaliscensis McVaugh
Critoniopsis obtusa (Gleason) H. Rob.
Dahlia purpusii Brandegee
Erigeron divergens Torr. & A. Gray
Gamochaeta standleyi (Steyerm.) G.L. Nesom
Hymenostephium guatemalense (B.L. Rob. & Greenm.) S.F. Blake
Iostephane madrensis (S. Watson) Strother
Lagascea angustifolia DC.
Lasianthaea palmeri (Greenm.) K.M. Becker
Melampodium appendiculatum B.L. Rob.
Pentacalia parasitica (Hemsl.) H. Rob. & Cuatrec.
Perityle turneri A.M. Powell
Perymenium alticola McVaugh
Perymenium ghiesbreghtii B.L. Rob. & Greenm.
Perymenium subsquarrosum B.L. Rob. & Greenm.
Pinaropappus spathulatus Brandegee
Psacalium eriocarpum (S.F. Blake) S.F. Blake
Pseudogynoxys haenkei (DC.) Cabrera
Ratibida columnifera (Nutt.) Wooton & Standl.
Roldana kerberi (Greenm.) H. Rob. & Brettell
Roldana robinsoniana (Greenm.) H. Rob. & Brettell
Roldana subpeltata (Sch. Bip.) H. Rob. & Brettell
Stevia berlandieri A. Gray
Stevia ephemera Grashoff
Stevia tephrophylla S.F. Blake
Stevia zephyrantha Grashoff
Steviopsis dryophila (B.L. Rob.) B.L. Turner
Telanthophora grandifolia (Less.) H. Rob. & Brettell
Telanthophora standleyi (Greenm.) H. Rob. & Brettell
Trixis haenkei Sch. Bip.
Trixis hintoniorum B.L. Turner
Verbesina persicifolia DC.
Verbesina platyptera Sch. Bip. ex Klatt

Apéndice 3: Continuación.

Begoniaceae
Begonia barkeri Knowles & Westc.
Begonia sandtii Houghton ex Ziesenh.
Begonia tapatia Burt-Utley & McVaugh
Begonia uruapensis Sessé & Moc.

Berberidaceae
Berberis trifolia (Schltdl. & Cham.) Schult. & Schult. f.

Bignoniaceae
Handroanthus guayacan (Seem.) S.O. Grose

Boraginaceae
Hackelia leonotis I.M. Johnst.
Heliotropium angustifolium Torr.
Heliotropium convolvulaceum (Nutt.) A. Gray
Heliotropium macrostachyum (DC.) Hemsl.
Nama sericea Willd. ex Roem. & Schult.
Phacelia secunda J.F. Gmel.

Brassicaceae
Draba myosotidioides Hemsl.
Pennellia lasiocalycina (O.E. Schulz) Rollins

Burseraceae
Bursera biflora (Rose) Standl.
Bursera microphylla A. Gray
Bursera odorata Brandegee

Cactaceae
Cephalocereus senilis (Haw.) Pfeiff.
Coryphantha echinus (Engelm.) Britton & Rose
Disocactus cinnabarinus (Eichlam ex Weing.) Barthlott
Mammillaria carnea Zucc. ex Pfeiff.
Mammillaria sempervivi DC.
Opuntia cantabrigiensis Lynch
Pilosocereus purpusii (Britton & Rose) Byles & G.D. Rowley
Protium copal (Schltdl. & Cham.) Engl.
Stenocereus fricii Sánchez-Mej.

Campanulaceae
Lobelia subnuda Benth.

Caryophyllaceae
Cerastium arvense L.

Celastraceae
Wimmeria microphylla Radlk.

Cleomaceae
Andinocleome pilosa (Benth.) Iltis & Cochrane
Cleome parvisepala Heilborn

Combretaceae
Combretum decandrum Jacq.

Convolvulaceae
Cuscuta costaricensis Yunck.
Cuscuta jalapensis Schltdl.
Cuscuta mexicana Yunck.
Cuscuta woodsonii Yunck.
Ipomoea decemcornuta O'Donell
Ipomoea lozanii Painter
Ipomoea plummerae A. Gray
Ipomoea sescossiana Baill.

Crassulaceae
Echeveria agavoides Lem.
Echeveria crenulata Rose
Echeveria harmsii J.F. Macbr.

Cucurbitaceae
Sicyos kunthii Cogn.

Ericaceae
Vaccinium caespitosum Michx.

Euphorbiaceae
Acalypha macrostachyoides Müll. Arg.
Acalypha ocymoides Kunth
Cnidoscolus elasticus Lundell
Euphorbia succedanea L.C. Wheeler
Euphorbia xalapensis Kunth
Euphorbia xylopoda Greenm.
Mabea occidentalis Benth.
Tragia brevispica Engelm. & A. Gray

Fabaceae
Aeschynomene ciliata Vogel
Aeschynomene compacta Rose
Aeschynomene palmeri Rose
Apoplanesia paniculata C. Presl

Apéndice 3: Continuación.

Astragalus hartwegii Benth.
Astragalus hintonii Barneby
Bauhinia coulteri J.F. Macbr.
Brongniartia argentea Rydb.
Brongniartia proteranthera L.B. Sm. & B.G. Schub.
Canavalia oxyphylla Standl. & L.O. Williams
Cologania intermedia Kunth
Crotalaria mexicana Windler
Crotalaria purshii DC.
Dalea erythrorhiza Greenm.
Dalea greggii A. Gray
Dalea lasiathera A. Gray
Dalea leucosericea (Rydb.) Standl. & Steyerm.
Dalea melantha S. Schauer
Desmodium cajanifolium (Kunth) DC.
Desmodium caripense (Kunth) G. Don
Desmodium cordistipulum Hemsl.
Desmodium leptoclados Hemsl.
Desmodium urarioides (S.F. Blake) B.G. Schub. & McVaugh
Diphysa sennoides Benth.
Eysenhardtia texana Scheele
Harpalyce mexicana Rose
Indigofera palmeri S. Watson
Leucaena lanceolata S. Watson
Lonchocarpus castilloi Standl.
Lonchocarpus hondurensis Benth.
Marina ghiesbreghtii Barneby
Marina neglecta (B.L. Rob.) Barneby
Mimosa brevispicata Britton
Mimosa minutifolia B.L. Rob. & Greenm.
Mimosa monancistra Benth.
Mimosa rhododactyla B.L. Rob.
Mucuna pruriens (L.) DC.
Nissolia platycarpa Benth.
Nissolia wislizenii (A. Gray) A. Gray
Pediomelum palmeri (Ockendon) J.W. Grimes ex Gandhi
Phaseolus acutifolius A. Gray
Phaseolus nelsonii Maréchal, Mascherpa & Stainier
Pterocarpus acapulcensis Rose
Rhynchosia macrocarpa Benth.
Senna quinquangulata (Rich.) H.S. Irwin & Barneby
Tephrosia abbottiae C.E. Wood
Tephrosia langlassei Micheli
Tephrosia multifolia Rose
Tephrosia submontana (Rose) L. Riley

Fagaceae
Quercus opaca Trel.

Gentianaceae
Zeltnera stricta (Schiede) G. Mans.

Gesneriaceae
Achimenes candida Lindl.
Achimenes misera Lindl.
Amalophyllon parviflorum (A. Br. & Bouché) Boggan, L.E. Skog & Roalson

Hypericaceae
Hypericum paniculatum Lam.

Krameriaceae
Krameria lanceolata Torr.

Lamiaceae
Persea schiedeana Nees
Salvia rubiginosa Benth.
Salvia teresae Fernald
Salvia veronicifolia A. Gray ex S. Watson
Salvia villosa Fernald

Loganiaceae
Spigelia chiapensis K.R. Gould

Loranthaceae
Struthanthus cassythoides Millsp. ex Standl.

Lythraceae
Cuphea elliptica Koehne
Cuphea infundibulum Koehne
Cuphea nitidula Kunth

Malpighiaceae
Callaeum johnsonii W.R. Anderson
Stigmaphyllon lindenianum A. Juss.

Malvaceae
Anoda albiflora Fryxell
Ayenia magna L.
Heliocarpus mexicanus (Turcz.) Sprague
Heliocarpus palmeri S. Watson
Heliocarpus parvimontis Gual

Apéndice 3: Continuación.

Hibiscus lavateroides Moric. ex Ser.
Malvella lepidota (A. Gray) Fryxell
Melochia lupulina Sw.
Melochia spicata (L.) Fryxell
Pavonia firmiflora Schery
Sida jussiaeana DC.
Thespesia populnea (L.) Sol. ex Corrêa
Triumfetta medusae W.W. Thomas & McVaugh
Waltheria acuminata Rose

Melastomataceae
Heterocentron elegans (Schltdl.) Kuntze
Miconia alpestris Cogn.
Monochaetum alpestre Naudin
Tibouchina rufipilis (Schltdl.) Cogn.

Meliaceae
Guarea grandifolia DC.
Trichilia glabra L.
Trichilia minutiflora Standl.

Moraceae
Dorstenia excentrica Moric.

Myrtaceae
Eugenia uxpanapensis P.E. Sánchez & L.M. Ortega

Nyctaginaceae
Boerhavia ciliata Brandegee

Oleaceae
Fraxinus americana L.
Fraxinus pennsylvanica Marshall

Onagraceae
Lopezia grandiflora Zucc.
Oenothera biennis L.

Passifloraceae
Passiflora juliana J.M. MacDougal
Passiflora mcvaughiana J.M. MacDougal
Passiflora pilosa Ruiz & Pav. ex DC.
Passiflora podadenia Killip

Phyllanthaceae
Phyllanthus evanescens Brandegee

Picramniaceae
Picramnia polyantha (Benth.) Planch.

Polygalaceae
Polygala pedicellata S.F. Blake
Polygala vergrandis W.H. Lewis

Primulaceae
Ardisia paschalis Donn. Sm.
Parathesis leptopa Lundell

Ranunculaceae
Clematis haenkeana C. Presl
Ranunculus forreri Greene
Thalictrum fendleri Engelm. ex A. Gray

Rhamnaceae
Colubrina ehrenbergii Schltdl.
Rhamnus sharpii M.C. Johnston & L.A. Johnston

Rosaceae
Agrimonia gryposepala Wallr.
Crataegus baroussana Eggl.
Holodiscus argenteus (L. f.) Maxim.

Rubiaceae
Bouvardia gracilipes B.L. Rob.
Chione venosa (Sw.) Urb.
Deppea pubescens Hemsl.
Didymaea mexicana Hook. f.
Galium iltisii Dempster
Spermacoce alata Aubl.
Spermacoce tetraquetra A. Rich.

Rutaceae
Casimiroa sapota Oerst.

Salicaceae
Casearia sylvestris Sw.
Populus mexicana Wesm. ex DC.

Santalaceae
Arceuthobium gillii Hawksw. & Wiens
Phoradendron angustifolium (Kunth) Eichler
Phoradendron robustissimum Eichler

Apéndice 3: Continuación.

Sapindaceae
Serjania insignis Radlk.
Thouinidium oblongum Radlk.

Solanaceae
Bouchetia arniatera B.L. Rob.
Cestrum alternifolium (Jacq.) O.E. Schulz
Cestrum fasciculatum (Schltdl.) Miers
Cestrum glanduliferum Kerber ex Francey
Cestrum racemosum Ruiz & Pav.
Cestrum scandens Vahl
Jaltomata repandidentata (Dunal) Hunz.
Physalis ampla Waterf.
Physalis latiphysa Waterf.
Physalis leptophylla B.L. Rob. & Greenm.
Solanum bicorne Dunal
Solanum grayi Rose
Solanum leucandrum Whalen

Thymelaeaceae
Daphnopsis mollis (Schltdl. & Cham.) Standl.

Urticaceae
Myriocarpa bifurca Liebm.
Pilea cadierei Gagnep. & Guillaumin
Pilea ecboliophylla Donn. Sm.
Urera elata (Sw.) Griseb.
Urtica spirealis Blume

Verbenaceae
Lippia nutans B.L. Rob. & Greenm.
Lippia queretarensis Kunth

Violaceae
Viola flagelliformis Hemsl.

Zygophyllaceae
Kallstroemia hirsutissima Vail ex Small

Apéndice 4: Angiospermas nativas documentadas en la literatura para el Estado de México. Con un asterisco (*) se indican las especies endémicas de México y con doble asterisco (**) las endémicas del Estado de México.

MAGNOLIIDES

Annonaceae
**Annona globiflora* Schltdl.
Annona macroprophyllata Donn. Sm.
Annona reticulata L.

Aristolochiaceae
**Aristolochia brevipes* Benth.
**Aristolochia foetida* Kunth
**Aristolochia styloglossa* Pfeifer
**Aristolochia taliscana* Hook. & Arn.

Cabombaceae
Cabomba palaeformis Fassett

Chloranthaceae
Hedyosmum mexicanum C. Cordem.

Hernandiaceae
Gyrocarpus jatrophifolius Domin

Lauraceae
**Cinnamomum pachypodum* (Nees) Kosterm.
Litsea glaucescens Kunth
Nectandra salicifolia (Kunth) Nees
Persea americana Mill.
**Persea hintonii* C.K. Allen

Nymphaeaceae
**Nymphaea gracilis* Zucc.
Nymphaea mexicana Zucc.
Nymphaea odorata Aiton

Piperaceae
Peperomia asarifolia Schltdl. & Cham.
Peperomia bracteata A.W. Hill
**Peperomia cavispicata* G. Mathieu
**Peperomia gracillima* S. Watson
Peperomia hintonii Yunck.
Peperomia hispidula (Sw.) A. Dietr.
Peperomia humilis A. Dietr.
Peperomia lanceolatopeltata C. DC.
Peperomia leptophylla Miq.
Peperomia pedicellata Dahlst.
Peperomia quadrifolia (L.) Kunth
Peperomia tetraphylla (G. Forst.) Hook. & Arn.
Piper amalago L.
Piper auritum Kunth
Piper hispidum Sw.
**Piper leucophyllum* (Miq.) C. DC.
Piper sanctum (Miq.) Schltdl. ex C. DC.
Piper umbellatum L.

Saururaceae
Anemopsis californica (Nutt.) Hook. & Arn.

MONOCOTILEDÓNEAS
Alismataceae
Echinodorus andrieuxii (Hook. & Arn.) Small
Sagittaria guayanensis Kunth
Sagittaria latifolia Willd.
Sagittaria longiloba Engelm. ex J.G. Sm.
**Sagittaria macrophylla* Zucc.

Alstroemeriaceae
Bomarea acutifolia (Link & Otto) Herb.
Bomarea edulis (Tussac) Herb.

Amaryllidaceae
Allium glandulosum Link & Otto
Allium kunthii G. Don
**Allium stoloniferum* Ownbey & T.D. Jacobsen
***Allium telaponense* Traub
**Habranthus concolor* Lindl.
**Hymenocallis acutifolia* (Herb.) Sweet
**Hymenocallis glauca* (Zucc.) M. Roem.
**Hymenocallis harrisiana* Herb.
Hymenocallis littoralis (Jacq.) Salisb.
Nothoscordum bivalve (L.) Britton
**Sprekelia formosissima* (L.) Herb.
Zephyranthes brevipes (Baker) Standl.
Zephyranthes carinata Herb.
**Zephyranthes fosteri* Traub
**Zephyranthes sessilis* Herb.
Zephyranthes verecunda Herb.

Araceae
**Anthurium andicola* Liebm.
Anthurium schlechtendalii Kunth

Apéndice 4: Continuación.

**Arisaema macrospathum* Benth.
Lemna aequinoctialis Welw.
Lemna gibba L.
Lemna minuta Kunth
Lemna obscura (Austin) Daubs
Lemna trisulca L.
Lemna valdiviana Phil.
**Philodendron basii* Matuda
Philodendron hederaceum (Jacq.) Schott
Philodendron sagittifolium Liebm.
Pistia stratiotes L.
Spirodela polyrhiza (L.) Schleid.
Syngonium neglectum Schott
Wolffia brasiliensis Wedd.
Wolffia columbiana H. Karst.
Wolffiella gladiata (Hegelm.) Hegelm.
Wolffiella lingulata (Hegelm.) Hegelm.
Wolffiella oblonga (Phil.) Hegelm.
**Xanthosoma mendozae* Matuda
Xanthosoma mexicanum Liebm.
Xanthosoma wendlandii (Schott) Schott

Arecaceae
Acrocomia aculeata (Jacq.) Lodd. ex Mart.
Brahea dulcis (Kunth) Mart.
**Brahea pimo* Becc.
Sabal mexicana Mart.
**Sabal pumos* (Kunth) Burret

Asparagaceae
Agave americana L.
**Agave angustiarum* Trel.
Agave angustifolia Haw.
**Agave applanata* Lem. ex Jacobi
**Agave atrovirens* Karw. ex Salm-Dyck
**Agave attenuata* Salm-Dyck
Agave dasylirioides Jacobi & C.D. Bouché
**Agave filifera* Salm-Dyck
**Agave horrida* Lem. ex Jacobi
**Agave inaequidens* K. Koch
Agave lechuguilla Torr.
**Agave mapisaga* Trel.
**Agave salmiana* Otto ex Salm-Dyck
**Beschorneria wrightii* Hook. f.
**Bessera elegans* Schult. f.
**Dasylirion acrotrichum* (Schiede) Zucc.
**Echeandia durangensis* (Greenm.) Cruden
Echeandia echeandioides (Schltdl.) Cruden
Echeandia flavescens (Schult. & Schult. f.) Cruden
**Echeandia flexuosa* Greenm.
**Echeandia gracilis* Cruden
**Echeandia hirticaulis* Cruden
Echeandia longipedicellata Cruden
**Echeandia mexicana* Cruden
**Echeandia nana* (Baker) Cruden
**Echeandia paniculata* Rose
Echeandia parviflora Baker
Echeandia reflexa (Cav.) Rose
**Furcraea parmentieri* (Roezl ex Ortgies) García-Mend.
Furcraea pubescens Tod.
Maianthemum flexuosum (Bertol.) LaFrankie
Maianthemum paniculatum (M. Martens & Galeotti) LaFrankie
Maianthemum scilloideum (M. Martens & Galeotti) LaFrankie
***Manfreda galvaniae* A. Castañeda, S. Franco & García-Mend.
**Manfreda hauniensis* (J.B. Petersen) Verh.-Will.
**Manfreda maculata* (C. Mart.) Rose
***Manfreda malinaltenangensis* Matuda
**Manfreda nanchititlensis* Matuda
**Manfreda pringlei* Rose
***Manfreda revoluta* (Klotzsch) Rose
Manfreda scabra (Ortega) McVaugh
Milla biflora Cav.
**Milla magnifica* H.E. Moore
**Nolina parviflora* (Kunth) Hemsl.
**Polianthes geminiflora* (Lex.) Rose
**Polianthes pringlei* Rose
Polianthes tuberosa L.
**Yucca filifera* Chabaud
Yucca guatemalensis Baker

Bromeliaceae
Bromelia hemisphaerica Lam.
Bromelia pinguin L.
Catopsis nutans (Sw.) Griseb.
Catopsis paniculata E. Morren
Catopsis sessiliflora (Ruiz & Pav.) Mez
**Hechtia caerulea* (Matuda) L.B. Sm.
Hechtia glomerata Zucc.
**Hechtia hintoniana* Burt-Utley, Utley & García-Mend.
**Hechtia marnier-lapostollei* L.B. Sm.
**Hechtia matudae* L.B. Sm.
**Hechtia podantha* Mez

Apéndice 4: Continuación.

**Hechtia tillandsioides* (André) L.B. Sm.
**Pitcairnia cylindrostachya* L.B. Sm.
**Pitcairnia flexuosa* L.B. Sm.
Pitcairnia heterophylla (Lindl.) Beer
**Pitcairnia hintoniana* L.B. Sm.
**Pitcairnia karwinskyana* Schult. & Schult. f.
**Pitcairnia micropoda* L.B. Sm.
**Pitcairnia palmeri* S. Watson
**Pitcairnia pteropoda* L.B. Sm.
**Tillandsia achyrostachys* E. Morren ex Baker
**Tillandsia andrieuxii* (Mez) L.B. Sm.
**Tillandsia bourgaei* Baker
Tillandsia brachycaulos Schltdl.
Tillandsia capitata Griseb.
Tillandsia caput-medusae E. Morren
**Tillandsia chaetophylla* Mez
**Tillandsia circinnatioides* Matuda
Tillandsia compressa Bertero ex Schult. & Schult. f.
**Tillandsia cossonii* Baker
Tillandsia dasyliriifolia Baker
**Tillandsia dugesii* Baker
**Tillandsia erubescens* Schltdl.
Tillandsia fasciculata Sw.
**Tillandsia hintoniana* L.B. Sm.
**Tillandsia hubertiana* Matuda
Tillandsia ionantha Planch.
Tillandsia juncea (Ruiz & Pav.) Poir.
**Tillandsia karwinskyana* Schult. f.
**Tillandsia kirchhoffiana* Wittm.
**Tillandsia langlasseana* Mez
**Tillandsia macdougallii* L.B. Sm.
Tillandsia makoyana Baker
**Tillandsia parryi* Baker
Tillandsia polystachia (L.) L.
**Tillandsia prodigiosa* (Lem.) Baker
Tillandsia recurvata (L.) L.
**Tillandsia roseospicata* Matuda
Tillandsia schiedeana Steud.
**Tillandsia sessemocinoi* López-Ferr., Espejo & P. Blanco
Tillandsia streptophylla Scheidw. ex E. Morren
**Tillandsia sueae* Ehlers
**Tillandsia superinsignis* Matuda
**Tillandsia supermexicana* Matuda
**Tillandsia thyrsigera* E. Morren ex Baker
Tillandsia usneoides (L.) L.
**Tillandsia violacea* Baker
***Tillandsia zacualpanensis* Ehlers & Wülfingh.
**Viridantha atroviridipetala* (Matuda) Espejo
**Viridantha ignesiae* (Mez) Espejo
**Viridantha lepidosepala* (L.B. Sm.) Espejo
Viridantha plumosa (Baker) Espejo
**Viridantha tortilis* (Klotzsch ex Baker) Espejo

Ceratophyllaceae
Ceratophyllum demersum L.

Commelinaceae
**Callisia insignis* C.B. Clarke
***Commelina bambusifolia* Matuda
Commelina coelestis Willd.
**Commelina congestipantha* López-Ferr., Espejo & Ceja
Commelina dianthifolia Delile
Commelina diffusa Burm. f.
Commelina elliptica Kunth
Commelina erecta L.
Commelina leiocarpa Benth.
Commelina orchioides Booth ex Lindl.
Commelina rufipes Seub.
**Commelina rzedowskii* López-Ferr., Espejo & Ceja
**Commelina scabra* Benth.
Commelina texcocana Matuda
Commelina tuberosa L.
Commelina virginica L.
**Gibasis consobrina* D.R. Hunt
Gibasis geniculata (Jacq.) Rohweder
**Gibasis karwinskyana* (Schult. f.) Rohweder
**Gibasis linearis* (Benth.) Rohweder
Gibasis pellucida (M. Martens & Galeotti) D.R. Hunt
Gibasis pulchella (Kunth) Raf.
**Gibasis venustula* (Kunth) D.R. Hunt
**Thyrsanthemum floribundum* (M. Martens & Galeotti) Pichon
**Thyrsanthemum goldianum* D.R. Hunt
**Thyrsanthemum macrophyllum* (Greenm.) Rohweder
Tinantia erecta (Jacq.) Schltdl.
Tinantia leiocalyx C.B. Clarke ex Donn. Sm.
Tinantia longipedunculata Standl. & Steyerm.
Tinantia parviflora Rohweder
Tinantia standleyi Steyerm.
Tradescantia commelinoides Schult. & Schult. f.
Tradescantia crassifolia Cav.
**Tradescantia llamasii* Matuda
Tradescantia standleyi Steyerm.

Apéndice 4: Continuación.

Tradescantia zebrina Bosse
**Tripogandra amplexans* Handlos
Tripogandra amplexicaulis (Klotzsch ex C.B. Clarke) Woodson
Tripogandra angustifolia (B.L. Rob.) Woodson
Tripogandra disgrega (Kunth) Woodson
Tripogandra purpurascens (S. Schauer) Handlos
Tripogandra serrulata (Vahl) Handlos
Weldenia candida Schult. f.

Cyperaceae
**Abildgaardia mexicana* (Palla) Kral
Amphiscirpus nevadensis (S. Watson) Oteng-Yeb.
Bolboschoenus maritimus (L.) Palla
Bulbostylis capillaris (L.) Kunth ex C.B. Clarke
Bulbostylis funckii (Steud.) C.B. Clarke
Bulbostylis juncoides (Vahl) Kük. ex Osten
Bulbostylis pubescens (J. Presl & C. Presl) Svenson
Bulbostylis tenuifolia (Rudge) J.F. Macbr.
Carex anisostachys Liebm.
Carex athrostachya Olney
**Carex aztecica* Mack.
Carex boliviensis Van Heurck & Müll. Arg.
Carex brunnipes Reznicek
Carex chordalis Liebm.
**Carex ciliaris* Fernald
**Carex cochranei* Reznicek
Carex cortesii Liebm.
**Carex coulteri* Boott ex Hemsl.
**Carex curviculmis* Reznicek
Carex echinata Murray
Carex geophila Mack.
Carex hermannii Cochrane
Carex humboldtiana Steud.
***Carex ixtapalucensis* Reznicek
**Carex longicaulis* Boeckeler
Carex longii Mack.
Carex lurida Wahlenb.
**Carex marianensis* Stacey
Carex orizabae Liebm.
Carex peucophila Holm
Carex planostachys Kunze
Carex polystachya Sw. ex Wahlenb.
Carex praegracilis W. Boott
***Carex tolucensis* (F.J. Herm.) Reznicek
**Carex tuberculata* Liebm.
**Carex turbinata* Liebm.
Carex vallicola Dewey
Carex xalapensis Kunth
Cyperus aggregatus (Willd.) Endl.
Cyperus amabilis Vahl
**Cyperus aschenbornianus* Boeckeler
Cyperus bipartitus Torr.
**Cyperus calderoniae* S. González
Cyperus canus J. Presl & C. Presl
Cyperus compressus L.
Cyperus digitatus Roxb.
Cyperus esculentus L.
Cyperus fendlerianus Boeckeler
Cyperus flavescens L.
Cyperus flavicomus Michx.
Cyperus hermaphroditus (Jacq.) Standl.
Cyperus ischnos Schltdl.
Cyperus laevigatus L.
Cyperus lanceolatus Poir.
Cyperus laxus Lam.
Cyperus manimae Kunth
Cyperus mutisii (Kunth) Andersson
Cyperus niger Ruiz & Pav.
Cyperus ochraceus Vahl
Cyperus odoratus L.
Cyperus pallidicolor (Kük.) G.C. Tucker
**Cyperus pennellii* O'Neill & Ben. Ayers
Cyperus prolixus Kunth
Cyperus pycnostachyus (Kunth) Kunth
Cyperus reflexus Vahl
Cyperus sanguineo-ater Boeckeler
Cyperus semiochraceus Boeckeler
Cyperus seslerioides Kunth
Cyperus spectabilis Link
Cyperus sphaerolepis Boeckeler
Cyperus squarrosus L.
Cyperus surinamensis Rottb.
Cyperus tenerrimus J. Presl & C. Presl
Cyperus tenuis Sw.
Cyperus virens Michx.
Eleocharis acicularis (L.) Roem. & Schult.
Eleocharis bonariensis Nees
Eleocharis cancellata S. Watson
Eleocharis cellulosa Torr.
**Eleocharis densa* Benth.
Eleocharis dombeyana Kunth
Eleocharis elegans (Kunth) Roem. & Schult.

Apéndice 4: Continuación.

Eleocharis filiculmis Kunth
Eleocharis geniculata (L.) Roem. & Schult.
Eleocharis macrostachya Britton
Eleocharis minima Kunth
Eleocharis montana (Kunth) Roem. & Schult.
Eleocharis montevidensis Kunth
Eleocharis mutata (L.) Roem. & Schult.
**Fimbristylis argillicola* Kral
Fimbristylis complanata (Retz.) Link
Fimbristylis dichotoma (L.) Vahl
Fimbristylis miliacea (L.) Vahl
Fuirena incompleta Nees
Fuirena simplex Vahl
**Karinia mexicana* (C.B. Clarke ex Britton) Reznicek & McVaugh
Kyllinga odorata Vahl
Kyllinga pumila Michx.
Lipocarpha micrantha (Vahl) G.C. Tucker
Rhynchospora aristata Boeckeler
Rhynchospora colorata (L.) H. Pfeiff.
Rhynchospora contracta (Nees) J. Raynal
Rhynchospora holoschoenoides (Rich.) Herter
Rhynchospora kunthii Nees ex Kunth
Rhynchospora nervosa (Vahl) Boeckeler
Schoenoplectus americanus (Pers.) Volkart ex Schinz & R. Keller
Schoenoplectus californicus (C.A. Mey.) Soják
Schoenoplectus tabernaemontani (C.C. Gmel.) Palla
Scleria ciliata Michx.
Scleria reticularis Michx.

Dioscoreaceae
Dioscorea carpomaculata O. Téllez & B.G. Schub.
Dioscorea convolvulacea Schltdl. & Cham.
**Dioscorea galeottiana* Kunth
**Dioscorea gallegosi* Matuda
**Dioscorea guerrerensis* R. Knuth
**Dioscorea hintonii* R. Knuth
**Dioscorea jaliscana* S. Watson
**Dioscorea liebmannii* Uline
**Dioscorea longituba* Uline
Dioscorea mexicana Scheidw.
**Dioscorea morelosana* (Uline) Matuda
Dioscorea nelsonii Uline ex R. Knuth
**Dioscorea pantojensis* R. Knuth
**Dioscorea platycolpota* Uline ex B.L. Rob.
**Dioscorea plumifera* B.L. Rob.
Dioscorea polygonoides Humb. & Bonpl. ex Willd.
**Dioscorea pringlei* B.L. Rob.
**Dioscorea remotiflora* Kunth
**Dioscorea sanchez-colinii* Matuda
Dioscorea subtomentosa Miranda
**Dioscorea temascaltepecensis* R. Knuth
**Dioscorea tolucana* (Matuda) Caddick & Wilkin
**Dioscorea tubiperianthia* Matuda
**Dioscorea ulinei* Greenm. ex R. Knuth
**Dioscorea urceolata* Uline
**Dioscorea uruapanensis* Matuda

Eriocaulaceae
Eriocaulon benthamii Kunth
**Eriocaulon jaliscanum* S. Watson
Eriocaulon microcephalum Kunth
**Eriocaulon schiedeanum* Körn.

Hydrocharitaceae
Limnobium laevigatum (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Heine
Najas guadalupensis (Spreng.) Magnus
Vallisneria americana Michx.

Hypoxidaceae
Hypoxis decumbens L.
Hypoxis fibrata Brackett
Hypoxis mexicana Schult. & Schult. f.

Iridaceae
Cipura campanulata Ravenna
Eleutherine latifolia (Standl. & L.O. Williams) Ravenna
Nemastylis tenuis (Herb.) S. Watson
Orthrosanthus exsertus (R.C. Foster) Ravenna
Sisyrinchium angustifolium Mill.
**Sisyrinchium angustissimum* (B.L. Rob. & Greenm.) Greenm. & C.H. Thomps.
Sisyrinchium arizonicum Rothr.
**Sisyrinchium bracteatum* Greenm.
Sisyrinchium cernuum (E.P. Bicknell) Kearney
Sisyrinchium convolutum Nocca
**Sisyrinchium conzattii* Calderón & Rzed.
**Sisyrinchium macrophyllum* Greenm.
**Sisyrinchium quadrangulatum* Klatt
Sisyrinchium scabrum Cham. & Schltdl.
**Sisyrinchium schaffneri* S. Watson
**Sisyrinchium serrulatum* (E.P. Bicknell) Espejo & López-Ferr.
Sisyrinchium tenuifolium Humb. & Bonpl. ex Willd.

Apéndice 4: Continuación.

**Sisyrinchium tolucense* Peyr.
**Tigridia alpestris* Molseed
**Tigridia augusta* Drapiez
**Tigridia ehrenbergii* (Schltdl.) Molseed
**Tigridia fosteri* Goldblatt
**Tigridia gracielae* Aarón Rodr. & Ortiz-Cat.
**Tigridia hallbergii* Molseed
**Tigridia longispatha* (Herb.) Goldblatt
**Tigridia matudae* Molseed
Tigridia meleagris (Lindl.) G. Nicholson
**Tigridia mexicana* Molseed
**Tigridia mortonii* Molseed
**Tigridia multiflora* (Herb.) Ravenna
Tigridia pavonia (L. f.) DC.
**Tigridia vanhouttei* Roezl ex Van Houtte

Juncaceae
Juncus acuminatus Michx.
Juncus balticus Willd.
Juncus bufonius L.
Juncus dichotomus Elliott
Juncus ebracteatus E. Mey.
Juncus effusus L.
Juncus imbricatus Laharpe
Juncus liebmannii J.F. Macbr.
Juncus marginatus Rostk.
Juncus microcephalus Kunth
Juncus xiphioides E. Mey.
Luzula caricina E. Mey.
Luzula denticulata Liebm.
Luzula racemosa Desv.

Juncaginaceae
Triglochin mexicana Kunth
Triglochin scilloides (Poir.) Mering & Kadereit

Liliaceae
**Calochortus barbatus* (Kunth) J.H. Painter
Calochortus fuscus Schult. f.
Calochortus ghiesbreghtii S. Watson
**Calochortus pringlei* B.L. Rob.
**Calochortus purpureus* (Kunth) Baker

Marantaceae
Calathea allouia (Aubl.) Lindl.
**Calathea atropurpurea* Matuda
**Calathea ovandensis* Matuda
Maranta arundinacea L.

Mayacaceae
Mayaca fluviatilis Aubl.

Melanthiaceae
**Anticlea frigida* (Schltdl. & Cham.) Zomlefer & Judd
Anticlea virescens (Kunth) Rydb.
Schoenocaulon officinale (Schltdl. & Cham.) A. Gray ex Benth.
**Schoenocaulon pringlei* Greenm.
**Schoenocaulon rzedowskii* Frame
**Schoenocaulon tenue* Brinker

Orchidaceae
**Alamania punicea* Lex.
Anathallis scariosa (Lex.) Pridgeon & M.W. Chase
**Arpophyllum spicatum* Lex.
Aulosepalum pyramidale (Lindl.) M.A. Dix & M.W. Dix
**Aulosepalum tenuiflorum* (Greenm.) Garay
Barkeria obovata (C. Presl) Christenson
**Barkeria scandens* (Lex.) Dressler & Halb.
Barkeria strophinx (Rchb. f.) Halb.
Barkeria uniflora (Lex.) Dressler & Halb.
**Bletia adenocarpa* Rchb. f.
Bletia campanulata Lex.
**Bletia coccinea* Lex.
**Bletia concolor* Dressler
Bletia gracilis Lodd.
**Bletia greenmaniana* L.O. Williams
**Bletia lilacina* A. Rich. & Galeotti
**Bletia macristhmochila* Greenm.
**Bletia neglecta* Sosa
**Bletia parkinsonii* Hook.
**Bletia punctata* Lex.
Bletia purpurata A. Rich. & Galeotti
Bletia purpurea (Lam.) DC.
Bletia reflexa Lindl.
**Bletia similis* Dressler
**Bletia urbana* Dressler
**Bulbophyllum nagelii* L.O. Williams
**Catasetum laminatum* Lindl.
**Clowesia thylaciochila* (Lem.) Dodson
**Corallorhiza bulbosa* A. Rich. & Galeotti
Corallorhiza macrantha Schltr.
Corallorhiza maculata (Raf.) Raf.

Apéndice 4: Continuación.

Corallorhiza odontorhiza (Willd.) Poir.
Corallorhiza striata Lindl.
Corallorhiza williamsii Correll
Corallorhiza wisteriana Conrad
**Cranichis subumbellata* A. Rich. & Galeotti
Cranichis sylvatica A. Rich. & Galeotti
**Cuitlauzina dubia* (S. Rosillo) Yáñez & Soto Arenas ex Solano
**Cuitlauzina pendula* Lex.
Cyclopogon elatus (Sw.) Schltr.
**Cyclopogon saccatus* (A. Rich. & Galeotti) Schltr.
Cypripedium irapeanum Lex.
Cyrtopodium macrobulbon (Lex.) G.A. Romero & Carnevali
**Deiregyne albovaginata* (C. Schweinf.) Garay
**Deiregyne densiflora* (C. Schweinf.) Salazar & Soto Arenas
Deiregyne eriophora (B.L. Rob. & Greenm.) Garay
**Deiregyne pseudopyramidalis* (L.O. Williams) Garay
**Deiregyne rhombilabia* Garay
**Deiregyne tenorioi* Soto Arenas & Salazar
Dichaea squarrosa Lindl.
**Dichaea trichocarpa* (Sw.) Lindl.
Dichromanthus aurantiacus (Lex.) Salazar & Soto Arenas
Dichromanthus cinnabarinus (Lex.) Garay
Dichromanthus michuacanus (Lex.) Salazar & Soto Arenas
**Domingoa kienastii* (Rchb. f.) Dressler
Encyclia adenocarpa (Lex.) Schltr.
**Encyclia adenocaula* (Lex.) Schltr.
**Encyclia meliosma* (Rchb. f.) Schltr.
**Encyclia microbulbon* (Hook.) Schltr.
**Epidendrum anisatum* Lex.
Epidendrum ciliare L.
Epidendrum clowesii Bateman ex Lindl.
**Epidendrum cusii* Hágsater
**Epidendrum dorsocarinatum* Hágsater
Epidendrum eximium L.O. Williams
**Epidendrum lignosum* Lex.
**Epidendrum matudae* L.O. Williams
**Epidendrum miserum* Lindl.
Epidendrum parkinsonianum Hook.
**Erycina hyalinobulbon* (Lex.) N.H. Williams & M.W. Chase
Funkiella hyemalis (A. Rich. & Galeotti) Schltr.
Funkiella minutiflora (A. Rich. & Galeotti) Salazar & Soto Arenas
Funkiella parasitica (A. Rich. & Galeotti) Salazar & Soto Arenas
Funkiella rubrocallosa (B.L. Rob. & Greenm.) Salazar & Soto Arenas
Galeoglossum tubulosum (Lindl.) Salazar & Soto Arenas
Galeottiella sarcoglossa (A. Rich. & Galeotti) Schltr.
Goodyera striata Rchb. f.
**Govenia capitata* Lindl.
**Govenia dressleriana* E.W. Greenw.
Govenia lagenophora Lindl.
Govenia liliacea (Lex.) Lindl.
Govenia purpusii Schltr.
Govenia superba (Lex.) Lindl.
Guarianthe aurantiaca (Bateman ex Lindl.) Dressler & W.E. Higgins
**Habenaria calicis* R. González
Habenaria clypeata Lindl.
Habenaria crassicornis Lindl.
Habenaria diffusa A. Rich. & Galeotti
**Habenaria filifera* S. Watson
**Habenaria flexuosa* Lindl.
**Habenaria gonzaleztamayoi* García-Cruz, R. Jiménez & L. Sánchez
Habenaria guadalajarana S. Watson
**Habenaria jaliscana* S. Watson
**Habenaria macvaughiana* R. González
Habenaria novemfida Lindl.
**Habenaria oreophila* Greenm.
***Habenaria ortiziana* R. González
Habenaria pringlei B.L. Rob.
Habenaria quinqueseta (Michx.) Eaton
**Habenaria rosulifolia* Espejo & López-Ferr.
**Habenaria rzedowskiana* R. González
Habenaria strictissima Rchb. f.
Habenaria trifida Kunth
**Habenaria uncata* R. Jiménez, L. Sánchez & García-Cruz
**Habenaria virens* A. Rich. & Galeotti
**Habenaria zamudioana* R. González
**Hagsatera brachycolumna* (L.O. Williams) R. González
**Hexalectris brevicaulis* L.O. Williams
Hexalectris grandiflora (A. Rich. & Galeotti) L.O. Williams
**Hintonella mexicana* Ames
**Homalopetalum pachyphyllum* (L.O. Williams) Dressler
Homalopetalum pumilio (Rchb. f.) Schltr.
**Isochilus bracteatus* (Lex.) Salazar & Soto Arenas ex López-Ferr. & Espejo
Isochilus chiriquensis Schltr.
Isochilus linearis (Jacq.) R. Br.
**Jacquiniella cernua* (Lindl.) Dressler
Jacquiniella leucomelana (Rchb. f.) Schltr.
**Kionophyton sawyeri* (Standl. & L.O. Williams) Garay
Kionophyton seminuda (Schltr.) Garay
**Laelia autumnalis* (Lex.) Lindl.
Laelia rubescens Lindl.

Apéndice 4: Continuación.

**Laelia speciosa* (Kunth) Schltr.
Leochilus carinatus (Knowles & Westc.) Lindl.
**Lepanthes nagelii* Salazar & Soto Arenas
Liparis cordiformis C. Schweinf.
**Liparis draculoides* E.W. Greenw.
**Liparis greenwoodiana* Espejo
Liparis vexillifera (Lex.) Cogn.
**Macroclinium lexarzanum* (Hágsater & R. González) Dodson
Malaxis abieticola Salazar & Soto Arenas
**Malaxis amplexicolumna* E.W. Greenw. & R. González
Malaxis carnosa (Kunth) C. Schweinf.
Malaxis corymbosa (S. Watson) Kuntze
Malaxis elliptica A. Rich. & Galeotti
**Malaxis espejoi* R. González, Lizb. Hern. & E. Ramírez
Malaxis fastigiata (Rchb. f.) Kuntze
Malaxis histionantha (Link, Klotzsch & Otto) Garay & Dunst.
Malaxis lepidota (Finet) Ames
**Malaxis lyonnetii* Salazar
Malaxis maianthemifolia Schltdl. & Cham.
**Malaxis myurus* (Lindl.) Kuntze
**Malaxis reichei* (Schltr.) Ames & C. Schweinf.
**Malaxis ribana* Espejo & López-Ferr.
**Malaxis rosei* Ames
**Malaxis rosilloi* R. González & E.W. Greenw.
***Malaxis rzedowskiana* R. González
Malaxis soulei L.O. Williams
**Malaxis streptopetala* (B.L. Rob. & Greenm.) Ames
**Malaxis stricta* L.O. Williams
Malaxis unifolia Michx.
**Malaxis zempoalensis* López-Ferr. & Espejo
Maxillaria cucullata Lindl.
**Maxillaria houtteana* Rchb. f.
**Maxillaria lexarzana* Soto Arenas & F. Chiang
**Maxillaria mexicana* J.T. Atwood
Maxillaria variabilis Bateman ex Lindl.
Mesadenus polyanthus (Rchb. f.) Schltr.
**Mesadenus tenuissimus* (L.O. Williams) Garay
**Microepidendrum subulatifolium* (A. Rich. & Galeotti) W.E. Higgins
**Mormodes aromatica* Lindl.
**Nemaconia dressleriana* (Soto Arenas) Van den Berg, Salazar & Soto Arenas
**Oestlundia ligulata* (La Llave & Lex.) Soto Arenas
Oncidium brachyandrum Lindl.
Oncidium geertianum C. Morren
**Oncidium ghiesbreghtianum* A. Rich. & Galeotti
**Oncidium hastatum* (Bateman) Lindl.
**Oncidium karwinskii* (Lindl.) Lindl.
**Oncidium microstigma* Rchb. f.
Oncidium reflexum Lindl.
Oncidium reichenheimii (Linden & Rchb. f.) Garay & Stacy
**Oncidium suave* Lindl.
Oncidium tigrinum Lex.
**Oncidium unguiculatum* Lindl.
**Physogyne sparsiflora* (C. Schweinf.) Garay
Platanthera brevifolia (Greene) Kraenzl.
Platanthera limosa Lindl.
**Ponera exilis* Dressler
Ponthieva ephippium Rchb. f.
Ponthieva formosa Schltr.
**Ponthieva hildae* R. González & R. Soltero
Ponthieva mexicana (A. Rich. & Galeotti) Salazar
Ponthieva racemosa (Walter) C. Mohr
Ponthieva schaffneri (Rchb. f.) E.W. Greenw.
Prescottia stachyodes (Sw.) Lindl.
Prosthechea brassavolae (Rchb. f.) W.E. Higgins
Prosthechea chondylobulbon (A. Rich. & Galeotti) W.E. Higgins
**Prosthechea citrina* (Lex.) W.E. Higgins
**Prosthechea concolor* (Lex.) W.E. Higgins
**Prosthechea cretacea* (Dressler & G.E. Pollard) W.E. Higgins
Prosthechea michuacana (Lex.) W.E. Higgins
**Prosthechea micropus* (Rchb. f.) W.E. Higgins
**Prosthechea mulasii* Soto Arenas & L. Cerv.
**Prosthechea pastoris* (Lex.) Espejo & López-Ferr.
**Prosthechea pringlei* (Rolfe) W.E. Higgins
**Prosthechea pterocarpa* (Lindl.) W.E. Higgins
**Prosthechea punctulata* (Rchb. f.) Soto Arenas & Salazar
**Prosthechea squalida* (Lex.) Soto Arenas & Salazar
Prosthechea varicosa (Bateman ex Lindl.) W.E. Higgins
**Rhynchostele aptera* (Lex.) Soto Arenas & Salazar
**Rhynchostele cervantesii* (Lex.) Soto Arenas & Salazar
Rhynchostele maculata (Lex.) Soto Arenas & Salazar
**Rossioglossum insleayi* (Baker ex Lindl.) Garay & G.C. Kenn.
Sacoila lanceolata (Aubl.) Garay
Sarcoglottis corymbosa Garay
Sarcoglottis schaffneri (Rchb. f.) Ames
Scaphyglottis sessilis (Rchb. f.) Foldats
**Schiedeella affinis* (C. Schweinf.) Salazar
**Schiedeella crenulata* (L.O. Williams) Espejo & López-Ferr.
Schiedeella durangensis (Ames & C. Schweinf.) Burns-Bal.
**Schiedeella garayana* R. González
Schiedeella llaveana (Lindl.) Schltr.

Apéndice 4: Continuación.

**Schiedeella tenella* (L.O. Williams) Burns-Bal.
**Sobralia galeottiana* A. Rich.
**Sotoa confusa* (Garay) Salazar
Spiranthes graminea Lindl.
Spiranthes nebulorum Catling & V.R. Catling
**Stanhopea hernandezii* (Kunth) Schltr.
Stelis emarginata (Lindl.) Soto Arenas & Solano
Stelis greenwoodii Soto Arenas & Solano
**Stelis nigriflora* (L.O. Williams) Pridgeon & M.W. Chase
**Stelis oestlundiana* (L.O. Williams) Pridgeon & M.W. Chase
Stelis quadrifida (Lex.) Solano & Soto Arenas
**Stelis retusa* (Lex.) Pridgeon & M.W. Chase
Stelis villosa (Knowles & Westc.) Pridgeon & M.W. Chase
**Stelis xerophila* (Schltr.) Soto Arenas
**Svenkoeltzia congestiflora* (L.O. Williams) Burns-Bal.
Tamayorkis ehrenbergii (Rchb. f.) R. González & Szlach.
Trichocentrum brachyphyllum (Lindl.) R. Jiménez
Trichocentrum cebolleta (Jacq.) M.W. Chase & N.H. Williams
**Trichocentrum pachyphyllum* (Hook.) R. Jiménez & Carnevali
Triphora trianthophora (Sw.) Rydb.

Poaceae
**Achnatherum constrictum* (Hitchc.) Valdés-Reyna & Barkworth
Achnatherum eminens (Cav.) Barkworth
**Agrostis bourgaei* E. Fourn.
***Agrostis calderoniae* Acosta
Agrostis ghiesbreghtii E. Fourn.
Agrostis hyemalis (Walter) Britton, Sterns & Poggenb.
**Agrostis liebmannii* (E. Fourn.) Hitchc.
Agrostis mertensii Trin.
Agrostis perennans (Walter) Tuck.
**Agrostis schaffneri* E. Fourn.
Agrostis subpatens Hitchc.
Agrostis tolucensis Kunth
Amelichloa clandestina (Hack.) Arriaga & Barkworth
Andropogon bicornis L.
Andropogon gerardi Vitman
Andropogon glomeratus (Walter) Britton, Sterns & Poggenb.
Andropogon liebmannii Hack.
**Andropogon pringlei* Scribn. & Merr.
Andropogon ternarius Michx.
Anthephora hermaphrodita (L.) Kuntze
**Anthoxanthum mexicanum* (Rupr. ex E. Fourn.) Mez
Aristida adscensionis L.
Aristida appressa Vasey
Aristida arizonica Vasey
Aristida capillacea Lam.
Aristida divaricata Humb. & Bonpl. ex Willd.
Aristida gibbosa (Nees) Kunth
Aristida havardii Vasey
**Aristida hintonii* Hitchc.
Aristida jorullensis Kunth
Aristida laxa Cav.
Aristida pansa Wooton & Standl.
Aristida purpurea Nutt.
Aristida schiedeana Trin. & Rupr.
Aristida ternipes Cav.
Arundinella berteroniana (Schult.) Hitchc. & Chase
Arundinella deppeana Nees ex Steud.
Arundinella hispida (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Kuntze
**Aulonemia laxa* (F. Maek.) McClure
Avenella flexuosa (L.) Drejer
Axonopus arsenei Swallen
Axonopus compressus (Sw.) P. Beauv.
Bothriochloa barbinodis (Lag.) Herter
Bothriochloa hirtifolia (J. Presl) Henrard
Bothriochloa hybrida (Gould) Gould
Bothriochloa laguroides (DC.) Herter
Bouteloua alamosana Vasey
Bouteloua aristidoides (Kunth) Griseb.
Bouteloua barbata Lag.
Bouteloua chondrosioides (Kunth) Benth. ex S. Watson
Bouteloua curtipendula (Michx.) Torr.
Bouteloua dactyloides (Nutt.) Columbus
Bouteloua dimorpha Columbus
Bouteloua disticha (Kunth) Benth.
Bouteloua gracilis (Kunth) Lag. ex Griffiths
Bouteloua hirsuta Lag.
Bouteloua media (E. Fourn.) Gould & Kapadia
**Bouteloua multifida* (Griffiths) Columbus
**Bouteloua nervata* Swallen
Bouteloua parryi (E. Fourn.) Griffiths
**Bouteloua polymorpha* (E. Fourn.) Columbus
**Bouteloua purpurea* Gould & Kapadia
Bouteloua repens (Kunth) Scribn. & Merr.
**Bouteloua scorpioides* Lag.
Bouteloua simplex Lag.
Bouteloua triaena (Trin. ex Spreng.) Scribn.
Bouteloua uniflora Vasey
Bouteloua williamsii Swallen
Brachypodium mexicanum (Roem. & Schult.) Link
Bromus anomalus Rupr. ex E. Fourn.

Apéndice 4: Continuación.

Bromus carinatus Hook. & Arn.
Bromus dolichocarpus Wagnon
Bromus exaltatus Bernh.
**Calamagrostis eriantha* (Kunth) Steud.
**Calamagrostis orizabae* (Rupr. ex E. Fourn.) Beal
Calamagrostis tolucensis (Kunth) Trin. ex Steud.
Cenchrus distachyus (E. Fourn.) Morrone
**Cenchrus durus* (Beal) Morrone
Cenchrus echinatus L.
**Cenchrus michoacanus* H.F. Gut. & Morrone
Cenchrus myosuroides Kunth
Cenchrus pilosus Kunth
Cenchrus spinifex Cav.
**Chaboissaea ligulata* E. Fourn.
Chaetium bromoides (J. Presl) Benth. ex Hemsl.
Chascolytrum subaristatum (Lam.) Desv.
Chloris rufescens Lag.
Chloris submutica Kunth
**Chusquea bilimekii* E. Fourn.
Chusquea cortesii L.G. Clark & Ruiz-Sanchez
Cinna poiformis (Kunth) Scribn. & Merr.
Deschampsia elongata (Hook.) Munro
**Deschampsia liebmanniana* (E. Fourn.) Hitchc.
Dichanthelium commutatum (Schult.) Gould
Dichanthelium dichotomum (L.) Gould
Dichanthelium ovale (Elliott) Gould & C.A. Clark
Dichanthelium sphaerocarpon (Elliott) Gould
Diectomis fastigiata (Sw.) P. Beauv.
Digitaria argillacea (Hitchc. & Chase) Fernald
**Digitaria badia* (Scribn. & Merr.) Fernald
Digitaria bicornis (Lam.) Roem. & Schult.
Digitaria curtigluma Hitchc.
Digitaria filiformis (L.) Koeler
Digitaria horizontalis Willd.
Digitaria insularis (L.) Mez ex Ekman
Digitaria leucites (Trin.) Henrard
**Digitaria michoacanensis* Sánchez-Ken
Dinebra panicea (Retz.) P.M. Peterson & N. Snow
Diplachne fusca (L.) P. Beauv. ex Roem. & Schult.
Disakisperma dubium (Kunth) P.M. Peterson & N. Snow
Distichlis spicata (L.) Greene
Echinochloa crus-pavonis (Kunth) Schult.
Echinochloa holciformis (Kunth) Chase
**Echinochloa jaliscana* McVaugh
Echinochloa oplismenoides (E. Fourn.) Hitchc.
Elionurus ciliaris Kunth
Elymus elymoides (Raf.) Swezey
**Elymus pringlei* Scribn. & Merr.
Eragrostis guatemalensis Witherspoon
Eragrostis intermedia Hitchc.
Eragrostis japonica (Thunb.) Trin.
Eragrostis lugens Nees
Eragrostis maypurensis (Kunth) Steud.
Eragrostis mexicana (Hornem.) Link
Eragrostis pectinacea (Michx.) Nees
**Eragrostis plumbea* Scribn. ex Beal
Eragrostis swallenii Hitchc.
Eriochloa lemmonii Vasey & Scribn.
Eriochloa nelsonii Scribn. & J.G. Sm.
Eriochloa punctata (L.) Desv. ex Ham.
Erioneuron avenaceum (Kunth) Tateoka
Festuca amplissima Rupr.
Festuca breviglumis Swallen
Festuca hephaestophila Nees ex Steud.
Festuca livida (Kunth) Willd. ex Spreng.
Festuca lugens (E. Fourn.) Hitchc. ex Hern.-Xol.
**Festuca orizabensis* E.B. Alexeev
Festuca rosei Piper
**Festuca rzedowskiana* E.B. Alexeev
Festuca tolucensis Kunth
Festuca willdenowiana Schult. & Schult. f.
***Festuca* × *miscella* Darbysh.
Glyceria striata (Lam.) Hitchc.
Heteropogon contortus (L.) P. Beauv. ex Roem. & Schult.
Heteropogon melanocarpus (Elliott) Benth.
Hilaria belangeri (Steud.) Nash
Hilaria cenchroides Kunth
**Hilaria hintonii* Sohns
Hopia obtusa (Kunth) Zuloaga & Morrone
Ixophorus unisetus (J. Presl) Schltdl.
Jarava ichu Ruiz & Pav.
Kalinia obtusiflora (E. Fourn.) H.L. Bell & Columbus
Koeleria pyramidata (Lam.) P. Beauv.
Lasiacis divaricata (L.) Hitchc.
Lasiacis nigra Davidse
Lasiacis procerrima (Hack.) Hitchc.
Lasiacis ruscifolia (Kunth) Hitchc.
Lasiacis sorghoidea (Desv. ex Ham.) Hitchc. & Chase
Leersia hexandra Sw.
Louisiella elephantipes (Nees ex Trin.) Zuloaga
Luziola fluitans (Michx.) Terrell & H. Rob.
Luziola peruviana Juss. ex J.F. Gmel.

Apéndice 4: Continuación.

**Metcalfia mexicana* (Scribn.) Conert
Microchloa kunthii Desv.
Mnesithea granularis (L.) de Koning & Sosef
Morronea parviglumis (Hack.) Zuloaga & Scataglini
**Muhlenbergia alamosae* Vasey
Muhlenbergia brevis C.O. Goodd.
**Muhlenbergia breviseta* Griseb. ex E. Fourn.
Muhlenbergia calcicola Swallen
Muhlenbergia capillaris (Lam.) Trin.
Muhlenbergia cenchroides (Humb. & Bonpl. ex Willd.) P.M. Peterson
Muhlenbergia ciliata (Kunth) Trin.
Muhlenbergia depauperata Scribn.
Muhlenbergia distans Swallen
Muhlenbergia distichophylla (J. Presl) Kunth
Muhlenbergia diversiglumis Trin.
Muhlenbergia dubia E. Fourn.
Muhlenbergia emersleyi Vasey
**Muhlenbergia eriophylla* Swallen
**Muhlenbergia gigantea* (E. Fourn.) Hitchc.
Muhlenbergia glauca (Nees) B.D. Jacks.
**Muhlenbergia hintonii* Swallen
Muhlenbergia implicata (Kunth) Trin.
**Muhlenbergia lucida* Swallen
Muhlenbergia macroura (Kunth) Hitchc.
Muhlenbergia microsperma (DC.) Kunth
Muhlenbergia minutissima (Steud.) Swallen
Muhlenbergia montana (Nutt.) Hitchc.
Muhlenbergia nigra Hitchc.
Muhlenbergia orophila Swallen
Muhlenbergia pectinata C.O. Goodd.
Muhlenbergia pereilema P.M. Peterson
Muhlenbergia peruviana (P. Beauv.) Steud.
Muhlenbergia phalaroides (Kunth) P.M. Peterson
Muhlenbergia phleoides (Kunth) Columbus
**Muhlenbergia pilosa* P.M. Peterson, Wipff & S.D. Jones
Muhlenbergia plumbea (Trin.) Hitchc.
Muhlenbergia plumiseta Columbus
Muhlenbergia polycaulis Scribn.
**Muhlenbergia pubescens* (Kunth) Hitchc.
Muhlenbergia quadridentata (Kunth) Trin.
Muhlenbergia ramulosa (Kunth) Swallen
Muhlenbergia repens (J. Presl) Hitchc.
Muhlenbergia rigida (Kunth) Kunth
Muhlenbergia robusta (E. Fourn.) Hitchc.
**Muhlenbergia schmitzii* Hack.
Muhlenbergia spiciformis Trin.
**Muhlenbergia stricta* (J. Presl) Kunth
**Muhlenbergia strictior* Scribn. ex Beal
**Muhlenbergia subaristata* Swallen
Muhlenbergia tenella (Kunth) Trin.
Muhlenbergia tenuifolia (Kunth) Kunth
Muhlenbergia tricholepis (Torr.) Columbus
Muhlenbergia uniseta (Lag.) Columbus
Muhlenbergia utilis (Torr.) Hitchc.
Muhlenbergia vaginata Swallen
Muhlenbergia versicolor Swallen
Muhlenbergia virescens (Kunth) Trin.
**Muhlenbergia virletii* (E. Fourn.) Soderstr.
Munroa pulchella (Kunth) L.D. Amarilla
Nassella leucotricha (Trin. & Rupr.) R.W. Pohl
Nassella linearifolia (E. Fourn.) R.W. Pohl
Nassella mexicana (Hitchc.) R.W. Pohl
Nassella mucronata (Kunth) R.W. Pohl
Nassella tenuissima (Trin.) Barkworth
Oplismenus burmannii (Retz.) P. Beauv.
Oplismenus compositus (L.) P. Beauv.
Oplismenus hirtellus (L.) P. Beauv.
**Otatea acuminata* (Munro) C.E. Calderón & Soderstr.
**Panicum aztecanum* Zuloaga & Morrone
Panicum capillare L.
**Panicum decolorans* Kunth
Panicum dichotomiflorum Michx.
Panicum ghiesbreghtii E. Fourn.
Panicum hallii Vasey
Panicum lepidulum Hitchc. & Chase
Panicum parcum Hitchc. & Chase
Panicum plenum Hitchc. & Chase
Panicum trichoides Sw.
**Panicum vaseyanum* Scribn. ex Beal
Pappophorum bicolor E. Fourn.
Paspalum affine Steud.
**Paspalum arsenei* Chase
Paspalum botterii (E. Fourn.) Chase
Paspalum conjugatum P.J. Bergius
Paspalum conspersum Schrad.
Paspalum convexum Humb. & Bonpl. ex Flüggé
Paspalum cymbiforme E. Fourn.
Paspalum denticulatum Trin.
Paspalum distichum L.
Paspalum fimbriatum Kunth
**Paspalum hintonii* Chase
Paspalum humboldtianum Flüggé

Apéndice 4: Continuación.

Paspalum intermedium Munro ex Morong & Britton
**Paspalum luxurians* R. Guzmán & L. Rico
Paspalum minus E. Fourn.
Paspalum multicaule Poir.
Paspalum notatum Alain ex Flüggé
Paspalum paniculatum L.
Paspalum pilosum Lam.
Paspalum plenum Chase
Paspalum plicatulum Michx.
Paspalum prostratum Scribn. & Merr.
Paspalum pubiflorum Rupr. ex E. Fourn.
Paspalum setaceum Michx.
Paspalum squamulatum E. Fourn.
Paspalum tenellum Willd.
Paspalum tinctum Chase
***Paspalum tolucense* R. Guzmán
Paspalum tumidum Kuhlm.
Paspalum virgatum L.
Peyritschia deyeuxioides (Kunth) Finot
**Peyritschia koelerioides* (Peyr.) E. Fourn.
Peyritschia pringlei (Scribn.) S.D. Koch
Phragmites australis (Cav.) Trin. ex Steud.
**Piptochaetium brevicalyx* (E. Fourn.) Ricker
Piptochaetium fimbriatum (Kunth) Hitchc.
Piptochaetium seleri (Pilg.) Henrard
Piptochaetium virescens (Kunth) Parodi
Poa calycina (J. Presl) Kunth
Poa chamaeclinos Pilg.
Poa orizabensis Hitchc.
**Poa ruprechtii* Peyr.
Poa scaberula Hook. f.
Poa seleri Pilg.
**Poa sharpii* Swallen
Polypogon elongatus Kunth
Sacciolepis myuros (Lam.) Chase
Schizachyrium brevifolium (Sw.) Nees ex Büse
Schizachyrium cirratum (Hack.) Wooton & Standl.
Schizachyrium condensatum (Kunth) Nees
**Schizachyrium mexicanum* (Hitchc.) A. Camus
Schizachyrium sanguineum (Retz.) Alston
Schizachyrium semitectum (Swallen) Reeder
Schizachyrium tenerum Nees
Setaria geminata (Forssk.) Veldkamp
Setaria grisebachii E. Fourn.
Setaria liebmannii E. Fourn.
Setaria parviflora (Poir.) Kerguélen
Setariopsis auriculata (E. Fourn.) Scribn.
**Setariopsis latiglumis* (Vasey) Scribn.
Sorghastrum incompletum (J. Presl) Nash
Sorghastrum nutans (L.) Nash
**Sporobolus atrovirens* (Kunth) Kunth
**Sporobolus hintonii* W. Hartley
Sporobolus macrospermus Scribn. ex Beal
Sporobolus pyramidatus (Lam.) Hitchc.
**Sporobolus trichodes* Hitchc.
**Sporobolus viscidus* Sohns
**Steinchisma cupreum* (Hitchc. & Chase) W.V. Br.
Steinchisma hians (Elliott) Nash
Steinchisma laxum (Sw.) Zuloaga
Tetrapogon chlorideus (J. Presl) P.M. Peterson
Trachypogon spicatus (L. f.) Kuntze
**Triniochloa micrantha* (Scribn.) Hitchc.
Triniochloa stipoides (Kunth) Hitchc.
Tripogonella spicata (Nees) P.M. Peterson & Romasch.
**Tripsacum bravum* J.R. Gray
Tripsacum dactyloides (L.) L.
Tripsacum lanceolatum Rupr. ex E. Fourn.
Tripsacum pilosum Scribn. & Merr.
Trisetum irazuense (Kuntze) Hitchc.
**Trisetum mexicanum* (Swallen) S.D. Koch
Trisetum spicatum (L.) K. Richt.
Trisetum viride (Kunth) Kunth
**Trisetum virletii* E. Fourn.
Tristachya avenacea (J. Presl) Scribn. & Merr.
**Urochloa discifera* (E. Fourn.) Morrone & Zuloaga
**Urochloa meziana* (Hitchc.) Morrone & Zuloaga
Urochloa mollis (Sw.) Morrone & Zuloaga
Zea mays L.
**Zea perennis* (Hitchc.) Reeves & Mangelsd.
Zeugites americanus Willd.
**Zeugites capillaris* (Hitchc.) Swallen
**Zeugites hackelii* Swallen
**Zeugites hintonii* W. Hartley
**Zeugites sagittatus* W. Hartley
**Zeugites smilacifolius* Scribn.
Zuloagaea bulbosa (Kunth) Bess

Pontederiaceae
Heteranthera limosa (Sw.) Willd.
Heteranthera peduncularis Benth.
Heteranthera reniformis Ruiz & Pav.
Heteranthera rotundifolia (Kunth) Griseb.

Apéndice 4: Continuación.

Potamogetonaceae
Potamogeton foliosus Raf.
Potamogeton illinoensis Morong
Potamogeton nodosus Poir.
Potamogeton pusillus L.
Stuckenia pectinata (L.) Börner
Zannichellia palustris L.

Ruppiaceae
Ruppia maritima L.

Smilacaceae
Smilax laurifolia L.
Smilax mollis Humb. & Bonpl. ex Willd.
Smilax moranensis M. Martens & Galeotti
**Smilax pringlei* Greenm.
Smilax subpubescens A. DC.

Typhaceae
Sparganium eurycarpum Engelm.
Typha domingensis Pers.
Typha latifolia L.

EUDICOTILEDÓNEAS
Acanthaceae
Anisacanthus quadrifidus (Vahl) Nees
Aphelandra aurantiaca (Scheidw.) Lindl.
**Aphelandra lineariloba* Leonard
Barleria oenotheroides Dum. Cours.
**Carlowrightia pectinata* Brandegee
**Dicliptera inaequalis* Greenm.
**Dicliptera peduncularis* Nees
Dicliptera resupinata (Vahl) A. Juss.
**Dicliptera thlaspioides* Nees
**Dyschoriste hirsutissima* (Nees) Kuntze
**Dyschoriste microphylla* (Cav.) Kuntze
Dyschoriste ovata (Cav.) Kuntze
Dyschoriste quadrangularis (Oerst.) Kuntze
Dyschoriste schiedeana (Nees) Kuntze
Elytraria imbricata (Vahl) Pers.
**Elytraria mexicana* Fryxell & S.D. Koch
Henrya insularis Nees
Justicia aurea Schltdl.
Justicia caudata A. Gray
Justicia fulvicoma Schltdl. & Cham.
**Justicia furcata* Jacq.
Justicia pringlei B.L. Rob.
**Justicia salviiflora* Kunth
Justicia spicigera Schltdl.
**Poikilacanthus capitatus* (Leonard) Ramamoorthy
Pseuderanthemum cuspidatum (Nees) Radlk.
Pseuderanthemum praecox (Benth.) Leonard
Pseuderanthemum standleyi Leonard
Ruellia blechum L.
**Ruellia bourgaei* Hemsl.
Ruellia hookeriana (Nees) Hemsl.
Ruellia inundata Kunth
Ruellia lactea Cav.
Ruellia parva (Nees) Hemsl.
**Ruellia speciosa* (Nees) Lindau
Ruellia spissa Leonard
Stenandrium dulce (Cav.) Nees
**Stenandrium verticillatum* Brandegee
**Tetramerium glandulosum* Oerst.
Tetramerium nervosum Nees
Tetramerium tenuissimum Rose

Actinidiaceae
**Saurauia serrata* DC.
Saurauia yasicae Loes.

Adoxaceae
Sambucus nigra L.
Viburnum acutifolium Benth.
**Viburnum ciliatum* Greenm.
**Viburnum elatum* Benth.
**Viburnum loeseneri* Graebn.
**Viburnum stenocalyx* (Oerst.) Hemsl.

Aizoaceae
Sesuvium portulacastrum (L.) L.
Trianthema portulacastrum L.

Altingiaceae
Liquidambar styraciflua L.

Amaranthaceae
Alternanthera caracasana Kunth
Alternanthera pungens Kunth
Amaranthus acutilobus Uline & W.L. Bray
Amaranthus hybridus L.
Amaranthus hypochondriacus L.

Apéndice 4: Continuación.

Amaranthus palmeri S. Watson
Amaranthus powellii S. Watson
Amaranthus spinosus L.
**Atriplex linifolia* Humb. & Bonpl. ex Willd.
**Atriplex muricata* Humb. & Bonpl. ex Willd.
Chamissoa altissima (Jacq.) Kunth
Chenopodium berlandieri Moq.
Chenopodium fremontii S. Watson
**Chenopodium mexicanum* Moq.
**Chenopodium nuttalliae* Saff.
Chenopodium pratericola Rydb.
Dysphania ambrosioides (L.) Mosyakin & Clemants
Dysphania graveolens (Willd.) Mosyakin & Clemants
Gomphrena nitida Rothr.
**Gomphrena parviceps* Standl.
**Gomphrena pringlei* J.M. Coult. & Fisher
Gomphrena serrata L.
Guilleminea densa (Humb. & Bonpl. ex Schult.) Moq.
**Iresine ajuscana* Suess. & Beyerle
Iresine arbuscula Uline & W.L. Bray
Iresine calea (Ibáñez) Standl.
**Iresine cassiniiformis* S. Schauer
Iresine diffusa Humb. & Bonpl. ex Willd.
Iresine grandis Standl.
Iresine herbstii Hook.
Iresine heterophylla Standl.
Iresine interrupta Benth.
Suaeda mexicana (Standl.) Standl.
Suaeda nigra (Raf.) J.F. Macbr.

Anacardiaceae
**Actinocheita filicina* (DC.) F.A. Barkley
***Amphipterygium adstringens* (Schltdl.) Standl.
**Comocladia mollissima* Kunth
**Cyrtocarpa procera* Kunth
Pistacia mexicana Kunth
***Pseudosmodingium andrieuxii* (Baill.) Engl.
**Pseudosmodingium perniciosum* (Kunth) Engl.
**Pseudosmodingium virletii* (Baill.) Engl.
Rhus aromatica Aiton
Rhus schiedeana Schltdl.
**Rhus standleyi* F.A. Barkley
Rhus terebinthifolia Schltdl. & Cham.
Rhus virens Lindh. ex A. Gray
Spondias purpurea L.
Toxicodendron radicans (L.) Kuntze

Apiaceae
**Angelica nelsonii* J.M. Coult. & Rose
Arracacia aegopodioides (Kunth) J.M. Coult. & Rose
Arracacia atropurpurea (Lehm.) Benth. & Hook. f. ex Hemsl.
**Arracacia longipedunculata* J.M. Coult. & Rose
**Arracacia quadrifida* Constance & Affolter
**Arracacia rigida* J.M. Coult. & Rose
Arracacia tolucensis (Kunth) Hemsl.
Bowlesia flabilis J.F. Macbr.
**Chaerophyllum orizabae* (I.M. Johnst.) K.F. Chung
**Chaerophyllum tolucanum* (I.M. Johnst.) K.F. Chung
Cyclospermum leptophyllum (Pers.) Sprague ex Britton & P. Wilson
Daucus montanus Humb. & Bonpl. ex Spreng.
**Donnellsmithia biennis* (J.M. Coult. & Rose) Mathias & Constance
**Donnellsmithia hintonii* Mathias & Constance
Donnellsmithia juncea (Spreng.) Mathias & Constance
**Donnellsmithia mexicana* (B.L. Rob.) Mathias & Constance
**Donnellsmithia serrata* (J.M. Coult. & Rose) Mathias & Constance
Enantiophylla heydeana J.M. Coult. & Rose
**Eryngium alternatum* J.M. Coult. & Rose
**Eryngium beecheyanum* Hook. & Arn.
**Eryngium bonplandii* F. Delaroche
Eryngium carlinae F. Delaroche
**Eryngium cervantesii* F. Delaroche
**Eryngium columnare* Hemsl.
**Eryngium comosum* F. Delaroche
Eryngium cymosum F. Delaroche
***Eryngium deppeanum* Schltdl. & Cham.
**Eryngium galeottii* Hemsl.
Eryngium ghiesbreghtii Decne.
Eryngium gracile F. Delaroche
Eryngium heterophyllum Engelm.
Eryngium humile Cav.
**Eryngium longifolium* Cav.
**Eryngium monocephalum* Cav.
***Eryngium pectinatum* C. Presl ex DC.
Eryngium phyteumae F. Delaroche
**Eryngium proteiflorum* F. Delaroche
**Eryngium serratum* Cav.
**Eryngium subacaule* Cav.
Lilaeopsis schaffneriana (Schltdl.) J.M. Coult. & Rose
Micropleura renifolia Lag.
***Neogoezia gracilipes* (Hemsl.) Hemsl.
***Neogoezia planipetala* (Hemsl.) Hemsl.
Osmorhiza mexicana Griseb.
**Prionosciadium acuminatum* B.L. Rob.

Apéndice 4: Continuación.

**Prionosciadium cuneatum* J.M. Coult. & Rose
**Prionosciadium diversifolium* Rose
**Prionosciadium nelsonii* J.M. Coult. & Rose
Prionosciadium thapsoides (DC.) Mathias
Rhodosciadium diffusum (J.M. Coult. & Rose) Mathias & Constance
Rhodosciadium glaucum J.M. Coult. & Rose
**Rhodosciadium purpureum* (Rose) Mathias & Constance
**Rhodosciadium tolucense* (Kunth) Mathias
**Rhodosciadium tuberosum* (J.M. Coult. & Rose) Drude
Sanicula liberta Cham. & Schltdl.
Spananthe paniculata Jacq.
**Tauschia alpina* (J.M. Coult. & Rose) Mathias
**Tauschia decumbens* (Benth.) J.M. Coult. & Rose
**Tauschia humilis* J.M. Coult. & Rose
***Tauschia neglecta* Calderón & Constance
Tauschia nudicaulis Schltdl.

Apocynaceae
Allamanda cathartica L.
Asclepias angustifolia Schweigg.
Asclepias auriculata Kunth
Asclepias curassavica L.
**Asclepias fournieri* Woodson
Asclepias glaucescens Kunth
Asclepias jaliscana B.L. Rob.
Asclepias linaria Cav.
**Asclepias lynchiana* Fishbein
**Asclepias mexicana* Cav.
**Asclepias notha* W.D. Stevens
**Asclepias nummularioides* W.D. Stevens
Asclepias oenotheroides Schltdl. & Cham.
**Asclepias otarioides* E. Fourn.
**Asclepias ovata* M. Martens & Galeotti
Asclepias pellucida E. Fourn.
**Asclepias pringlei* (Greenm.) Woodson
Asclepias quinquedentata A. Gray
Asclepias similis Hemsl.
Blepharodon mucronatum (Schltdl.) Decne.
Cascabela ovata (Cav.) Lippold
Cascabela thevetia (L.) Lippold
**Cascabela thevetioides* (Kunth) Lippold
**Cynanchum foetidum* (Cav.) Kunth
Cynanchum ligulatum (Benth.) Woodson
Dictyanthus asper (Mill.) W.D. Stevens
Dictyanthus parviflorus Hemsl.
**Dictyanthus pavonii* Decne.
**Dictyanthus reticulatus* (Turcz.) Benth. & Hook. f. ex Hemsl.
**Dictyanthus tigrinus* Conz. & Standl.
**Fernaldia asperoglottis* Woodson
Fernaldia pandurata (A. DC.) Woodson
Funastrum bilobum (Hook. & Arn.) J.F. Macbr.
Funastrum clausum (Jacq.) Schltr.
**Funastrum elegans* (Decne.) Schltr.
**Funastrum pannosum* (Decne.) Schltr.
Gonolobus barbatus Kunth
**Gonolobus chloranthus* Schltdl.
Gonolobus erianthus Decne.
Gonolobus fraternus Schltdl.
**Gonolobus grandiflorus* (Cav.) R. Br. ex Roem. & Schult.
**Gonolobus megalocarpus* Paul G. Wilson
**Gonolobus pectinatus* Brandegee
**Gonolobus sororius* A. Gray
**Gonolobus spiranthus* Juárez-Jaimes, W.D. Stevens & Lozada-Pérez
Gonolobus uniflorus Kunth
Haplophyton cimicidum A. DC.
**Laubertia contorta* (M. Martens & Galeotti) Woodson
**Mandevilla foliosa* (Müll. Arg.) Hemsl.
**Mandevilla holosericea* (Sessé & Moc.) J.K. Williams
Mandevilla hypoleuca (Benth.) Pichon
**Mandevilla mexicana* (Müll. Arg.) Woodson
Mandevilla subsagittata (Ruiz & Pav.) Woodson
Mandevilla torosa (Jacq.) Woodson
Mandevilla tubiflora (M. Martens & Galeotti) Woodson
Marsdenia bourgaeana (Baill.) W. Rothe
**Marsdenia edulis* S. Watson
Marsdenia lanata (Paul G. Wilson) W.D. Stevens
Marsdenia mexicana Decne.
Marsdenia trivirgulata Bartlett
**Marsdenia tubularis* L.O. Williams
**Marsdenia zimapanica* Hemsl.
**Matelea chrysantha* (Greenm.) Woodson
**Matelea congesta* (Decne.) Woodson
**Matelea crenata* (Vail) Woodson
**Matelea decumbens* W.D. Stevens
Matelea gonoloboides (B.L. Rob. & Greenm.) Woodson
**Matelea nummularia* (Decne.) Woodson
**Matelea pedunculata* (Decne.) Woodson
**Matelea pilosa* (Benth.) Woodson
**Metastelma lanceolatum* Schltr.
Metastelma schlechtendalii Decne.
**Orthosia angustifolia* (Turcz.) Liede & Meve
**Orthosia pubescens* (Greenm.) Liede & Meve

Apéndice 4: Continuación.

Pentalinon andrieuxii (Müll. Arg.) B.F. Hansen & Wunderlin
Pherotrichis villosa Meisn.
Plumeria rubra L.
Polystemma guatemalense (Schltr.) W.D. Stevens
Prestonia mexicana A. DC.
Rauvolfia tetraphylla L.
**Suberogerens cyclophylla* (Standl.) Morillo
Tabernaemontana alba Mill.
Tabernaemontana donnell-smithii Rose
Tabernaemontana odontadeniiflora A.O. Simões & M.E. Endress
Tabernaemontana tomentosa (Greenm.) A.O. Simões & M.E. Endress
**Thenardia floribunda* Kunth
**Thenardia galeottiana* Baill.
Tonduzia longifolia (A. DC.) Markgr.

Apodanthaceae
Pilostyles thurberi A. Gray

Aquifoliaceae
Ilex brandegeana Loes.
Ilex discolor Hemsl.
**Ilex mexicana* (Turcz.) Black ex Hemsl.

Araliaceae
Aralia humilis Cav.
Dendropanax arboreus (L.) Decne. & Planch.
Hydrocotyle mexicana Schltdl. & Cham.
Hydrocotyle ranunculoides L. f.
Hydrocotyle umbellata L.
Hydrocotyle verticillata Thunb.
Oreopanax echinops (Cham. & Schltdl.) Decne. & Planch.
Oreopanax peltatus Linden ex Regel
Oreopanax xalapensis (Kunth) Decne. & Planch.

Asteraceae
Achillea millefolium L.
**Achyropappus anthemoides* Kunth
Acmella radicans (Jacq.) R.K. Jansen
Acmella repens (Walter) Rich.
**Acourtia cordata* (Cerv.) B.L. Turner
**Acourtia cuernavacana* (B.L. Rob. & Greenm.) Reveal & R.M. King
**Acourtia dugesii* (A. Gray) Reveal & R.M. King
**Acourtia fruticosa* (Lex.) B.L. Turner
**Acourtia glomeriflora* (A. Gray) Reveal & R.M. King
**Acourtia humboldtii* (Less.) B.L. Turner
**Acourtia lozanoi* (Greenm.) Reveal & R.M. King
**Acourtia moschata* (La Llave & Lex) DC.
**Acourtia platyptera* (B.L. Rob.) Reveal & R.M. King
Acourtia reticulata (Lag. ex D. Don) Reveal & R.M. King
**Acourtia turbinata* (Lex.) DC.
**Acourtia wislizeni* (A. Gray) Reveal & R.M. King
**Adenophyllum glandulosum* (Cav.) Strother
Adenophyllum porophyllum (Cav.) Hemsl.
**Adenophyllum pulcherrimum* (Strother) Villarreal
Ageratina adenophora (Spreng.) R.M. King & H. Rob.
Ageratina areolaris (DC.) Gage ex B.L. Turner
Ageratina bellidifolia (Benth.) R.M. King & H. Rob.
**Ageratina brevipes* (DC.) R.M. King & H. Rob.
**Ageratina calophylla* (Greene) R.M. King & H. Rob.
**Ageratina cardiophylla* (B.L. Rob.) R.M. King & H. Rob.
Ageratina chiapensis (B.L. Rob.) R.M. King & H. Rob.
**Ageratina choricephala* (B.L. Rob.) R.M. King & H. Rob.
Ageratina conspicua (Kunth & C.D. Bouché) R.M. King & H. Rob.
Ageratina crassiramea (B.L. Rob.) R.M. King & H. Rob.
**Ageratina cylindrica* (McVaugh) R.M. King & H. Rob.
**Ageratina deltoidea* (Jacq.) R.M. King & H. Rob.
**Ageratina enixa* (B.L. Rob.) R.M. King & H. Rob.
**Ageratina espinosarum* (A. Gray) R.M. King & H. Rob.
**Ageratina glabrata* (Kunth) R.M. King & H. Rob.
**Ageratina irrasa* (B.L. Rob.) R.M. King & H. Rob.
**Ageratina isolepis* (B.L. Rob.) R.M. King & H. Rob.
**Ageratina leiocarpa* (B.L. Rob.) Gage ex B.L. Turner
**Ageratina liebmannii* (Sch. Bip. ex Klatt) R.M. King & H. Rob.
Ageratina ligustrina (DC.) R.M. King & H. Rob.
**Ageratina lucida* (Ortega) R.M. King & H. Rob.
**Ageratina macvaughii* R.M. King & H. Rob.
Ageratina mairetiana (DC.) R.M. King & H. Rob.
**Ageratina malacolepis* (B.L. Rob.) R.M. King & H. Rob.
**Ageratina moorei* B.L. Turner
Ageratina muelleri (Sch. Bip. ex Klatt) R.M. King & H. Rob.
**Ageratina neohintoniorum* B.L. Turner
**Ageratina oligocephala* (DC.) R.M. King & H. Rob.
**Ageratina oreithales* (Greenm.) B.L. Turner
**Ageratina parayana* (J. Espinosa) B.L. Turner
Ageratina pazcuarensis (Kunth) R.M. King & H. Rob.
**Ageratina petiolaris* (Moc. & Sessé ex DC.) R.M. King & H. Rob.
Ageratina pichinchensis (Kunth) R.M. King & H. Rob.
Ageratina prunellifolia (Kunth) R.M. King & H. Rob.
**Ageratina ramireziorum* (J. Espinosa) B.L. Turner
**Ageratina rhomboidea* (Kunth) R.M. King & H. Rob.
**Ageratina rubricaulis* (Kunth) R.M. King & H. Rob.

Apéndice 4: Continuación.

**Ageratina scorodonioides* (A. Gray) R.M. King & H. Rob.
Ageratina tomentella (Schrad.) R.M. King & H. Rob.
Ageratina vernalis (Vatke & Kurtz) R.M. King & H. Rob.
**Ageratina vernicosa* (Sch. Bip. ex Greenm.) R.M. King & H. Rob.
Ageratina wrightii (A. Gray) R.M. King & H. Rob.
Ageratum corymbosum Zuccagni
**Aldama buddleiiformis* (DC.) E.E. Schill. & Panero
Aldama dentata La Llave
**Aldama excelsa* (Willd.) E.E. Schill. & Panero
**Aldama flava* (Hemsl.) E.E. Schill. & Panero
**Aldama ghiesbreghtii* (Hemsl.) E.E. Schill. & Panero
**Aldama hispida* (Kunth) E.E. Schill. & Panero
**Aldama hypochlora* (S.F. Blake) E.E. Schill. & Panero
**Aldama linearis* (Cav.) E.E. Schill. & Panero
**Aldama morelensis* (Greenm.) E.E. Schill. & Panero
Alloispermum integrifolium (DC.) H. Rob.
**Alloispermum michoacanum* (B.L. Rob.) B.L. Turner
Alloispermum scabrum (Lag.) H. Rob.
Almutaster pauciflorus (Nutt.) Á. Löve & D. Löve
**Alomia ageratoides* Kunth
**Alomia alata* Hemsl.
**Ambrosia canescens* A. Gray
Ambrosia confertiflora DC.
Ambrosia peruviana Willd.
Aphanostephus ramosissimus DC.
Archibaccharis asperifolia (Benth.) S.F. Blake
**Archibaccharis auriculata* (Hemsl.) G.L. Nesom
**Archibaccharis hieracioides* (S.F. Blake) S.F. Blake
Archibaccharis hirtella (DC.) Heering
Archibaccharis schiedeana (Benth.) J.D. Jacks.
Archibaccharis serratifolia (Kunth) S.F. Blake
**Artemisia klotzschiana* Besser
Artemisia ludoviciana Nutt.
**Asanthus thyrsiflorus* (A. Gray) R.M. King & H. Rob.
**Astranthium orthopodum* (B.L. Rob. & Fernald) Larsen
***Astranthium reichei* Rzed.
Baccharis conferta Kunth
**Baccharis erosoricola* Rzed.
Baccharis heterophylla Kunth
**Baccharis macrocephala* Sch. Bip. ex Greenm.
Baccharis multiflora Kunth
Baccharis pteronioides DC.
Baccharis salicifolia (Ruiz & Pav.) Pers.
**Baccharis sordescens* DC.
Baccharis thesioides Kunth
Baccharis trinervis (Lam.) Pers.
**Bahia pringlei* Greenm.
Baltimora geminata (Brandegee) Stuessy
Barkleyanthus salicifolius (Kunth) H. Rob. & Brettell
Bartlettina oresbia (B.L. Rob.) R.M. King & H. Rob.
Bartlettina sordida (Less.) R.M. King & H. Rob.
**Bidens aequisquama* (Fernald) Sherff
Bidens alba (L.) DC.
**Bidens angustissima* Kunth
**Bidens anthemoides* (DC.) Sherff
Bidens aurea (Aiton) Sherff
Bidens bigelovii A. Gray
Bidens laevis (L.) Britton, Sterns & Poggenb.
Bidens lemmonii A. Gray
Bidens odorata Cav.
Bidens ostruthioides (DC.) Sch. Bip.
Bidens pilosa L.
Bidens rostrata Melchert
**Bidens schaffneri* (A. Gray) Sherff
**Bidens serrulata* (Poir.) Desf.
Bidens triplinervia Kunth
Blumea viscosa (Mill.) V.M. Badillo
**Boeberoides grandiflora* (DC.) Strother
**Brickellia cavanillesii* (Cass.) A. Gray
Brickellia diffusa (Vahl) A. Gray
Brickellia eupatorioides (L.) Shinners
Brickellia glandulosa (La Llave) McVaugh
**Brickellia glomerata* Fernald
**Brickellia monocephala* B.L. Rob.
**Brickellia nutanticeps* S.F. Blake
Brickellia oliganthes (Less.) A. Gray
**Brickellia pavonii* (A. Gray) B.L. Turner
**Brickellia pedunculosa* (DC.) Harc. & Beaman
**Brickellia pendula* (Schrad.) A. Gray
Brickellia scoparia (DC.) A. Gray
**Brickellia secundiflora* (Lag.) A. Gray
**Brickellia squarrosa* B.L. Rob. & Seaton
**Brickellia subuligera* (S. Schauer) B.L. Turner
**Brickellia tomentella* A. Gray
Brickellia veronicifolia (Kunth) A. Gray
Calea ternifolia Kunth
Calea urticifolia (Mill.) DC.
Calyptocarpus vialis Less.
Calyptocarpus wendlandii Sch. Bip.
**Carminatia alvarezii* Rzed. & Calderón
Carminatia recondita McVaugh
Carminatia tenuiflora DC.

Apéndice 4: Continuación.

**Carphochaete grahamii* A. Gray
Centaurea rothrockii Greenm.
Chaetopappa ericoides (Torr.) G.L. Nesom
**Chaptalia hintonii* Bullock
Chaptalia nutans (L.) Pol.
Chaptalia piloselloides (Vahl) Baker
Chaptalia transiliens G.L. Nesom
**Chionolaena lavandulifolia* (Kunth) Benth. & Hook. f. ex B.D. Jacks.
Chionolaena salicifolia (Bertol.) G.L. Nesom
Chloracantha spinosa (Benth.) G.L. Nesom
Chromolaena collina (DC.) R.M. King & H. Rob.
Chromolaena odorata (L.) R.M. King & H. Rob.
**Chromolaena pulchella* (Kunth) R.M. King & H. Rob.
**Chromolepis heterophylla* Benth.
Chrysactinia mexicana A. Gray
Chrysanthellum indicum DC.
**Chrysanthellum involutum* Paul G. Wilson
**Cirsium acantholepis* (Hemsl.) Petr.
**Cirsium anartiolepis* Petr.
**Cirsium conspicuum* (G. Don) Sch. Bip.
**Cirsium ehrenbergii* Sch. Bip.
**Cirsium jorullense* (Kunth) Spreng.
**Cirsium lomatolepis* (Hemsl.) Petr.
Cirsium mexicanum DC.
**Cirsium nivale* (Kunth) Sch. Bip.
**Cirsium pascuarense* (Kunth) Spreng.
**Cirsium pinetorum* Greenm.
**Cirsium rhaphilepis* (Hemsl.) Petr.
Cirsium subcoriaceum (Less.) Sch. Bip.
**Cirsium subuliforme* G.B. Ownbey
**Cirsium tolucanum* (B.L. Rob. & Seaton) Petr.
**Cirsium velatum* (S. Watson) Petr.
Conyza bonariensis (L.) Cronquist
Conyza canadensis (L.) Cronquist
Conyza coronopifolia Kunth
**Conyza microcephala* Hemsl.
**Coreopsis petrophiloides* B.L. Rob. & Greenm.
**Coreopsis rhyacophila* Greenm.
Cosmos bipinnatus Cav.
Cosmos caudatus Kunth
Cosmos crithmifolius Kunth
Cosmos diversifolius Otto
**Cosmos modestus* Sherff
***Cosmos nitidus* Paray
**Cosmos pacificus* Melchert
Cosmos parviflorus (Jacq.) Pers.
**Cosmos purpureus* (DC.) Benth. & Hook. f. ex Hemsl.
**Cosmos scabiosoides* Kunth
**Cosmos schaffneri* Sherff
Cosmos sulphureus Cav.
Cotula mexicana (DC.) Cabrera
Critonia hebebotrya DC.
Critonia quadrangularis (DC.) R.M. King & H. Rob.
**Critoniopsis pallens* (Sch. Bip.) H. Rob.
**Critoniopsis salicifolia* (DC.) H. Rob.
**Critoniopsis tomentosa* (Lex.) H. Rob.
**Critoniopsis uniflora* (Sch. Bip.) H. Rob.
**Dahlia atropurpurea* P.D. Sørensen
**Dahlia brevis* P.D. Sørensen
Dahlia coccinea Cav.
Dahlia excelsa Benth.
**Dahlia merckii* Lehm.
**Dahlia neglecta* Saar
Dahlia pinnata Cav.
**Dahlia rudis* P.D. Sørensen
**Dahlia scapigera* (A. Dietr.) Knowles & Westc.
Dahlia sorensenii H.V. Hansen & Hjert.
Decachaeta incompta (DC.) R.M. King & H. Rob.
**Decachaeta ovatifolia* (DC.) R.M. King & H. Rob.
**Decachaeta perornata* (Klatt) R.M. King & H. Rob.
**Decachaeta pyramidalis* (B.L. Rob.) S.D. Sundb., C.P. Cowan & B.L. Turner
Delilia biflora (L.) Kuntze
**Dendroviguiera pringlei* (Fernald) E.E. Schill. & Panero
**Dendroviguiera sphaerocephala* (DC.) E.E. Schill. & Panero
**Desmanthodium fruticosum* Greenm.
**Desmanthodium ovatum* Benth.
**Dugesia mexicana* (A. Gray) A. Gray
Dyssodia papposa (Vent.) Hitchc.
**Dyssodia pinnata* (Cav.) B.L. Rob.
**Dyssodia tagetiflora* Lag.
Eclipta prostrata (L.) L.
Electranthera mutica (DC.) Mesfin, D.J. Crawford & Pruski
Elephantopus mollis Kunth
Erechtites hieraciifolius (L.) Raf. ex DC.
Erigeron delphinifolius Willd.
**Erigeron galeottii* (A. Gray ex Hemsl.) Greene
**Erigeron janivultus* G.L. Nesom
Erigeron karvinskianus DC.
Erigeron longipes DC.
**Erigeron polycephalus* (Larsen) G.L. Nesom

Apéndice 4: Continuación.

Erigeron pubescens Kunth
Erigeron versicolor (Greenm.) G.L. Nesom
**Eupatoriastrum triangulare* (DC.) B.L. Rob.
**Euphrosyne partheniifolia* DC.
**Flaveria angustifolia* (Cav.) Pers.
Flaveria trinervia (Spreng.) C. Mohr
Fleischmannia arguta (Kunth) B.L. Rob.
**Fleischmannia holwayana* (B.L. Rob.) R.M. King & H. Rob.
Fleischmannia pycnocephala (Less.) R.M. King & H. Rob.
**Florestina lobata* B.L. Turner
Florestina pedata (Cav.) Cass.
Galeana pratensis (Kunth) Rydb.
**Galinsoga longipes* Canne
Galinsoga parviflora Cav.
Gamochaeta americana (Mill.) Wedd.
Gamochaeta falcata (Lam.) Cabrera
Gamochaeta purpurea (L.) Cabrera
Gamochaeta sphacelata (Kunth) Cabrera
Gochnatia hypoleuca (DC.) A. Gray
**Grindelia inuloides* Willd.
**Grindelia tricuspis* (Sch. Bip.) Adr. Bartoli & Tortosa
**Guardiola mexicana* Bonpl.
**Gutierrezia alamanii* A. Gray
Gymnosperma glutinosum (Spreng.) Less.
Helenium mexicanum Kunth
Helenium quadridentatum Labill.
Helenium scorzonerifolium (DC.) A. Gray
Helianthus annuus L.
Helianthus laciniatus A. Gray
**Heliopsis annua* Hemsl.
Heliopsis buphthalmoides (Jacq.) Dunal
**Heliopsis procumbens* Hemsl.
Heterosperma pinnatum Cav.
**Heterotheca inuloides* Cass.
Hieracium abscissum Less.
Hieracium crepidispermum Fr.
**Hieracium dysonymum* S.F. Blake
Hieracium fendleri Sch. Bip.
**Hieracium hintonii* Beaman
Hieracium mexicanum Less.
Hieracium pringlei A. Gray
Hieracium schultzii Fr.
**Hofmeisteria dissecta* (Hook. & Arn.) R.M. King & H. Rob.
**Hofmeisteria schaffneri* (A. Gray) R.M. King & H. Rob.
**Hybridella globosa* (Ortega) Cass.
Hymenostephium cordatum (Hook. & Arn.) S.F. Blake
Hymenostephium tenuis (A. Gray) E.E. Schill. & Panero
**Hymenostephium uniseriatum* E.E. Schill. & Panero
**Hymenoxys chrysanthemoides* (Kunth) DC.
Hymenoxys integrifolia (Kunth) Bierner
**Iostephane heterophylla* (Cav.) Hemsl.
**Iostephane trilobata* Hemsl.
**Isocoma veneta* (Kunth) Greene
**Jaegeria bellidiflora* (Moc. & Sessé ex DC.) Torres & Beaman
**Jaegeria glabra* (S. Watson) B.L. Rob.
Jaegeria hirta (Lag.) Less.
**Jaegeria macrocephala* Less.
**Jaegeria pedunculata* Hook. & Arn.
**Koanophyllon monanthum* (Sch. Bip.) T.J. Ayers & B.L. Turner
**Lactuca brachyrrhyncha* Greenm.
Laennecia confusa (Cronquist) G.L. Nesom
Laennecia filaginoides DC.
Laennecia gnaphalioides (Kunth) Cass.
Laennecia schiedeana (Less.) G.L. Nesom
Laennecia sophiifolia (Kunth) G.L. Nesom
Lagascea helianthifolia Kunth
**Lagascea heteropappus* Hemsl.
**Lagascea rigida* (Cav.) Stuessy
**Lasianthaea aurea* (D. Don) K.M. Becker
**Lasianthaea ceanothifolia* (Willd.) K.M. Becker
**Lasianthaea crocea* (A. Gray) K.M. Becker
Lasianthaea fruticosa (L.) K.M. Becker
**Lasianthaea helianthoides* DC.
Leibnitzia lyrata (D. Don) G.L. Nesom
Melampodium americanum L.
**Melampodium aureum* Brandegee
Melampodium bibracteatum S. Watson
Melampodium diffusum Cass.
Melampodium divaricatum (Rich.) DC.
**Melampodium glabrum* S. Watson
Melampodium gracile Less.
Melampodium linearilobum DC.
**Melampodium longifolium* Cerv. ex Cav.
Melampodium microcephalum Less.
Melampodium montanum Benth.
Melampodium perfoliatum (Cav.) Kunth
**Melampodium repens* Sessé & Moc.
Melampodium sericeum Lag.
Melampodium strigosum Stuessy
**Melampodium tenellum* Hook. & Arn.
**Mexerion sarmentosum* (Klatt) G.L. Nesom
**Microspermum debile* Benth.

Apéndice 4: Continuación.

**Microspermum flaccidum* Paul G. Wilson
**Microspermum nummulariifolium* Lag.
Mikania cordifolia (L. f.) Willd.
Milleria quinqueflora L.
**Montanoa bipinnatifida* (Kunth) K. Koch
**Montanoa frutescens* Mairet ex DC.
**Montanoa grandiflora* Alamán ex DC.
**Montanoa karwinskii* DC.
Montanoa leucantha (Lag.) S.F. Blake
Montanoa tomentosa Cerv.
Osbertia stolonifera (DC.) Greene
**Oteiza acuminata* La Llave
**Otopappus epaleaceus* Hemsl.
**Otopappus imbricatus* (Sch. Bip.) S.F. Blake
**Otopappus tequilanus* (A. Gray) B.L. Rob.
Oxylobus adscendens (Sch. Bip. ex Hemsl.) B.L. Rob. & Greenm.
Oxylobus arbutifolius (Kunth) A. Gray
**Packera bellidifolia* (Kunth) W.A. Weber & Á. Löve
**Packera sanguisorbae* (DC.) C. Jeffrey
**Packera toluccana* (DC.) W.A. Weber & Á. Löve
Parthenium bipinnatifidum (Ortega) Rollins
Parthenium hysterophorus L.
Parthenium incanum Kunth
**Pectis haenkeana* (DC.) Sch. Bip.
Pectis prostrata Cav.
**Pectis schaffneri* Sch. Bip. ex Fernald
Pectis uniaristata DC.
**Perymenium berlandieri* DC.
**Perymenium buphthalmoides* DC.
**Perymenium globosum* B.L. Rob.
**Perymenium macrocephalum* Greenm.
**Perymenium mendezii* DC.
**Perymenium reticulatum* J.J. Fay
**Perymenium rogmacvaughii* Rzed. & Calderón
Pinaropappus roseus (Less.) Less.
**Piqueria pilosa* Kunth
**Piqueria triflora* Hemsl.
Piqueria trinervia Cav.
**Pittocaulon bombycophole* (Bullock) H. Rob. & Brettell
**Pittocaulon praecox* (Cav.) H. Rob. & Brettell
Pittocaulon velatum (Greenm.) H. Rob. & Brettell
Pluchea salicifolia (Mill.) S.F. Blake
**Porophyllum calcicola* B.L. Rob. & Greenm.
**Porophyllum linaria* (Cav.) DC.
Porophyllum macrocephalum DC.
**Porophyllum pringlei* B.L. Rob.
**Porophyllum viridiflorum* (Kunth) DC.
**Porophyllum warnockii* R.R. Johnson
**Psacalium amplifolium* (DC.) H. Rob. & Brettell
**Psacalium cirsiifolium* (Zucc.) H. Rob. & Brettell
**Psacalium goldsmithii* (B.L. Rob.) H. Rob. & Brettell
***Psacalium hintonii* (Pippen) H. Rob. & Brettell
**Psacalium holwayanum* (B.L. Rob.) Rydb.
**Psacalium laxiflorum* Benth.
**Psacalium matudae* H. Rob. & Brettell
**Psacalium megaphyllum* (B.L. Rob. & Greenm.) Rydb.
**Psacalium peltatum* (Kunth) Cass.
**Psacalium silphiifolium* (B.L. Rob. & Greenm.) H. Rob. & Brettell
**Psacalium sinuatum* (Cerv.) H. Rob. & Brettell
**Psacalium tussilaginoides* (Kunth) H. Rob. & Brettell
Pseudelephantopus spicatus (Juss. ex Aubl.) C.F. Baker
**Pseudognaphalium altamiranum* (Greenm.) Anderb.
Pseudognaphalium attenuatum (DC.) Anderb.
**Pseudognaphalium bourgovii* (A. Gray) Anderb.
Pseudognaphalium brachypterum (DC.) Anderb.
Pseudognaphalium canescens (DC.) Anderb.
**Pseudognaphalium chartaceum* (Greenm.) Anderb.
**Pseudognaphalium conoideum* (Kunth) Anderb.
**Pseudognaphalium inornatum* (DC.) Anderb.
Pseudognaphalium liebmannii (Sch. Bip. ex Klatt) Anderb.
**Pseudognaphalium nubicola* (I.M. Johnst.) Anderb.
Pseudognaphalium oxyphyllum (DC.) Kirp.
**Pseudognaphalium purpurascens* (DC.) Anderb.
Pseudognaphalium roseum (Kunth) Anderb.
Pseudognaphalium semiamplexicaule (DC.) Anderb.
**Pseudognaphalium semilanatum* (DC.) Anderb.
Pseudognaphalium stramineum (Kunth) Anderb.
Pseudognaphalium viscosum (Kunth) Anderb.
Psilactis asteroides A. Gray
Psilactis brevilingulata Sch. Bip. ex Hemsl.
Psilactis gentryi (Standl.) D.R. Morgan
Pyrrhopappus pauciflorus (D. Don) DC.
Robinsonecio gerberifolius (Sch. Bip.) T.M. Barkley & J.P. Janovec
**Roldana albonervia* (Greenm.) H. Rob. & Brettell
Roldana angulifolia (DC.) H. Rob. & Brettell
Roldana aschenborniana (S. Schauer) H. Rob. & Brettell
Roldana barba-johannis (DC.) H. Rob. & Brettell
**Roldana chapalensis* (S. Watson) H. Rob. & Brettell
**Roldana hederifolia* (Hemsl.) H. Rob. & Brettell
**Roldana heracleifolia* (Hemsl.) H. Rob. & Brettell
**Roldana hintonii* H. Rob. & Brettell
**Roldana langlassei* (Greenm.) H. Rob. & Brettell

Apéndice 4: Continuación.

**Roldana lineolata* (DC.) H. Rob. & Brettell
**Roldana lobata* La Llave
**Roldana michoacana* (B.L. Rob.) H. Rob. & Brettell
**Roldana platanifolia* (Benth.) H. Rob. & Brettell
**Roldana reticulata* (DC.) H. Rob. & Brettell
**Roldana sessilifolia* (Hook. & Arn.) H. Rob. & Brettell
**Roldana suffulta* (Greenm.) H. Rob. & Brettell
**Rumfordia floribunda* DC.
**Sabazia humilis* (Kunth) Cass.
**Sabazia multiradiata* (Seaton) Longpre
**Salmea oligocephala* Hemsl.
**Salmea palmeri* S. Watson
Salmea scandens (L.) DC.
Sanvitalia procumbens Lam.
**Schistocarpha bicolor* Less.
Schkuhria pinnata (Lam.) Kuntze ex Thell.
**Schkuhria schkuhrioides* (Link. & Otto) Thell.
Sclerocarpus uniserialis (Hook.) Benth. & Hook. f. ex Hemsl.
**Selloa plantaginea* Kunth
**Senecio argutus* Kunth
Senecio callosus Sch. Bip.
**Senecio cinerarioides* Kunth
**Senecio deformis* Klatt
**Senecio helodes* Benth.
**Senecio iodanthus* Greenm.
**Senecio jacalensis* Greenm.
Senecio mairetianus DC.
**Senecio mulgediifolius* S. Schauer
Senecio multidentatus Sch. Bip. ex Hemsl.
**Senecio orizabensis* Sch. Bip. ex Hemsl.
**Senecio prionopterus* B.L. Rob. & Greenm.
**Senecio procumbens* Kunth
**Senecio roseus* Sch. Bip.
**Senecio stoechadiformis* DC.
Sigesbeckia agrestis Poepp.
Sigesbeckia jorullensis Kunth
Simsia amplexicaulis (Cav.) Pers.
**Simsia annectens* S.F. Blake
Simsia foetida (Cav.) S.F. Blake
Simsia lagasciformis DC.
Simsia sanguinea A. Gray
Sinclairia glabra (Hemsl.) Rydb.
Smallanthus maculatus (Cav.) H. Rob.
**Solidago paniculata* DC.
Solidago simplex Kunth
Solidago velutina DC.
**Stevia aschenborniana* Sch. Bip.
Stevia caracasana DC.
**Stevia clinopodioides* Greenm.
Stevia connata Lag.
Stevia deltoidea Greene
**Stevia dictyophylla* B.L. Rob.
Stevia elatior Kunth
**Stevia eupatoria* (Spreng.) Willd.
**Stevia hintonii* (Grashoff) B.L. Turner
**Stevia hypomalaca* B.L. Rob.
**Stevia iltisiana* Grashoff
Stevia incognita Grashoff
**Stevia isomeca* Grashoff
Stevia jorullensis Kunth
**Stevia latifolia* Benth.
Stevia lucida Lag.
Stevia micrantha Lag.
**Stevia monardifolia* Kunth
**Stevia nelsonii* B.L. Rob.
**Stevia oligophylla* Soejima & Yahara
**Stevia origanoides* Kunth
**Stevia orizabensis* B.L. Rob.
Stevia ovata Willd.
**Stevia pilosa* Lag.
**Stevia porphyrea* McVaugh
**Stevia purpusii* B.L. Rob.
Stevia salicifolia Cav.
Stevia serrata Cav.
Stevia suaveolens Lag.
**Stevia subpubescens* Lag.
**Stevia tephra* B.L. Rob.
**Stevia tomentosa* Kunth
**Stevia trifida* Lag.
Stevia triflora DC.
**Stevia vernicosa* Greenm.
Stevia viscida Kunth
**Steviopsis adenosperma* (Sch. Bip.) B.L. Turner
**Steviopsis vigintiseta* (DC.) R.M. King & H. Rob.
Symphyotrichum expansum (Poepp. ex Spreng.) G.L. Nesom
Symphyotrichum moranense (Kunth) G.L. Nesom
**Symphyotrichum potosinum* (A. Gray) G.L. Nesom
**Tagetes coronopifolia* Willd.
Tagetes erecta L.
Tagetes filifolia Lag.
Tagetes foetidissima DC.
Tagetes jaliscensis Greenm.

Apéndice 4: Continuación.

Tagetes lucida Cav.
**Tagetes lunulata* Ortega
Tagetes micrantha Cav.
**Tagetes persicifolius* (Benth.) B.L. Turner
**Tagetes pringlei* S. Watson
**Tagetes stenophylla* B.L. Rob.
Tagetes subulata Cerv.
Tagetes tenuifolia Cav.
**Telanthophora andrieuxii* (DC.) H. Rob. & Brettell
Thymophylla pentachaeta (DC.) Small
**Thymophylla tenuifolia* (Cass.) Rydb.
Tithonia diversifolia (Hemsl.) A. Gray
Tithonia rotundifolia (Mill.) S.F. Blake
Tithonia tubiformis (Jacq.) Cass.
**Trichocoronis sessilifolia* (S. Schauer) B.L. Rob.
**Tridax balbisioides* (Kunth) A. Gray
**Tridax brachylepis* Hemsl.
**Tridax coronopifolia* (Kunth) Hemsl.
**Tridax mexicana* A.M. Powell
**Tridax palmeri* A. Gray
Tridax platyphylla B.L. Rob.
Tridax procumbens L.
**Tridax rosea* Sch. Bip. ex B.L. Rob. & Greenm.
**Tridax trilobata* (Cav.) Hemsl.
Trigonospermum annuum McVaugh & Lask.
Trigonospermum melampodioides DC.
**Trixis alata* D. Don
Trixis inula Crantz
**Trixis megalophylla* Greenm.
**Trixis mexicana* Lex.
**Trixis michuacana* Lex.
**Trixis pringlei* B.L. Rob. & Greenm.
**Verbesina abscondita* Klatt
**Verbesina angustifolia* (Benth.) S.F. Blake
Verbesina crocata (Cav.) Less.
**Verbesina fastigiata* B.L. Rob. & Greenm.
**Verbesina grayii* (Sch. Bip.) Benth. ex Hemsl.
**Verbesina hypomalaca* B.L. Rob. & Greenm.
**Verbesina klattii* B.L. Rob. & Greenm.
**Verbesina mexiae* B.L. Turner
**Verbesina oncophora* B.L. Rob. & Seaton
**Verbesina ovata* (Cav.) A. Gray
**Verbesina parviflora* (Kunth) S.F. Blake
**Verbesina pedunculosa* (DC.) B.L. Rob.
**Verbesina seatonii* S.F. Blake
**Verbesina serrata* Cav.
**Verbesina sphaerocephala* A. Gray
**Verbesina tetraptera* (Ortega) A. Gray
**Verbesina virgata* Cav.
**Vernonanthura cordata* (Kunth) H. Rob.
**Vernonanthura liatroides* (DC.) H. Rob.
Vernonanthura patens (Kunth) H. Rob.
**Vernonia alamanii* DC.
Viguiera dentata (Cav.) Spreng.
***Viguiera sultepecana* Paray
**Wamalchitamia strigosa* (DC.) Strother
Wedelia acapulcensis Kunth
**Wedelia hintoniorum* B.L. Turner
Xanthisma gymnocephalum (DC.) D.R. Morgan & R.L. Hartm.
Xanthium strumarium L.
**Xanthocephalum benthamianum* Hemsl.
**Xanthocephalum centauroides* Willd.
**Xanthocephalum humile* (Kunth) Benth. & Hook. f.
**Zaluzania augusta* (Lag.) Sch. Bip.
**Zaluzania megacephala* Sch. Bip.
**Zaluzania montagnifolia* (Sch. Bip.) Sch. Bip.
**Zaluzania triloba* (Ortega) Pers.
**Zandera andersoniae* (B.L. Turner) D.L. Schulz
Zinnia americana (Mill.) Olorode & A.M. Torres
**Zinnia angustifolia* Kunth
Zinnia elegans Jacq.
**Zinnia haageana* Regel
Zinnia peruviana (L.) L.
**Zinnia zinnioides* (Kunth) Olorode & A.M. Torres

Basellaceae
Anredera vesicaria (Lam.) C.F. Gaertn.

Begoniaceae
**Begonia asteroides* L.B. Sm. & B.G. Schub.
**Begonia balmisiana* Ruiz ex Klotzsch
Begonia biserrata Lindl.
**Begonia cristobalensis* Ziesenh.
**Begonia cylindrata* L.B. Sm. & B.G. Schub.
**Begonia falciloba* Liebm.
Begonia fusca Liebm.
Begonia gracilis Kunth
Begonia heracleifolia Schltdl. & Cham.
**Begonia hintoniana* L.B. Sm. & B.G. Schub.
**Begonia incarnata* Link & Otto
Begonia manicata Brongn. ex F. Cels
**Begonia monophylla* A. DC.

Apéndice 4: Continuación.

Begonia oaxacana A. DC.
**Begonia ornithocarpa* Standl.
Begonia plebeja Liebm.
**Begonia squarrosa* Liebm.
Begonia stigmosa Lindl.

Berberidaceae
**Berberis alpina* Zamudio
Berberis moranensis Schult. & Schult. f.

Betulaceae
Alnus acuminata Kunth
Alnus jorullensis Kunth
Carpinus tropicalis (Donn. Sm.) Lundell
Ostrya virginiana (Mill.) K. Koch

Bignoniaceae
Adenocalymma inundatum Mart. ex DC.
Amphilophium crucigerum (L.) L.G. Lohmann
Amphilophium paniculatum (L.) Kunth
Astianthus viminalis (Kunth) Baill.
Crescentia alata Kunth
Dolichandra unguis-cati (L.) L.G. Lohmann
Fridericia dichotoma (Jacq.) L.G. Lohmann
Fridericia patellifera (Schltdl.) L.G. Lohmann
Godmania aesculifolia (Kunth) Standl.
Handroanthus impetiginosus (Mart. ex DC.) Mattos
Mansoa hymenaea (DC.) A.H. Gentry
Parmentiera aculeata (Kunth) Seem.
Tabebuia rosea (Bertol.) A. DC.
Tecoma stans (L.) Juss. ex Kunth

Bixaceae
Cochlospermum vitifolium (Willd.) Spreng.

Boraginaceae
**Antiphytum parryi* S. Watson
**Bourreria andrieuxii* (DC.) Hemsl.
Bourreria huanita (Lex.) Hemsl.
**Cordia elaeagnoides* DC.
**Cordia morelosana* Standl.
Cordia salvadorensis Standl.
**Cordia tinifolia* Willd. ex Roem. & Schult.
Cryptantha albida (Kunth) I.M. Johnst.
Ehretia latifolia DC.
Hackelia mexicana (Schltdl. & Cham.) I.M. Johnst.
Heliotropium angiospermum Murray
Heliotropium curassavicum L.
Heliotropium fallax I.M. Johnst.
Heliotropium foliosissimum J.F. Macbr.
Heliotropium fruticosum L.
Heliotropium indicum L.
Heliotropium pringlei B.L. Rob.
Heliotropium procumbens Mill.
Lennoa madreporoides Lex.
Lithospermum calycosum (J.F. Macbr.) I.M. Johnst.
**Lithospermum discolor* M. Martens & Galeotti
Lithospermum distichum Ortega
**Lithospermum exsertum* (D. Don) J.I. Cohen
**Lithospermum oblongifolium* Greenm.
Lithospermum pringlei I.M. Johnst.
**Lithospermum rzedowskii* J.I. Cohen
**Lithospermum strictum* Lehm.
**Lithospermum trinervium* (Lehm.) J.I. Cohen
Nama dichotoma (Ruiz & Pav.) Choisy
**Nama origanifolia* Kunth
**Nama prostrata* Brand
Nama undulata Kunth
**Phacelia coulteri* Greenm.
Phacelia heterophylla Pursh
Phacelia platycarpa (Cav.) Spreng.
Tournefortia acutiflora M. Martens & Galeotti
**Tournefortia calycina* Benth.
Tournefortia glabra L.
**Tournefortia hartwegiana* Steud.
Tournefortia hirsutissima L.
Tournefortia mutabilis Vent.
Tournefortia petiolaris DC.
Tournefortia volubilis L.
Varronia curassavica Jacq.
Varronia globosa Jacq.
Varronia inermis (Mill.) Borhidi
Wigandia urens (Ruiz & Pav.) Kunth

Brassicaceae
Cardamine bonariensis Pers.
Cardamine obliqua Hochst. ex A. Rich.
**Chaunanthus petiolatus* (Hemsl.) O.E. Schulz
Descurainia impatiens (Cham. & Schltdl.) O.E. Schulz
**Descurainia virletii* (E. Fourn.) O.E. Schulz
Draba jorullensis Kunth
**Draba nivicola* Rose

Apéndice 4: Continuación.

Erysimum asperum (Nutt.) DC.
**Erysimum macradenium* J. Gay
**Exhalimolobos berlandieri* (E. Fourn.) Al-Shehbaz & C.D. Bailey
Exhalimolobos hispidulus (DC.) Al-Shehbaz & C.D. Bailey
**Exhalimolobos polyspermus* (E. Fourn.) Al-Shehbaz & C.D. Bailey
Hesperidanthus linearifolius (A. Gray) Rydb.
Lepidium bipinnatifidum Desv.
Lepidium oblongum Small
**Lepidium schaffneri* Thell.
Lepidium sordidum A. Gray
Lepidium virginicum L.
Nasturtium officinale R. Br.
Pennellia longifolia (Benth.) Rollins
Pennellia micrantha (A. Gray) Nieuwl.
**Pennellia patens* (O.E. Schulz) Rollins
Romanschulzia arabiformis (DC.) Rollins
Rorippa mexicana (Moc. & Sessé ex DC.) Standl. & Steyerm.
Rorippa pinnata (Sessé & Moc.) Rollins

Brunelliaceae
Brunellia mexicana Standl.

Burseraceae
**Bursera ariensis* (Kunth) McVaugh & Rzed.
**Bursera aspleniifolia* Brandegee
**Bursera bicolor* (Willd. ex Schltdl.) Engl.
Bursera bipinnata (DC.) Engl.
**Bursera confusa* (Rose) Engl.
**Bursera copallifera* (Sessé & Moc. ex DC.) Bullock
**Bursera coyucensis* Bullock
**Bursera cuneata* (Schltdl.) Engl.
**Bursera discolor* Rzed.
Bursera diversifolia Rose
Bursera excelsa (Kunth) Engl.
Bursera fagaroides (Kunth) Engl.
**Bursera glabrifolia* (Kunth) Engl.
**Bursera grandifolia* (Schltdl.) Engl.
Bursera graveolens (Kunth) Triana & Planch.
Bursera heteresthes Bullock
**Bursera hintonii* Bullock
**Bursera kerberi* Engl.
**Bursera lancifolia* (Schltdl.) Engl.
**Bursera linanoe* (La Llave) Rzed., Calderón & Medina
**Bursera longipes* (Rose) Standl.
**Bursera mirandae* C.A. Toledo
Bursera morelensis Ramírez
Bursera ovalifolia (Schltdl.) Engl.
**Bursera penicillata* (Sessé & Moc. ex DC.) Engl.
Bursera simaruba (L.) Sarg.
**Bursera submoniliformis* Engl.
**Bursera trifoliolata* Bullock
**Bursera trimera* Bullock
**Bursera velutina* Bullock

Cactaceae
**Coryphantha elephantidens* (Lem.) Lem.
**Coryphantha ottonis* (Pfeiff.) Lem.
**Coryphantha pycnacantha* (Mart.) Lem.
Cylindropuntia imbricata (Haw.) F.M. Knuth
Cylindropuntia rosea (DC.) Backeb.
Cylindropuntia tunicata (Lehm.) F.M. Knuth
**Disocactus flagelliformis* (L.) Barthlott
Disocactus speciosus (Cav.) Barthlott
Echinocactus horizonthalonius Lem.
Echinocereus cinerascens (DC.) Lem.
**Epiphyllum anguliger* (Lem.) G. Don
**Ferocactus latispinus* (Haw.) Britton & Rose
Hylocereus ocamponis (Salm-Dyck) Britton & Rose
**Hylocereus purpusii* (Weing.) Britton & Rose
Hylocereus undatus (Haw.) Britton & Rose
**Lophocereus marginatus* (DC.) S. Arias & Terrazas
**Mammillaria backebergiana* Buchenau
**Mammillaria beneckei* Ehrenb.
Mammillaria compressa DC.
**Mammillaria discolor* Haw.
**Mammillaria haageana* Pfeiff.
**Mammillaria karwinskiana* Mart.
**Mammillaria magnimamma* Haw.
**Mammillaria matudae* Bravo
**Mammillaria meyranii* Bravo
**Mammillaria nunezii* (Britton & Rose) Orcutt
**Mammillaria rhodantha* Link & Otto
**Mammillaria spinosissima* Lem.
**Mammillaria uncinata* Zucc. ex Pfeiff.
**Mammillaria wiesingeri* Boed.
**Mammillaria zephyranthoides* Scheidw.
**Myrtillocactus geometrizans* (Mart. ex Pfeiff.) Console
**Neobuxbaumia mezcalaensis* (Bravo) Backeb.
**Nyctocereus serpentinus* (Lag. & Rodr.) Britton & Rose
**Opuntia atropes* Rose
**Opuntia auberi* Pfeiff.
**Opuntia cochinera* Griffiths

Apéndice 4: Continuación.

Opuntia decumbens Salm-Dyck
Opuntia engelmannii Salm-Dyck
**Opuntia fuliginosa* Griffiths
Opuntia guilanchi Griffiths
**Opuntia hyptiacantha* F.A.C. Weber
**Opuntia joconostle* F.A.C. Weber
**Opuntia karwinskiana* Salm-Dyck
**Opuntia lasiacantha* Pfeiff.
Opuntia megacantha Salm-Dyck
Opuntia pubescens J.C. Wendl. ex Pfeiff.
Opuntia robusta H. Wendl.
**Opuntia spinulifera* Salm-Dyck
**Opuntia streptacantha* Lem.
**Opuntia tomentosa* Salm-Dyck
**Opuntia velutina* F.A.C. Weber
**Pachycereus grandis* Rose
**Peniocereus maculatus* (Weing.) Cutak
**Pereskiopsis diguetii* (F.A.C. Weber) Britton & Rose
**Pereskiopsis rotundifolia* (DC.) Britton & Rose
**Pilosocereus alensis* (F.A.C. Weber) Byles & G.D. Rowley
**Stenocactus anfractuosus* (Mart. ex Pfeiff.) A. Berger ex A.W. Hill
**Stenocactus crispatus* (DC.) A. Berger ex A.W. Hill
**Stenocactus dichroacanthus* (Mart. ex Pfeiff.) A. Berger ex Backeb. & F.M. Knuth
**Stenocactus heteracanthus* (Muehlenpf.) A. Berger ex A.W. Hill
**Stenocactus obvallatus* (DC.) A. Berger ex A.W. Hill
**Stenocactus phyllacanthus* (Mart. ex A. Dietr. & Otto) A. Berger ex A.W. Hill
**Stenocereus beneckei* (Ehrenb.) Buxb.
**Stenocereus dumortieri* (Scheidw.) Buxb.
**Stenocereus queretaroensis* (F.A.C. Weber) Buxb.

Calceolariaceae
Calceolaria mexicana Benth.
Calceolaria tripartita Ruiz & Pav.

Campanulaceae
Calcaratolobelia cordifolia (Hook. & Arn.) Wilbur
**Calcaratolobelia tenella* (Turcz.) Wilbur
Diastatea micrantha (Kunth) McVaugh
Diastatea tenera (A. Gray) McVaugh
Lobelia berlandieri A. DC.
Lobelia cardinalis L.
Lobelia cliffortiana L.
Lobelia fenestralis Cav.
**Lobelia gruina* Cav.
Lobelia irasuensis Planch. & Oerst.
Lobelia laxiflora Kunth
Lobelia longicaulis Brandegee
Lobelia nana Kunth
Triodanis perfoliata (L.) Nieuwl.

Cannabaceae
Aphananthe monoica (Hemsl.) J.-F. Leroy
Celtis caudata Planch.
Celtis iguanaea (Jacq.) Sarg.
Trema micrantha (L.) Blume

Capparaceae
**Forchhammeria pallida* Liebm.

Caprifoliaceae
**Lonicera mexicana* (Kunth) Rehder
**Lonicera pilosa* (Kunth) Willd. ex Kunth
Symphoricarpos microphyllus Kunth
**Valeriana ceratophylla* Kunth
Valeriana clematitis Kunth
**Valeriana densiflora* Benth.
Valeriana edulis Nutt.
**Valeriana laciniosa* M. Martens & Galeotti
**Valeriana naidae* Barrie
**Valeriana palmeri* A. Gray
**Valeriana pratensis* (Benth.) Steud.
Valeriana robertianifolia Briq.
**Valeriana rzedowskiorum* Barrie
Valeriana scandens L.
**Valeriana selerorum* Graebn. & Loesen.
Valeriana sorbifolia Kunth
Valeriana urticifolia Kunth
**Valeriana vaginata* Kunth

Caricaceae
Carica papaya L.
Jacaratia mexicana A. DC.
**Jarilla heterophylla* (Cerv. ex La Llave) Rusby

Caryophyllaceae
Arenaria bourgaei Hemsl.
Arenaria bryoides Willd. ex D.F.K. Schltdl.
Arenaria lanuginosa (Michx.) Rohrb.
Arenaria lycopodioides Willd. ex D.F.K. Schltdl.
**Arenaria oresbia* Greenm.

Apéndice 4: Continuación.

Arenaria paludicola B.L. Rob.
Arenaria reptans Hemsl.
Cardionema ramosissimum (Weinm.) A. Nelson & J.F. Macbr.
Cerastium brachypodum (Engelm. ex A. Gray) B.L. Rob. ex Britton
Cerastium nutans Raf.
**Cerastium orithales* Schltdl.
**Cerastium purpusii* Greenm.
**Cerastium ramigerum* Bartl.
**Cerastium tolucense* D.A. Good
Cerastium vulcanicum Schltdl.
**Cerdia virescens* Moc. & Sessé ex DC.
Colobanthus quitensis (Kunth) Bartl.
Corrigiola andina Planch. & Triana
Drymaria arenarioides Humb. & Bonpl. ex Roem. & Schult.
Drymaria cordata (L.) Willd. ex Roem. & Schult.
Drymaria effusa A. Gray
**Drymaria excisa* Standl.
Drymaria glandulosa Bartl.
Drymaria gracilis Schltdl. & Cham.
Drymaria laxiflora Benth.
Drymaria leptophylla (Cham. & Schltdl.) Fenzl ex Rohrb.
**Drymaria malachioides* Briq.
Drymaria molluginea (Ser.) Didr.
Drymaria multiflora Brandegee
**Drymaria tenuis* S. Watson
Drymaria villosa Schltdl. & Cham.
**Drymaria xerophylla* A. Gray
**Lychnis mexicana* Rose
**Minuartia moehringioides* (Moc. & Sessé ex DC.) Mattf.
**Paronychia mexicana* Hemsl.
Sagina procumbens L.
Sagina saginoides (L.) H. Karst.
**Scopulophila parryi* (Hemsl.) I.M. Johnst.
Silene laciniata Cav.
**Spergularia mexicana* Hemsl.
Stellaria cuspidata Willd. ex Schltdl.
Stellaria umbellata Turcz.

Celastraceae
**Celastrus pringlei* Rose
Hippocratea volubilis L.
Pristimera celastroides (Kunth) A.C. Sm.
Semialarium mexicanum (Miers) Mennega
**Wimmeria lanceolata* Rose
**Wimmeria persicifolia* Radlk.
**Zinowiewia concinna* Lundell
Zinowiewia integerrima (Turcz.) Turcz.

Chrysobalanaceae
Licania arborea Seem.

Cistaceae
**Helianthemum concolor* (L. Riley) J.G. Ortega
Helianthemum coulteri S. Watson
Helianthemum glomeratum (Lag.) Lag. ex Dunal
**Helianthemum patens* Hemsl.
Lechea tripetala (Moc. & Sessé ex Dunal) Britton

Cleomaceae
Cleoserrata speciosa (Raf.) H.H. Iltis
Peritoma multicaulis (DC.) H.H. Iltis
Polanisia uniglandulosa (Cav.) DC.

Clethraceae
**Clethra hartwegii* Britton
Clethra lanata M. Martens & Galeotti
Clethra mexicana DC.
**Clethra pringlei* S. Watson
**Clethra rosei* Britton

Clusiaceae
Clusia massoniana Lundell
Clusia salvinii Donn. Sm.

Combretaceae
Combretum argenteum Bertol.
Combretum fruticosum (Loefl.) Stuntz

Convolvulaceae
Bonamia sulphurea (Brandegee) Myint & D.B. Ward
**Calycobolus nutans* (Moc. & Sessé ex Choisy) D.F. Austin
Convolvulus equitans Benth.
Convolvulus nodiflorus Desr.
Cuscuta americana L.
Cuscuta applanata Engelm.
Cuscuta corymbosa Ruiz & Pav.
**Cuscuta gracillima* Engelm.
Cuscuta mitriformis Engelm. ex Hemsl.
Cuscuta obtusiflora Kunth
**Cuscuta potosina* W. Schaffn. ex Engelm.
Cuscuta rugosiceps Yunck.
Cuscuta tinctoria Mart. ex Engelm.
Cuscuta umbellata Kunth
Dichondra argentea Humb. & Bonpl. ex Willd.

Apéndice 4: Continuación.

Dichondra sericea Sw.
Evolvulus alsinoides (L.) L.
**Evolvulus prostratus* B.L. Rob.
Evolvulus sericeus Sw.
Evolvulus tenuis Mart. ex Choisy
Ipomoea alba L.
**Ipomoea ampullacea* Fernald
Ipomoea arborescens (Humb. & Bonpl. ex Willd.) G. Don
Ipomoea aristolochiifolia G. Don
Ipomoea batatas (L.) Lam.
**Ipomoea bracteata* Cav.
Ipomoea capillacea (Kunth) G. Don
Ipomoea carnea Jacq.
Ipomoea cholulensis Kunth
**Ipomoea conzattii* Greenm.
Ipomoea costellata Torr.
Ipomoea cristulata Hallier f.
**Ipomoea dimorphophylla* Greenm.
Ipomoea dumetorum Willd. ex Roem. & Schult.
Ipomoea dumosa (Benth.) L.O. Williams
Ipomoea elongata Choisy
**Ipomoea emetica* Choisy
***Ipomoea funis* Schltdl. & Cham.
Ipomoea hederifolia L.
**Ipomoea igualensis* Weath.
Ipomoea indica (Burm.) Merr.
**Ipomoea jalapa* (L.) Pursh
Ipomoea lindenii M. Martens & Galeotti
Ipomoea lobata (Cerv.) Thell.
**Ipomoea madrensis* S. Watson
Ipomoea mairetii Choisy
Ipomoea meyeri (Spreng.) G. Don
Ipomoea microsepala Benth.
Ipomoea muricata (L.) Jacq.
Ipomoea murucoides Roem. & Schult.
Ipomoea neei (Spreng.) O'Donell
Ipomoea nil (L.) Roth
Ipomoea oocarpa Benth.
Ipomoea orizabensis (G. Pelletan) Ledeb. ex Steud.
Ipomoea pauciflora M. Martens & Galeotti
Ipomoea populina House
Ipomoea praecana House
Ipomoea pubescens Lam.
Ipomoea purga (Wender.) Hayne
Ipomoea purpurea (L.) Roth
**Ipomoea robinsonii* House
Ipomoea santillanii O'Donell
**Ipomoea simulans* D. Hanb.
**Ipomoea stans* Cav.
***Ipomoea suaveolens* (M. Martens & Galeotti) Hemsl.
Ipomoea suffulta (Kunth) G. Don
Ipomoea ternifolia Cav.
Ipomoea tricolor Cav.
Ipomoea trifida (Kunth) G. Don
Ipomoea triloba L.
Ipomoea wolcottiana Rose
Jacquemontia pentanthos (Jacq.) G. Don
Jacquemontia sphaerostigma (Cav.) Rusby
Jacquemontia tamnifolia (L.) Griseb.
Merremia aegyptia (L.) Urb.
Merremia cissoides (Lam.) Hallier f.
Merremia dissecta (Jacq.) Hallier f.
Merremia quinquefolia (L.) Hallier f.
Merremia umbellata (L.) Hallier f.
Operculina pinnatifida (Kunth) O'Donell
Operculina pteripes (G. Don) O'Donell
Turbina corymbosa (L.) Raf.

Coriariaceae
Coriaria ruscifolia L.

Cornaceae
Cornus disciflora Moc. & Sessé ex DC.
Cornus excelsa Kunth

Crassulaceae
Crassula aquatica (L.) Schönland
**Echeveria coccinea* (Cav.) DC.
**Echeveria fulgens* Lem.
Echeveria gibbiflora DC.
***Echeveria goldmanii* Rose
***Echeveria grandiflora* Haw.
**Echeveria mucronata* Schltdl.
**Echeveria obtusifolia* Rose
**Echeveria secunda* Booth ex Lindl.
***Echeveria subrigida* (B.L. Rob. & Seaton) Rose
***Echeveria valvata* Moran
***Echeveria waltheri* Moran & J. Meyrán
**Sedum bourgaei* Hemsl.
**Sedum calcaratum* Rose
***Sedum clavatum* R.T. Clausen
**Sedum clavifolium* Rose

Apéndice 4: Continuación.

*******Sedum cormiferum* R.T. Clausen
*****Sedum dendroideum* Moc. & Sessé ex DC.
Sedum ebracteatum Moc. & Sessé ex DC.
*****Sedum frutescens* Rose
Sedum goldmanii (Rose) Moran
*****Sedum greggii* Hemsl.
*****Sedum hemsleyanum* Rose
*****Sedum jaliscanum* S. Watson
*****Sedum jurgensenii* (Hemsl.) Moran
*****Sedum longipes* Rose
*****Sedum minimum* Rose
Sedum moranense Kunth
*****Sedum napiferum* Peyr.
*******Sedum ocuilense* J. Meyrán
*****Sedum oxypetalum* Kunth
*******Sedum pentastamineum* R.T. Clausen
Sedum praealtum A. DC.
*****Sedum quevae* Raym.-Hamet
*******Sedum tehuaztlense* Moran & J. Meyrán
*****Sedum tortuosum* Hemsl.
*****Sedum versadense* C.H. Thomps.
*****Villadia misera* (Lindl.) R.T. Clausen

Cucurbitaceae
Cayaponia attenuata (Hook. & Arn.) Cogn.
Cionosicyos macranthus (Pittier) C. Jeffrey
Cucurbita ficifolia Bouché
Cucurbita foetidissima Kunth
Cucurbita pepo L.
*****Cucurbita radicans* Naudin
Cyclanthera dioscoreoides C.E. Jones & Kearns
Cyclanthera gracillima Cogn.
Cyclanthera integrifoliola Cogn.
Cyclanthera langaei Cogn.
Cyclanthera multifoliola Cogn.
Cyclanthera ribiflora (Schltdl.) Cogn.
*****Cyclanthera rostrata* (Paul G. Wilson) Kearns & C.E. Jones
*****Cyclanthera tamnoides* (Willd.) Cogn.
*****Echinopepon cirrhopedunculatus* Rose
Echinopepon coulteri (A. Gray) Rose
*****Echinopepon milleflorus* Naudin
Echinopepon paniculatus (Cogn.) Dieterle
Echinopepon racemosus (Steud.) C. Jeffrey
Echinopepon torquatus (Ser.) Rose
Melothria pendula L.
*****Melothria pringlei* (S. Watson) Mart. Crov.
Microsechium palmatum (Ser.) Cogn.
Polyclathra albiflora (Cogn.) C. Jeffrey
Rytidostylis gracilis Hook. & Arn.
*****Rytidostylis longisepala* (Cogn.) C. Jeffrey
*****Schizocarpum parviflorum* B.L. Rob. & Greenm.
*****Schizocarpum reflexum* Rose
*****Sechiopsis triquetra* (Moc. & Sessé ex Ser.) Naudin
Sechium compositum (Donn. Sm.) C. Jeffrey
Sechium edule (Jacq.) Sw.
*****Sechium hintonii* (Paul G. Wilson) C. Jeffrey
Sicyos laciniatus L.
Sicyos longisepalus Cogn.
*****Sicyos microphyllus* Kunth
Sicyos parviflorus Willd.

Cytinaceae
Bdallophytum americanum (R. Br.) Eichler ex Solms

Dilleniaceae
Curatella americana L.

Dipentodontaceae
Perrottetia longistylis Rose

Ebenaceae
*****Diospyros oaxacana* Standl.
Diospyros salicifolia Humb. & Bonpl. ex Willd.

Elatinaceae
Elatine brachysperma A. Gray

Ericaceae
Agarista mexicana (Hemsl.) Judd
Arbutus arizonica (A. Gray) Sarg.
*****Arbutus bicolor* S. González, M. González & P.D. Sørensen
*****Arbutus tessellata* P.D. Sørensen
Arbutus xalapensis Kunth
Arctostaphylos pungens Kunth
Chimaphila maculata (L.) Pursh
Chimaphila umbellata (L.) W.P.C. Barton
Comarostaphylis discolor (Hook.) Diggs
*****Comarostaphylis glaucescens* (Kunth) Zucc. ex Klotzsch
*****Comarostaphylis longifolia* (Benth.) Klotzsch
*****Comarostaphylis polifolia* (Kunth) Zucc. ex Klotzsch
*****Gaultheria angustifolia* Brandegee
Gaultheria erecta Vent.

Apéndice 4: Continuación.

Monotropa hypopitys L.
Monotropa uniflora L.
Orthilia secunda (L.) House
Pernettya ciliata (Schltdl. & Cham.) Small
Pernettya prostrata (Cav.) DC.
Pterospora andromedea Nutt.
Pyrola angustifolia (Alef.) Hemsl.
Vaccinium confertum Kunth
Vaccinium geminiflorum Kunth
Vaccinium leucanthum Schltdl.

Erythroxylaceae
**Erythroxylum mexicanum* Kunth

Euphorbiaceae
Acalypha adenostachya Müll. Arg.
Acalypha alopecuroidea Jacq.
Acalypha arvensis Poepp. & Endl.
**Acalypha botteriana* Müll. Arg.
Acalypha macrostachya Jacq.
Acalypha mexicana Müll. Arg.
Acalypha mollis Kunth
Acalypha persimilis Müll. Arg.
Acalypha phleoides Cav.
Acalypha schiedeana Schltdl.
Acalypha setosa A. Rich.
***Acalypha subtomentosa* Lag.
Acalypha triloba Müll. Arg.
Caperonia palustris (L.) A. St.-Hil.
Cnidoscolus aconitifolius (Mill.) I.M. Johnst.
Cnidoscolus angustidens Torr.
Cnidoscolus multilobus (Pax) I.M. Johnst.
**Cnidoscolus rostratus* Lundell
Cnidoscolus urens (L.) Arthur
Croton adspersus Benth.
Croton ciliatoglandulifer Ortega
Croton conspurcatus Schltdl.
Croton dioicus Cav.
**Croton ehrenbergii* Schltdl.
Croton morifolius Willd.
**Dalembertia populifolia* Baill.
**Ditaxis pringlei* (Greenm.) Pax & K. Hoffm.
Euphorbia alta Norton
Euphorbia anychioides Boiss.
Euphorbia ariensis Kunth
**Euphorbia bracteata* Jacq.
**Euphorbia calyculata* Kunth
Euphorbia chamaesula Boiss.
Euphorbia cotinifolia L.
Euphorbia cyathophora Murray
Euphorbia delicatula Boiss.
Euphorbia densiflora (Klotzsch & Garcke) Klotzsch
Euphorbia dentata Michx.
**Euphorbia dioscoreoides* Boiss.
**Euphorbia eglandulosa* V.W. Steinm.
Euphorbia francoana Boiss.
Euphorbia furcillata Kunth
Euphorbia graminea Jacq.
Euphorbia heterophylla L.
**Euphorbia hintonii* L.C. Wheeler
Euphorbia hirta L.
Euphorbia hypericifolia L.
Euphorbia hyssopifolia L.
Euphorbia indivisa (Engelm.) Tidestr.
**Euphorbia lacera* Boiss.
Euphorbia macropus (Klotzsch & Garcke) Boiss.
Euphorbia mendezii Boiss.
**Euphorbia misella* S. Watson
Euphorbia multiseta Benth.
Euphorbia nutans Lag.
Euphorbia ocymoidea L.
Euphorbia ophthalmica Pers.
**Euphorbia potosina* Fernald
Euphorbia prostrata Aiton
Euphorbia pulcherrima Willd. ex Klotzsch
Euphorbia radians Benth.
Euphorbia schiedeana (Klotzsch & Garcke) Mayfield ex C. Nelson
Euphorbia schlechtendalii Boiss.
Euphorbia serpens Kunth
Euphorbia serpyllifolia Pers.
Euphorbia sonorae Rose
**Euphorbia sphaerorhiza* Benth.
Euphorbia stictospora Engelm.
**Euphorbia subreniformis* S. Watson
**Euphorbia tanquahuete* Sessé & Moc.
Euphorbia tithymaloides L.
Euphorbia villifera Scheele
Hura polyandra Baill.
**Jatropha ciliata* Sessé ex Cerv.
Jatropha curcas L.
Jatropha dioica Sessé ex Cerv.
Manihot angustiloba (Torr.) Müll. Arg.

Apéndice 4: Continuación.

Manihot esculenta Crantz
Manihot rhomboidea Müll. Arg.
**Manihot triloba* (Sessé ex Cerv.) McVaugh ex Miranda
Sapium lateriflorum Hemsl.
Sapium macrocarpum Müll. Arg.
Stillingia zelayensis (Kunth) Müll. Arg.
**Tragia affinis* B.L. Rob. & Greenm.
Tragia nepetifolia Cav.
Tragia volubilis L.

Fabaceae
Acaciella angustissima (Mill.) Britton & Rose
**Acaciella hartwegii* (Benth.) Britton & Rose
**Acaciella igualensis* Britton & Rose
**Acaciella painteri* Britton & Rose
**Acaciella tequilana* (S. Watson) Britton & Rose
Acaciella villosa (Sw.) Britton & Rose
Aeschynomene americana L.
Aeschynomene fascicularis Schltdl. & Cham.
**Aeschynomene hintonii* Sandwith
Aeschynomene histrix Poir.
Aeschynomene paniculata Willd. ex Vogel
**Aeschynomene paucifoliolata* Micheli
**Aeschynomene petraea* B.L. Rob.
Aeschynomene rudis Benth.
Aeschynomene scabra G. Don
Aeschynomene villosa Poir.
Albizia tomentosa (Micheli) Standl.
**Amicia zygomeris* DC.
Andira inermis (W. Wright) Kunth ex DC.
**Astragalus diphacus* S. Watson
**Astragalus esperanzae* M.E. Jones
Astragalus guatemalensis Hemsl.
**Astragalus hidalgensis* (Rydb.) Barneby
**Astragalus hypoleucus* S. Schauer
**Astragalus lyonnetii* Barneby
**Astragalus micranthus* Desv.
Astragalus mollissimus Torr.
Astragalus nuttallianus DC.
**Astragalus oxyrhynchus* Hemsl.
**Astragalus quinqueflorus* S. Watson
**Astragalus radicans* Hornem.
**Astragalus strigulosus* Kunth
**Astragalus tolucanus* B.L. Rob. & Seaton
Astragalus wootonii E. Sheld.
**Ateleia arsenii* Standl.
Bauhinia divaricata L.
Bauhinia pauletia Pers.
**Bauhinia pringlei* S. Watson
Bauhinia ungulata L.
**Brongniartia cuneata* L.B. Sm. & B.G. Schub.
**Brongniartia discolor* Brandegee
**Brongniartia foliolosa* Benth. ex Hemsl.
**Brongniartia funiculata* L.B. Sm. & B.G. Schub.
**Brongniartia intermedia* Moric.
**Brongniartia lupinoides* (Kunth) Taub.
**Brongniartia mollis* Kunth
**Brongniartia podalyrioides* Kunth
**Brongniartia pringlei* Rydb.
Calliandra eriophylla Benth.
Calliandra grandiflora (L'Hér.) Benth.
Calliandra houstoniana (Mill.) Standl.
Calliandra humilis Benth.
Calopogonium caeruleum (Benth.) C. Wright
Canavalia brasiliensis Mart. ex Benth.
Canavalia hirsutissima J.D. Sauer
Canavalia villosa Benth.
Cassia grandis L. f.
**Cassia hintonii* Sandwith
Centrosema plumieri (Turpin ex Pers.) Benth.
Centrosema pubescens Benth.
Centrosema virginianum (L.) Benth.
Chamaecrista nictitans (L.) Moench
Chamaecrista rotundifolia (Pers.) Greene
Clitoria mexicana Link
Cologania angustifolia Kunth
Cologania biloba (Lindl.) G. Nicholson
Cologania broussonetii (Balb.) DC.
Cologania glabrior Rose
Cologania obovata Schltdl.
Cologania procumbens Kunth
Cologania rufescens Rose
**Conzattia multiflora* (B.L. Rob.) Standl.
Coursetia glandulosa A. Gray
**Coursetia hidalgoana* Lavin
**Coursetia madrensis* Micheli
**Coursetia mollis* B.L. Rob. & Greenm.
Coursetia pumila (Rose) Lavin
**Crotalaria bupleurifolia* Cham. & Schltdl.
Crotalaria cajanifolia Kunth
**Crotalaria filifolia* Rose
Crotalaria incana L.

Apéndice 4: Continuación.

Crotalaria longirostrata Hook. & Arn.
Crotalaria maypurensis Kunth
Crotalaria micans Link
Crotalaria mollicula Kunth
**Crotalaria polyphylla* L. Riley
Crotalaria pumila Ortega
Crotalaria rotundifolia J.F. Gmel.
**Crotalaria rzedowskii* J. Espinosa
Crotalaria sagittalis L.
Crotalaria vitellina Ker Gawl.
**Dalbergia congestiflora* Pittier
**Dalbergia glomerata* Hemsl.
**Dalea aenigma* Barneby
Dalea alopecuroides Willd.
Dalea bicolor Humb. & Bonpl. ex Willd.
Dalea brachystachys A. Gray
Dalea citriodora Willd.
Dalea cliffortiana Willd.
**Dalea elata* Hook. & Arn.
**Dalea filiciformis* B.L. Rob. & Greenm.
Dalea foliolosa (Aiton) Barneby
**Dalea hegewischiana* Steud.
Dalea humilis G. Don
Dalea leporina (Aiton) Bullock
**Dalea leucostachya* A. Gray
Dalea lutea (Cav.) Willd.
**Dalea minutifolia* (Rydb.) Harms
**Dalea mucronata* DC.
Dalea nutans (Cav.) Willd.
Dalea obovatifolia Ortega
**Dalea obreniformis* (Rydb.) Barneby
**Dalea polystachya* (Sessé & Moc.) Barneby
**Dalea prostrata* Ortega
**Dalea reclinata* (Cav.) Willd.
Dalea sericea Lag.
**Dalea thouinii* Schrank
Dalea tomentosa (Cav.) Willd.
Dalea urceolata Greene
Dalea versicolor Zucc.
**Dalea zimapanica* S. Schauer
**Desmanthus painteri* (Britton & Rose) Standl.
**Desmanthus pumilus* (Schltdl.) J.F. Macbr.
Desmanthus virgatus (L.) Willd.
Desmodium affine Schltdl.
**Desmodium alamanii* DC.
Desmodium amplifolium Hemsl.
Desmodium angustifolium (Kunth) DC.
Desmodium aparines (Link) DC.
Desmodium barbatum (L.) Benth.
**Desmodium bellum* (S.F. Blake) B.G. Schub.
**Desmodium callilepis* Hemsl.
Desmodium cinereum (Kunth) DC.
**Desmodium densiflorum* Hemsl.
Desmodium distortum (Aubl.) J.F. Macbr.
**Desmodium ghiesbreghtii* Hemsl.
Desmodium grahamii A. Gray
Desmodium hartwegianum Hemsl.
Desmodium infractum DC.
Desmodium intortum (Mill.) Urb.
**Desmodium jaliscanum* S. Watson
Desmodium johnstonii Standl. ex B.G. Schub.
Desmodium lavanduliflorum Standl.
**Desmodium macropodium* Hemsl.
**Desmodium macrostachyum* Hemsl.
**Desmodium michelianum* (Schindl.) B.G. Schub. & McVaugh
**Desmodium michoacanum* B.G. Schub. & McVaugh
Desmodium molliculum (Kunth) DC.
Desmodium neomexicanum A. Gray
Desmodium nicaraguense Oerst.
Desmodium orbiculare Schltdl.
Desmodium plicatum Schltdl. & Cham.
Desmodium prehensile Schltdl.
Desmodium pringlei S. Watson
Desmodium procumbens (Mill.) Hitchc.
Desmodium retinens Schltdl.
Desmodium scorpiurus (Sw.) Desv.
Desmodium sericophyllum Schltdl.
Desmodium skinneri Benth. ex Hemsl.
Desmodium strobilaceum Schltdl.
**Desmodium subsessile* Schltdl.
**Desmodium sumichrastii* (Schindl.) Standl.
Desmodium tortuosum (Sw.) DC.
Desmodium uncinatum (Jacq.) DC.
**Desmodium urarioides* (S.F. Blake) B.G. Schub. & McVaugh
Desmodium venustum Steud.
Diphysa floribunda Peyr.
**Diphysa macrocarpa* Standl.
**Diphysa minutifolia* Rose
**Diphysa puberulenta* Rydb.
**Diphysa racemosa* Rose
**Diphysa suberosa* S. Watson
**Diphysa villosa* Rydb.

Apéndice 4: Continuación.

Entadopsis polystachya (L.) Britton
Enterolobium cyclocarpum (Jacq.) Griseb.
Eriosema diffusum (Kunth) G. Don
Eriosema grandiflorum (Schltdl. & Cham.) G. Don
**Eriosema longicalyx* Grear
**Eriosema multiflorum* B.L. Rob.
**Eriosema palmeri* S. Watson
Eriosema pulchellum (Kunth) G. Don
**Erythrina americana* Mill.
**Erythrina batolobium* Barneby & Krukoff
**Erythrina breviflora* DC.
**Erythrina lanata* Rose
**Erythrina leptorhiza* Moc. & Sessé ex DC.
Erythrina mexicana Krukoff
Eysenhardtia polystachya (Ortega) Sarg.
**Eysenhardtia punctata* Pennell
Galactia acapulcensis Rose
**Galactia incana* (Rose) Standl.
Galactia multiflora B.L. Rob. & Greenm.
Galactia striata (Jacq.) Urb.
**Galactia viridiflora* (Rose) Standl.
Gliricidia sepium (Jacq.) Kunth ex Walp.
Haematoxylum brasiletto H. Karst.
Harpalyce formosa Moc. & Sessé ex DC.
**Harpalyce sousae* Arroyo
**Indigofera cuernavacana* Rose
**Indigofera densiflora* M. Martens & Galeotti
Indigofera jamaicensis Spreng.
Indigofera miniata Ortega
**Indigofera platycarpa* Rose
Indigofera suffruticosa Mill.
Indigofera thibaudiana DC.
**Inga eriocarpa* Benth.
Inga inicuil Schltdl. & Cham. ex G. Don
Inga schiedeana Steud.
Inga vera Willd.
Lathyrus parvifolius S. Watson
Leptospron adenanthum (G. Mey.) A. Delgado
Leucaena diversifolia (Schltdl.) Benth.
Leucaena esculenta (Moc. & Sessé ex DC.) Benth.
Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit
**Leucaena macrophylla* Benth.
Libidibia coriaria (Jacq.) Schltdl.
**Lonchocarpus andrieuxii* M. Sousa
**Lonchocarpus argyrotrichus* Harms
**Lonchocarpus caudatus* Pittier
**Lonchocarpus eriophyllus* Benth.
**Lonchocarpus hintonii* Sandwith
Lonchocarpus rugosus Benth.
Lotus repens (G. Don) Sessé & Moc. ex Standl. & Steyerm.
Lupinus aschenbornii S. Schauer
**Lupinus barkeri* Lindl.
**Lupinus campestris* Cham. & Schltdl.
Lupinus elegans Kunth
**Lupinus exaltatus* Zucc.
**Lupinus geophilus* Rose
**Lupinus hintonii* C.P. Sm.
**Lupinus leptophyllus* Cham. & Schltdl.
**Lupinus marschallianus* Sweet
Lupinus mexicanus Cerv. ex Lag.
Lupinus montanus Kunth
**Lupinus simulans* Rose
**Lupinus splendens* Rose
**Lupinus stipulatus* J. Agardh
**Lupinus uncinatus* Schltdl.
**Lupinus vernicius* Rose
**Lupinus versicolor* Sweet
Lysiloma acapulcense (Kunth) Benth.
Lysiloma divaricatum (Jacq.) J.F. Macbr.
**Lysiloma tergeminum* Benth.
Machaerium biovulatum Micheli
Machaerium isadelphum (E. Mey.) Amshoff
Macroptilium atropurpureum (Sessé & Moc. ex DC.) Urb.
Macroptilium gibbosifolium (Ortega) A. Delgado
Marina diffusa (Moric.) Barneby
**Marina gracillima* (S. Watson) Barneby
**Marina greenmaniana* (Rose) Barneby
**Marina minutiflora* (Rose) Barneby
**Marina nutans* (Cav.) Barneby
**Marina procumbens* (DC.) Barneby
Marina scopa Barneby
**Marina spiciformis* (Rose) Barneby
**Marina stilligera* Barneby
**Marina unifoliata* (B.L. Rob. & Greenm.) Barneby
**Mariosousa acatlensis* (Benth.) Seigler & Ebinger
Mariosousa coulteri (Benth.) Seigler & Ebinger
**Microlobius foetidus* (Jacq.) M. Sousa & G. Andrade
Mimosa aculeaticarpa Ortega
**Mimosa adenantheroides* (M. Martens & Galeotti) Benth.
**Mimosa affinis* B.L. Rob.
Mimosa albida Humb. & Bonpl. ex Willd.
**Mimosa benthamii* J.F. Macbr.

Apéndice 4: Continuación.

**Mimosa caerulea* Rose
**Mimosa depauperata* Benth.
Mimosa diplotricha C. Wright ex Sauvalle
**Mimosa egregia* Sandwith
**Mimosa galeottii* Benth.
Mimosa guatemalensis (Hook. & Arn.) Benth.
**Mimosa lacerata* Rose
**Mimosa nanchititlana* R. Grether & Barneby
Mimosa pigra L.
Mimosa polyantha Benth.
Mimosa pudica L.
**Mimosa rhodocarpa* (Britton & Rose) R. Grether
**Mimosa tejupilcana* R. Grether & Mart.-Bern.
**Minkelersia multiflora* Rose
Myroxylon balsamum (L.) Harms
Nissolia fruticosa Jacq.
**Nissolia hintonii* Sandwith
**Nissolia laxior* (B.L. Rob.) Rose
**Nissolia microptera* Poir.
**Nissolia pringlei* Rose
Pachyrhizus erosus (L.) Urb.
**Painteria leptophylla* (DC.) Britton & Rose
Parkinsonia aculeata L.
Pediomelum pentaphyllum (L.) J.W. Grimes
Pediomelum rhombifolium (Torr. & A. Gray) Rydb.
Phaseolus anisotrichos Schltdl.
Phaseolus coccineus L.
**Phaseolus hintonii* A. Delgado
Phaseolus lunatus L.
Phaseolus maculatus Scheele
**Phaseolus microcarpus* Mart.
Phaseolus pauciflorus Sessé & Moc. ex G. Don
Phaseolus pedicellatus Benth.
**Phaseolus perplexus* A. Delgado
**Phaseolus pluriflorus* Maréchal, Mascherpa & Stainier
**Phaseolus tenellus* Piper
Phaseolus vulgaris L.
Piscidia carthagenensis Jacq.
**Piscidia grandifolia* (Donn. Sm.) I.M. Johnst.
Piscidia piscipula (L.) Sarg.
Pithecellobium dulce (Roxb.) Benth.
**Platymiscium lasiocarpum* Sandwith
Poeppigia procera C. Presl
Prosopis juliflora (Sw.) DC.
Prosopis laevigata (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C. Johnst.
**Pterocarpus orbiculatus* DC.
**Ramirezella calcoma* Ochot.-Booth & A. Delgado
Ramirezella strobilophora (B.L. Rob.) Rose
Rhynchosia discolor M. Martens & Galeotti
Rhynchosia edulis Griseb.
Rhynchosia minima (L.) DC.
Rhynchosia precatoria (Humb. & Bonpl. ex Willd.) DC.
**Rhynchosia prostrata* Brandegee
Rhynchosia pyramidalis (Lam.) Urb.
Schnella herrerae Britton & Rose
Senegalia berlandieri (Benth.) Britton & Rose
**Senegalia macilenta* (Rose) Britton & Rose
Senegalia picachensis (Brandegee) Britton & Rose
Senegalia tenuifolia (L.) Britton & Rose
**Senna argentea* (Kunth) H.S. Irwin & Barneby
Senna atomaria (L.) H.S. Irwin & Barneby
**Senna foetidissima* (G. Don) H.S. Irwin & Barneby
Senna fruticosa (Mill.) H.S. Irwin & Barneby
Senna hirsuta (L.) H.S. Irwin & Barneby
Senna holwayana (Rose) H.S. Irwin & Barneby
Senna multiglandulosa (Jacq.) H.S. Irwin & Barneby
Senna obtusifolia (L.) H.S. Irwin & Barneby
Senna occidentalis (L.) Link
Senna pallida (Vahl) H.S. Irwin & Barneby
Senna pendula (Humb. & Bonpl. ex Willd.) H.S. Irwin & Barneby
Senna pilifera (Vogel) H.S. Irwin & Barneby
Senna racemosa (Mill.) H.S. Irwin & Barneby
Senna septemtrionalis (Viv.) H.S. Irwin & Barneby
Senna skinneri (Benth.) H.S. Irwin & Barneby
Senna uniflora (Mill.) H.S. Irwin & Barneby
Sesbania herbacea (Mill.) McVaugh
Sigmoidotropis speciosa (Kunth) A. Delgado
**Sphinga acatlensis* (Benth.) Barneby & J.W. Grimes
Stenolobium brachycarpum Benth.
Stylosanthes humilis Kunth
Tephrosia cinerea (L.) Pers.
**Tephrosia conzattii* (Rydb.) Standl.
**Tephrosia cuernavacana* (Rose) J.F. Macbr.
**Tephrosia macrantha* B.L. Rob. & Greenm. ex Pringle
**Tephrosia mexicana* C.E. Wood
Tephrosia nicaraguensis Oerst.
**Tephrosia pogonocalyx* C.E. Wood
Tephrosia vicioides Schltdl.
Teramnus uncinatus (L.) Sw.
Trifolium amabile Kunth
Trifolium wormskioldii Lehm.
**Vachellia bilimekii* (J.F. Macbr.) Seigler & Ebinger

Apéndice 4: Continuación.

Vachellia campechiana (Mill.) Seigler & Ebinger
Vachellia farnesiana (L.) Wight & Arn.
Vachellia macracantha (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Seigler & Ebinger
Vachellia pennatula (Schltdl. & Cham.) Seigler & Ebinger
Vicia americana Muhl. ex Willd.
Vicia humilis Kunth
Vicia ludoviciana Nutt. ex Torr. & A. Gray
Vicia pulchella Kunth
Vigna luteola (Jacq.) Benth.
Zapoteca formosa (Kunth) H.M. Hern.
Zapoteca portoricensis (Jacq.) H.M. Hern.
Zapoteca tetragona (Willd.) H.M. Hern.
Zornia diphylla (L.) Pers.
Zornia reticulata Sm.
Zornia thymifolia Kunth

Fagaceae
Quercus acutifolia Née
**Quercus affinis* Scheidw.
**Quercus aristata* Hook. & Arn.
Quercus candicans Née
Quercus castanea Née
Quercus crassifolia Bonpl.
**Quercus crassipes* Bonpl.
**Quercus deserticola* Trel.
**Quercus diversifolia* Née
**Quercus eduardi* Trel.
Quercus elliptica Née
**Quercus frutex* Trel.
Quercus glabrescens Benth.
**Quercus glaucescens* Bonpl.
Quercus glaucoides M. Martens & Galeotti
**Quercus greggii* (A. DC.) Trel.
**Quercus hintonii* E.F. Warb.
Quercus insignis M. Martens & Galeotti
**Quercus laeta* Liebm.
Quercus laurina Bonpl.
**Quercus liebmannii* Oerst. ex Trel.
Quercus magnoliifolia Née
**Quercus martinezii* C.H. Mull.
**Quercus mexicana* Bonpl.
**Quercus microphylla* Née
**Quercus obtusata* Bonpl.
Quercus peduncularis Née
**Quercus planipocula* Trel.
Quercus polymorpha Schltdl. & Cham.
**Quercus potosina* Trel.
**Quercus repanda* Bonpl.
**Quercus resinosa* Liebm.
Quercus rugosa Née
Quercus salicifolia Née
***Quercus sanchez-colinii* Martínez
**Quercus sartorii* Liebm.
**Quercus scytophylla* Liebm.
**Quercus splendens* Née
**Quercus subspathulata* Trel.
**Quercus urbanii* Trel.
**Quercus* × *dysophylla* Benth.

Fouquieriaceae
**Fouquieria formosa* Kunth

Garryaceae
Garrya laurifolia Hartw. ex Benth.
**Garrya longifolia* Rose

Gentianaceae
**Gentiana bicuspidata* (G. Don) Briq.
**Gentiana caliculata* Lex.
Gentiana ovatiloba Kusn.
**Gentiana perpusilla* Brandegee
**Gentiana spathacea* Kunth
Gentianella amarella (L.) Börner
Gyrandra brachycalyx (Standl. & L.O. Williams) G. Mans.
Halenia brevicornis (Kunth) G. Don
Halenia crassiuscula B.L. Rob. & Seaton
**Halenia plantaginea* (Kunth) G. Don
Zeltnera quitensis (Kunth) G. Mans.

Geraniaceae
**Geranium bellum* Rose
**Geranium cruceroense* R. Knuth
**Geranium deltoideum* Rydb.
**Geranium hernandesii* DC.
**Geranium latum* Small
**Geranium lilacinum* R. Knuth
**Geranium lozanoi* Rose
**Geranium mexicanum* Kunth
**Geranium potentillifolium* DC.
**Geranium schiedeanum* Schltdl.
Geranium seemannii Peyr.

Apéndice 4: Continuación.

Gesneriaceae
Achimenes antirrhina (DC.) C.V. Morton
Achimenes erecta (Lam.) H.P. Fuchs
**Achimenes flava* C.V. Morton
Achimenes grandiflora (Schiede) DC.
Achimenes heterophylla (Mart.) DC.
**Achimenes obscura* C.V. Morton
**Achimenes patens* Benth.
Achimenes pedunculata Benth.

Grossulariaceae
**Ribes affine* Kunth
Ribes ciliatum Humb. & Bonpl. ex Roem. & Schult.
Ribes microphyllum Kunth

Haloragaceae
Myriophyllum heterophyllum Michx.
Myriophyllum hippuroides Nutt. ex Torr. & A. Gray
Myriophyllum quitense Kunth

Hamamelidaceae
Matudaea trinervia Lundell

Hydrangeaceae
Philadelphus mexicanus Schltdl.

Hydroleaceae
Hydrolea spinosa L.

Hypericaceae
Hypericum formosum Kunth
Hypericum pauciflorum Kunth
Hypericum philonotis Schltdl. & Cham.
Hypericum silenoides Juss.

Juglandaceae
**Juglans pyriformis* Liebm.

Krameriaceae
Krameria revoluta O. Berg
Krameria secundiflora Moc. & Sessé ex DC.

Lamiaceae
Agastache mexicana (Kunth) Lint & Epling
Asterohyptis mociniana (Benth.) Epling
**Asterohyptis stellulata* (Benth.) Epling
Cantinoa americana (Aubl.) Harley & J.F.B. Pastore
Cantinoa mutabilis (Rich.) Harley & J.F.B. Pastore
**Clinopodium macrostemum* (Moc. & Sessé ex Benth.) Kuntze
**Condea albida* (Kunth) Harley & J.F.B. Pastore
Condea subtilis (Epling) Harley & J.F.B. Pastore
**Cunila lythrifolia* Benth.
**Cunila pycnantha* B.L. Rob. & Greenm.
Hedeoma costata A. Gray
Hedeoma piperita Benth.
Hyptis capitata Jacq.
Lepechinia caulescens (Ortega) Epling
**Lepechinia nelsonii* (Fernald) Epling
Lepechinia schiedeana (Schltdl.) Vatke
Mentha canadensis L.
Mesosphaerum pectinatum (L.) Kuntze
**Mesosphaerum septentrionale* (Epling) Harley & J.F.B. Pastore
Mesosphaerum suaveolens (L.) Kuntze
Mesosphaerum urticoides (Kunth) Kuntze
**Salvia albocaerulea* Linden
Salvia carnea Kunth
**Salvia chamaedryoides* Cav.
Salvia cinnabarina M. Martens & Galeotti
**Salvia clinopodioides* Kunth
Salvia coccinea Buc'hoz ex Etl.
**Salvia concolor* Lamb. ex Benth.
**Salvia dichlamys* Epling
**Salvia dryophila* Epling
**Salvia elegans* Vahl
Salvia excelsa Benth.
**Salvia filifolia* Ramamoorthy
**Salvia fluviatilis* Fernald
**Salvia fulgens* Cav.
**Salvia gesneriflora* Lindl. & Paxton
**Salvia glechomifolia* Kunth
**Salvia guadalajarensis* Briq.
**Salvia helianthemifolia* Benth.
**Salvia hirsuta* Jacq.
Salvia hispanica L.
**Salvia iodantha* Fernald
**Salvia keerlii* Benth.
**Salvia laevis* Benth.
Salvia lasiantha Benth.
Salvia lasiocephala Hook. & Arn.
Salvia lavanduloides Kunth
**Salvia leptostachys* Benth.
Salvia leucantha Cav.

Apéndice 4: Continuación.

**Salvia longispicata* M. Martens & Galeotti
**Salvia longistyla* Benth.
**Salvia melissodora* Lag.
**Salvia mexicana* L.
Salvia microphylla Kunth
Salvia misella Kunth
Salvia mocinoi Benth.
**Salvia moniliformis* Fernald
**Salvia nepetoides* Kunth
**Salvia oreopola* Fernald
**Salvia patens* Cav.
Salvia polystachia Cav.
**Salvia prunelloides* Kunth
Salvia pulchella DC.
Salvia purpurea Cav.
Salvia reflexa Hornem.
**Salvia remota* Benth.
Salvia reptans Jacq.
**Salvia rhyacophila* (Fernald) Epling
***Salvia rzedowskii* Ramamoorthy
**Salvia sessei* Benth.
**Salvia setulosa* Fernald
**Salvia stricta* Sessé & Moc.
Salvia tiliifolia Vahl
**Salvia xalapensis* Benth.
Scutellaria dumetorum Schltdl.
**Scutellaria hintoniana* Epling
Stachys agraria Schltdl. & Cham.
**Stachys boraginoides* Cham. & Schltdl.
Stachys coccinea Ortega
Stachys eriantha Benth.
**Stachys globosa* Epling
**Stachys keerlii* Benth.
**Stachys nepetifolia* Desf.
**Stachys parvifolia* M. Martens & Galeotti
Stachys pilosissima M. Martens & Galeotti
Stachys radicans Epling
**Stachys rotundifolia* Moc. & Sessé ex Benth.
**Stachys sanchezii* Rzed. & A. García
**Vitex mollis* Kunth
**Vitex pyramidata* B.L. Rob.

Lentibulariaceae
**Pinguicula acuminata* Benth.
**Pinguicula caudata* Schltdl.
Pinguicula crenatiloba A. DC.
**Pinguicula macrophylla* Kunth
Pinguicula moranensis Kunth
**Pinguicula oblongiloba* DC.
**Pinguicula parvifolia* B.L. Rob.
Utricularia amethystina Salzm. ex A. St.-Hil. & Girard
Utricularia gibba L.
**Utricularia hintonii* P. Taylor
Utricularia livida E. Mey.
Utricularia macrorhiza Leconte
**Utricularia perversa* P. Taylor
Utricularia subulata L.

Linaceae
Linum australe A. Heller
**Linum mexicanum* Kunth
**Linum orizabae* Planch.
***Linum rzedowskii* Arreguín
Linum schiedeanum Schltdl. & Cham.

Loasaceae
Eucnide hirta (G. Don) H.J. Thomps. & W.R. Ernst
**Gronovia longiflora* Rose
Gronovia scandens L.
Klaprothia fasciculata (C. Presl) Poston
Mentzelia aspera L.
Mentzelia hispida Willd.

Loganiaceae
Mitreola petiolata (J.F. Gmel.) Torr. & A. Gray

Loranthaceae
**Cladocolea andrieuxii* Tiegh.
**Cladocolea diversifolia* (Benth.) Kuijt
**Cladocolea grahamii* (Benth.) Tiegh.
**Cladocolea loniceroides* (Tiegh.) Kuijt
**Cladocolea microphylla* (Kunth) Kuijt
**Cladocolea pedicellata* Kuijt
Psittacanthus calyculatus (DC.) G. Don
**Psittacanthus palmeri* (S. Watson) Barlow & Wiens
Psittacanthus schiedeanus (Schltdl. & Cham.) G. Don
Struthanthus brachybotrys Standl. & Steyerm.
**Struthanthus grahamii* (Benth.) Standl.
Struthanthus interruptus (Kunth) G. Don

Lythraceae
Cuphea aequipetala Cav.

Apéndice 4: Continuación.

Cuphea angustifolia Jacq. ex Koehne
**Cuphea avigera* B.L. Rob. & Seaton
**Cuphea bustamanta* Lex.
Cuphea cyanea DC.
**Cuphea heterophylla* Benth.
Cuphea hookeriana Walp.
Cuphea hyssopifolia Kunth
**Cuphea jorullensis* Kunth
**Cuphea koehneana* Rose
**Cuphea lanceolata* W.T. Aiton
Cuphea leptopoda Hemsl.
Cuphea llavea Lex.
**Cuphea lobophora* Koehne
Cuphea lophostoma Koehne
**Cuphea micropetala* Kunth
**Cuphea paucipetala* S.A. Graham
**Cuphea procumbens* Ortega
**Cuphea salicifolia* Cham. & Schltdl.
**Cuphea schumannii* Koehne
Cuphea secundiflora Moc. & Sessé ex DC.
Cuphea tolucana Peyr.
Cuphea wrightii A. Gray
Heimia salicifolia Link
Lythrum alatum Pursh
**Lythrum album* Kunth
Lythrum gracile Benth.
Lythrum vulneraria Aiton ex Schrank
Rotala ramosior (L.) Koehne

Malpighiaceae
Bronwenia cornifolia (Kunth) W.R. Anderson & C. Davis
Bunchosia biocellata Schltdl.
Bunchosia lindeniana A. Juss.
**Bunchosia palmeri* S. Watson
Byrsonima bucidifolia Standl.
Byrsonima crassifolia (L.) Kunth
**Calcicola parvifolia* (A. Juss.) W.R. Anderson & C. Davis
**Callaeum coactum* D.M. Johnson
Callaeum macropterum (DC.) D.M. Johnson
**Echinopterys eglandulosa* (A. Juss.) Small
Galphimia glauca Cav.
**Gaudichaudia cycloptera* (DC.) W.R. Anderson
**Gaudichaudia cynanchoides* Kunth
Gaudichaudia hirtella (Rich.) S.L. Jessup
Gaudichaudia mucronata (Moc. & Sessé ex DC.) A. Juss.
Heteropterys brachiata (L.) DC.
Heteropterys laurifolia (L.) A. Juss.
Malpighia glabra L.
**Malpighia hintonii* Bullock
**Malpighia mexicana* A. Juss.
**Mascagnia polybotrya* (A. Juss.) Nied.
**Psychopterys dipholiphylla* (Small) W.R. Anderson & S. Corso
**Tetrapterys mexicana* Hook. & Arn.

Malvaceae
Abutilon abutiloides (Jacq.) Garcke ex Hochr.
Abutilon divaricatum Turcz.
**Abutilon dugesii* S. Watson
Abutilon reventum S. Watson
**Abutilon simulans* Rose
**Allowissadula sessei* (Lag.) D.M. Bates
Anoda acerifolia Cav.
Anoda crenatiflora Ortega
Anoda cristata (L.) Schltdl.
**Anoda hintoniorum* Fryxell
**Anoda paniculata* Hochr.
Anoda pentaschista A. Gray
**Anoda pubescens* Schltdl.
Anoda thurberi A. Gray
**Ayenia abutilifolia* (Turcz.) Turcz.
**Ayenia berlandieri* S. Watson
**Ayenia jaliscana* S. Watson
**Ayenia mexicana* Turcz.
Ayenia micrantha Standl.
Ayenia purpusii Brandegee
Ayenia pusilla L.
Byttneria aculeata (Jacq.) Jacq.
**Byttneria atrata* Bullock
**Ceiba acuminata* (S. Watson) Rose
Ceiba aesculifolia (Kunth) Britten & Baker f.
Ceiba pentandra (L.) Gaertn.
Chiranthodendron pentadactylon Larreat.
Fuertesimalva jacens (S. Watson) Fryxell
Fuertesimalva limensis (L.) Fryxell
Guazuma ulmifolia Lam.
Helicteres guazumifolia Kunth
Heliocarpus americanus L.
Heliocarpus occidentalis Rose
**Heliocarpus pallidus* Rose
Heliocarpus terebinthinaceus (DC.) Hochr.
**Heliocarpus velutinus* Rose
Herissantia crispa (L.) Brizicky

Apéndice 4: Continuación.

Hermannia inflata Link & Otto
Hibiscus phoeniceus Jacq.
Kearnemalvastrum lacteum (Aiton) D.M. Bates
Kearnemalvastrum subtriflorum (Lag.) D.M. Bates
**Kosteletzkya blanchardii* Fryxell
Malachra fasciata Jacq.
Malvastrum americanum (L.) Torr.
Malvastrum bicuspidatum (S. Watson) Rose
Malvastrum coromandelianum (L.) Garcke
Malvaviscus arboreus Cav.
Malvella leprosa (Ortega) Krapov.
**Melochia corymbosa* (C. Presl) Meisn. ex Steud.
Melochia nodiflora Sw.
Melochia pyramidata L.
Melochia tomentosa L.
Melochia urticifolia (Turcz.) Standl.
Neobrittonia acerifolia (G. Don) Hochr.
**Pavonia candida* (DC.) Fryxell
**Pavonia chlorantha* (Kunth) Fryxell
**Pavonia oxyphylla* (DC.) Fryxell
**Pavonia pulidoae* Fryxell
Periptera punicea (Lag.) DC.
Phymosia rosea (DC.) Kearney
**Phymosia rzedowskii* Fryxell
**Physodium adenodes* (Goldberg) Fryxell
Pseudabutilon ellipticum (Schltdl.) Fryxell
Pseudobombax ellipticum (Kunth) Dugand
**Robinsonella hintonii* Fryxell
Sida abutifolia Mill.
Sida acuta Burm. f.
Sida barclayi Baker f.
Sida ciliaris L.
Sida elliottii Torr. & A. Gray
Sida glabra Mill.
Sida haenkeana C. Presl
**Sida linearis* Cav.
**Sida monticola* Fryxell
**Sida prolifica* Fryxell & S.D. Koch
Sida rhombifolia L.
Sphaeralcea angustifolia (Cav.) G. Don
Tarasa antofagastana (Phil.) Krapov.
**Tarasa geranioides* (Schltdl. & Cham.) Krapov.
Tilia americana L.
**Trichospermum galeottii* (Turcz.) Kosterm.
Triumfetta bogotensis DC.
**Triumfetta columnaris* Hochr.
**Triumfetta coriacea* Hochr.
**Triumfetta galeottiana* Turcz.
**Triumfetta goldmanii* Rose
**Triumfetta heliocarpoides* Bullock
Triumfetta lappula L.
Triumfetta polyandra Sessé & Moc. ex DC.
**Triumfetta simplicifolia* (Sessé & Moc.) Fryxell
**Triumfetta stellata* Lay
**Waltheria fryxellii* J.G. Saunders
Waltheria indica L.
**Waltheria pringlei* Rose & Standl.
Wissadula amplissima (L.) R.E. Fr.

Martyniaceae
Martynia annua L.
Proboscidea louisiana (Mill.) Thell.
Proboscidea triloba (Schltdl. & Cham.) Decne.

Melastomataceae
Arthrostemma alatum Triana
Clidemia matudae L.O. Williams
Conostegia xalapensis (Bonpl.) D. Don ex DC.
**Heterocentron mexicanum* Hook. & Arn.
Heterocentron subtriplinervium (Link & Otto) A. Braun & C.D. Bouché
Leandra cornoides (Schltdl. & Cham.) Cogn.
Miconia glaberrima (Schltdl.) Naudin
**Monochaetum calcaratum* (DC.) Triana
Monochaetum floribundum (Schltdl.) Naudin
**Tibouchina galeottiana* (Naudin) Cogn.
Tibouchina longifolia (Vahl) Baill.
**Tibouchina scabriuscula* (Schltdl.) Cogn.
**Tibouchina tortuosa* (Bonpl.) Almeda

Meliaceae
Cedrela odorata L.
Guarea glabra Vahl
Swietenia humilis Zucc.
Trichilia americana (Sessé & Moc.) T.D. Penn.
Trichilia havanensis Jacq.
Trichilia hirta L.

Menispermaceae
Cissampelos pareira L.
Cocculus diversifolius DC.
**Disciphania mexicana* Bullock

Apéndice 4: Continuación.

Menyanthaceae
Nymphoides fallax Ornduff

Molluginaceae
Mollugo verticillata L.

Montiaceae
Calandrinia acaulis Kunth
Calandrinia ciliata (Ruiz & Pav.) DC.
Claytonia perfoliata Donn ex Willd.
Montia chamissoi (Ledeb. ex Spreng.) Greene
Montia fontana L.
**Phemeranthus napiformis* (DC.) G. Ocampo

Moraceae
Brosimum alicastrum Sw.
Castilla elastica Sessé ex Cerv.
Dorstenia contrajerva L.
Dorstenia drakena L.
Ficus aurea Nutt.
Ficus citrifolia Mill.
Ficus cotinifolia Kunth
Ficus crocata (Miq.) Miq.
Ficus insipida Willd.
**Ficus lapathifolia* (Liebm.) Miq.
Ficus maxima Mill.
Ficus obtusifolia Kunth
Ficus pertusa L. f.
**Ficus petiolaris* Kunth
Ficus velutina Humb. & Bonpl. ex Willd.
Morus celtidifolia Kunth
Trophis racemosa (L.) Urb.

Muntingiaceae
Muntingia calabura L.

Myricaceae
Morella cerifera (L.) Small

Myrtaceae
Eugenia acapulcensis Steud.
Eugenia capuli (Schltdl. & Cham.) Hook. & Arn.
Myrcianthes fragrans (Sw.) McVaugh
Psidium guajava L.
Psidium sartorianum (O. Berg) Nied.

Nyctaginaceae
Allionia choisyi Standl.
Allionia incarnata L.
Boerhavia coccinea Mill.
Boerhavia erecta L.
Commicarpus scandens (L.) Standl.
Mirabilis aggregata (Ortega) Cav.
Mirabilis albida (Walter) Heimerl
Mirabilis glabrifolia (Ortega) I.M. Johnst.
Mirabilis jalapa L.
Mirabilis longiflora L.
Mirabilis melanotricha (Standl.) Spellenb.
**Mirabilis pringlei* Weath.
**Mirabilis sanguinea* Heimerl
Mirabilis violacea (L.) Heimerl
Mirabilis viscosa Cav.
Okenia hypogaea Schltdl. & Cham.
Pisonia aculeata L.
Pisoniella arborescens (Lag. & Rodr.) Standl.
**Salpianthus arenarius* Bonpl.

Oleaceae
Cartrema americana (L.) G.L. Nesom
Forestiera phillyreoides (Benth.) Torr.
Forestiera reticulata Torr.
Fraxinus purpusii Brandegee
Fraxinus uhdei (Wenz.) Lingelsh.
**Menodora helianthemoides* Bonpl.

Onagraceae
Epilobium ciliatum Raf.
**Epilobium denticulatum* Ruiz & Pav.
Fuchsia arborescens Sims
**Fuchsia decidua* Standl.
Fuchsia encliandra Steud.
**Fuchsia fulgens* DC.
Fuchsia lycioides Andrews
Fuchsia microphylla Kunth
**Fuchsia obconica* Breedlove
Fuchsia thymifolia Kunth
Gaura drummondii (Spach) Torr. & A. Gray
**Gaura mutabilis* Cav.
Gongylocarpus rubricaulis Schltdl. & Cham.
Lopezia miniata Lag. ex DC.
Lopezia racemosa Cav.
**Lopezia trichota* Schltdl.

Apéndice 4: Continuación.

**Lopezia violacea* Rose
Ludwigia clavellina M. Gómez
Ludwigia erecta (L.) H. Hara
Ludwigia octovalvis (Jacq.) P.H. Raven
Ludwigia palustris (L.) Elliott
Ludwigia peploides (Kunth) P.H. Raven
**Oenothera deserticola* (Loes.) Munz
Oenothera elata Kunth
Oenothera epilobiifolia Kunth
Oenothera flava (A. Nelson) Garrett
Oenothera hexandra (Ortega) W.L. Wagner & Hoch
Oenothera kunthiana (Spach) Munz
Oenothera laciniata Hill
Oenothera pubescens Willd. ex Spreng.
Oenothera rosea L'Hér. ex Aiton
Oenothera suffrutescens (Ser.) W.L. Wagner & Hoch
Oenothera tetraptera Cav.
**Oenothera tubifera* Ser.

Opiliaceae
Agonandra racemosa (DC.) Standl.

Orobanchaceae
Agalinis peduncularis (Benth.) Pennell
Buchnera obliqua Benth.
Buchnera pusilla Kunth
Castilleja arvensis Schltdl. & Cham.
**Castilleja aurea* B.L. Rob. & Greenm.
**Castilleja gracilis* Benth.
**Castilleja lithospermoides* Kunth
**Castilleja macrostigma* B.L. Rob.
**Castilleja moranensis* Kunth
Castilleja pectinata M. Martens & Galeotti
**Castilleja scorzonerifolia* Kunth
**Castilleja stipifolia* G.L. Nesom
Castilleja tenuiflora Benth.
**Castilleja tenuifolia* M. Martens & Galeotti
**Castilleja tolucensis* Kunth
Conopholis alpina Liebm.
Escobedia laevis Schltdl. & Cham.
**Lamourouxia brachyantha* Greenm.
**Lamourouxia dasyantha* (Cham. & Schltdl.) W.R. Ernst
Lamourouxia multifida Kunth
**Lamourouxia nelsonii* B.L. Rob. & Greenm.
**Lamourouxia rhinanthifolia* Kunth
**Lamourouxia tenuifolia* M. Martens & Galeotti
Lamourouxia viscosa Kunth
Lamourouxia xalapensis Kunth
Melasma physalodes (D. Don) Melch.
**Orobanche dugesii* (S. Watson) Munz
Orobanche ludoviciana Nutt.
Pedicularis canadensis L.
**Pedicularis mexicana* Zucc. ex Benth.
Pedicularis orizabae Schltdl. & Cham.
**Seymeria decurva* Benth.
**Silviella prostrata* (Kunth) Pennell
**Silviella serpyllifolia* (Kunth) Pennell

Oxalidaceae
Oxalis alpina (Rose) Rose ex R. Knuth
Oxalis corniculata L.
Oxalis decaphylla Kunth
Oxalis dimidiata Donn. Sm.
Oxalis divergens Benth. ex Lindl.
Oxalis frutescens L.
**Oxalis gregaria* (Rose) R. Knuth
**Oxalis hernandezii* DC.
Oxalis jacquiniana Kunth
Oxalis latifolia Kunth
Oxalis lunulata Zucc.
Oxalis nelsonii (Small) R. Knuth
Oxalis tetraphylla Cav.

Papaveraceae
Argemone mexicana L.
Argemone ochroleuca Sweet
Argemone platyceras Link & Otto
Bocconia arborea S. Watson
Bocconia frutescens L.
Eschscholzia californica Cham.

Passifloraceae
Passiflora adenopoda DC.
Passiflora biflora Lam.
Passiflora bryonioides Kunth
**Passiflora colimensis* Mast. & Rose
Passiflora coriacea Juss.
**Passiflora exsudans* Zucc.
Passiflora filipes Benth.
Passiflora foetida L.
Passiflora jorullensis Kunth
Passiflora ligularis Juss.

Apéndice 4: Continuación.

Passiflora mexicana Juss.
Passiflora pavonis Mast.
Passiflora porphyretica Mast.
Passiflora sicyoides Schltdl. & Cham.
Passiflora suberosa L.
Passiflora subpeltata Ortega
**Turnera callosa* Urb.
Turnera ulmifolia L.

Pentaphylacaceae
**Cleyera integrifolia* (Benth.) Choisy
Ternstroemia lineata DC.
Ternstroemia sylvatica Schltdl. & Cham.
Ternstroemia tepezapote Schltdl. & Cham.

Petiveriaceae
Petiveria alliacea L.
Rivina humilis L.
Trichostigma octandrum (L.) H. Walter

Phrymaceae
Erythranthe glabrata (Kunth) G.L. Nesom
Mimulus cardinalis Douglas ex Benth.

Phyllanthaceae
Phyllanthus caroliniensis Walter
**Phyllanthus galeottianus* Baill.
Phyllanthus mocinianus Baill.

Phyllonomaceae
Phyllonoma laticuspis (Turcz.) Engl.

Phytolaccaceae
Phytolacca icosandra L.
Phytolacca rivinoides Kunth & C.D. Bouché
Phytolacca rugosa A. Braun & C.D. Bouché

Picramniaceae
Alvaradoa amorphoides Liebm.
Picramnia antidesma Sw.

Plantaginaceae
Bacopa monnieri (L.) Wettst.
Callitriche deflexa A. Braun ex Hegelm.
Callitriche heterophylla Pursh
Linaria canadensis (L.) Dum. Cours.
Maurandya antirrhiniflora Humb. & Bonpl. ex Willd.
Maurandya barclayana Lindl.
Maurandya erubescens (D. Don) A. Gray
Mecardonia procumbens (Mill.) Small
Nuttallanthus canadensis (L.) D.A. Sutton
Penstemon barbatus (Cav.) Roth
Penstemon campanulatus (Cav.) Willd.
Penstemon gentianoides (Kunth) Poir.
**Penstemon hartwegii* Benth.
**Penstemon miniatus* Lindl.
**Penstemon roseus* (Sweet) G. Don
**Plantago alismatifolia* Pilg.
Plantago australis Lam.
Plantago linearis Kunth
Plantago nivea Kunth
**Plantago tolucensis* Pilg.
Plantago tubulosa Decne.
Russelia coccinea (L.) Wettst.
**Russelia cuneata* B.L. Rob.
**Russelia floribunda* Kunth
**Russelia jaliscensis* B.L. Rob.
Russelia parvifolia Carlson
**Russelia retrorsa* Greene
Russelia sarmentosa Jacq.
**Russelia tenuis* Lundell
**Russelia ternifolia* Kunth
Russelia verticillata Kunth
**Russelia villosa* Lundell
Schistophragma pusillum Benth.
Sibthorpia rotundifolia (Ruiz & Pav.) Edwin
Stemodia macrantha B.L. Rob.
Veronica americana Schwein. ex Benth.
Veronica peregrina L.

Plumbaginaceae
**Plumbago pulchella* Boiss.

Podostemaceae
Tristicha trifaria (Bory ex Willd.) Spreng.

Polemoniaceae
Bonplandia geminiflora Cav.
Cobaea scandens Cav.
**Ipomopsis pinnata* (Cav.) V.E. Grant
Loeselia coerulea (Cav.) G. Don
Loeselia glandulosa (Cav.) G. Don

Apéndice 4: Continuación.

Loeselia mexicana (Lam.) Brand
**Polemonium grandiflorum* Benth.
**Polemonium mexicanum* Cerv. ex Lag.

Polygalaceae
**Monnina ciliolata* DC.
Monnina xalapensis Kunth
Polygala alba Nutt.
**Polygala appressipilis* S.F. Blake
**Polygala brachytropis* S.F. Blake
**Polygala compacta* Rose
Polygala glochidiata Kunth
Polygala gracillima S. Watson
**Polygala scoparia* Kunth
**Polygala subalata* S. Watson
Polygala tenella Willd.

Polygonaceae
Antigonon leptopus Hook. & Arn.
Eriogonum jamesii Benth.
Persicaria amphibia (L.) Gray
Persicaria hydropiperoides (Michx.) Small
Persicaria punctata (Elliott) Small
Polygonum acuminatum Kunth
**Rumex flexicaulis* Rech. f.
Rumex mexicanus Meisn.
**Ruprechtia fusca* Fernald

Portulacaceae
Portulaca mexicana P. Wilson
Portulaca oleracea L.
Portulaca pilosa L.

Primulaceae
Ardisia compressa Kunth
Ardisia escallonioides Schltdl. & Cham.
Ardisia revoluta Kunth
Myrsine coriacea (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult.
Myrsine juergensenii (Mez) Ricketson & Pipoly
Parathesis melanosticta (Schltdl.) Hemsl.
**Parathesis villosa* Lundell
Synardisia venosa (Mast.) Lundell

Ranunculaceae
Clematis dioica L.
Clematis grossa Benth.
**Clematis rhodocarpa* Rose
**Delphinium bicornutum* Hemsl.
**Delphinium pedatisectum* Hemsl.
Ranunculus aquatilis L.
Ranunculus cymbalaria Pursh
Ranunculus dichotomus Moc. & Sessé ex DC.
Ranunculus donianus Pritz. ex Walp.
Ranunculus fasciculatus Sessé & Moc.
Ranunculus hydrocharoides A. Gray
Ranunculus macranthus Scheele
Ranunculus multicaulis D. Don
Ranunculus peruvianus Pers.
Ranunculus petiolaris Kunth ex DC.
Ranunculus praemorsus Kunth ex DC.
Ranunculus sierrae-orientalis (L.D. Benson) G.L. Nesom
**Thalictrum cuernavacanum* Rose
**Thalictrum gibbosum* Lecoy.
**Thalictrum hernandezii* Tausch
**Thalictrum pachucense* Rose
**Thalictrum peltatum* DC.
**Thalictrum pubigerum* Benth.
**Thalictrum strigillosum* Hemsl.

Rhamnaceae
Adolphia infesta (Kunth) Meisn.
**Ceanothus buxifolius* Willd. ex Schult. f.
Ceanothus caeruleus Lag.
Colubrina celtidifolia (Schltdl. & Cham.) Schltdl.
Colubrina elliptica (Sw.) Brizicky & W.L. Stern
Colubrina greggii S. Watson
**Colubrina macrocarpa* (Cav.) G. Don
Colubrina triflora Brongn. ex G. Don
Condalia mexicana Schltdl.
**Condalia velutina* I.M. Johnst.
**Frangula hintonii* (M.C. Johnst. & L.A. Johnst.) A. Pool
**Frangula microphylla* (Humb. & Bonpl. ex Schult.) Grubov
Frangula mucronata (Schltdl.) Grubov
**Frangula palmeri* (S. Watson) Grubov
**Gouania conzattii* Greenm.
Gouania lupuloides (L.) Urb.
Karwinskia humboldtiana (Schult.) Zucc.
**Karwinskia mollis* Schltdl.
**Karwinskia venturae* R. Fernández
Krugiodendron ferreum (Vahl) Urb.
Rhamnus serrata Humb. & Bonpl. ex Willd.
Sageretia elegans (Kunth) Brongn.

Apéndice 4: Continuación.

Rosaceae
Acaena elongata L.
**Cercocarpus fothergilloides* Kunth
**Cercocarpus macrophyllus* C.K. Schneid.
Crataegus mexicana DC.
**Fragaria mexicana* Schltdl.
Geum aleppicum Jacq.
Holodiscus fissus (Lindl.) C.K. Schneid.
**Holodiscus pachydiscus* (Rydb.) Standl.
Lachemilla aphanoides (Mutis ex L. f.) Rothm.
***Lachemilla mexiquense* D.F. Morales-B.
Lachemilla orbiculata (Ruiz & Pav.) Rydb.
Lachemilla pinnata (Ruiz & Pav.) Rothm.
Lachemilla procumbens (Rose) Rydb.
Lachemilla sibbaldiifolia (Kunth) Rydb.
**Lachemilla velutina* (S. Watson) Rydb.
Lachemilla vulcanica (Schltdl. & Cham.) Rydb.
Malacomeles denticulata (Kunth) G.N. Jones
Photinia microcarpa Standl.
**Potentilla candicans* Humb. & Bonpl. ex Nestl.
Potentilla haematochrous Lehm.
**Potentilla ranunculoides* Humb. & Bonpl. ex Nestl.
**Potentilla richardii* Lehm.
Potentilla rivalis Nutt.
**Potentilla rubra* Willd. ex D.F.K. Schltdl.
Potentilla staminea Rydb.
Prunus brachybotrya Zucc.
**Prunus ferruginea* (Ser.) Steud.
**Prunus microphylla* (Kunth) Hemsl.
Prunus serotina Ehrh.
Rubus adenotrichos Schltdl.
**Rubus caudatisepalus* Calderón
**Rubus cymosus* Rydb.
**Rubus liebmannii* Focke
Rubus pringlei Rydb.
**Rubus pumilus* Focke
**Rubus uhdeanus* Focke
Sibbaldia procumbens L.

Rubiaceae
Arachnothryx buddleioides (Benth.) Planch.
Arachnothryx jurgensenii (Hemsl.) Borhidi
**Arachnothryx leucophylla* (Kunth) Planch.
Augusta rivalis (Benth.) J.H. Kirkbr.
Borreria remota (Lam.) Bacigalupo & E.L. Cabral
Borreria suaveolens G. Mey.
Borreria verticillata (L.) G. Mey.
**Bouvardia capitata* Bullock
**Bouvardia chrysantha* Mart.
**Bouvardia cordifolia* DC.
Bouvardia laevis M. Martens & Galeotti
**Bouvardia loeseneriana* Standl.
**Bouvardia longiflora* (Cav.) Kunth
Bouvardia multiflora (Cav.) Schult. & Schult. f.
**Bouvardia obovata* Kunth
**Bouvardia standleyana* W.H. Blackw.
Bouvardia ternifolia (Cav.) Schltdl.
Cephalanthus salicifolius Bonpl.
Chiococca alba (L.) Hitchc.
Chiococca pachyphylla Wernham
Crusea calocephala DC.
Crusea coccinea DC.
Crusea diversifolia (Kunth) W.R. Anderson
Crusea hispida (Mill.) B.L. Rob.
Crusea longiflora (Roem. & Schult.) W.R. Anderson
**Crusea megalocarpa* (A. Gray) S. Watson
Crusea parviflora Hook. & Arn.
**Crusea psyllioides* (Kunth) W.R. Anderson
Crusea setosa (M. Martens & Galeotti) Standl. & Steyerm.
Crusea wrightii A. Gray
**Deppea cornifolia* (Benth.) Benth.
**Deppea hintonii* Bullock
Didymaea alsinoides (Schltdl. & Cham.) Standl.
**Didymaea floribunda* Rzed.
**Edithea guerrerensis* (Dwyer & Lorence) Borhidi & Strancz.
Exostema caribaeum (Jacq.) Schult.
Galium aschenbornii S. Schauer
Galium mexicanum Kunth
**Galium praetermissum* Greenm.
**Galium seatonii* Greenm.
Galium sphagnophilum (Greenm.) Dempster
Galium trifidum L.
Galium uncinulatum DC.
Guettarda elliptica Sw.
Hamelia patens Jacq.
**Hamelia versicolor* A. Gray
**Hamelia xorullensis* Kunth
Hedyotis wrightii (A. Gray) Fosberg
Hintonia latiflora (Sessé & Moc. ex DC.) Bullock
**Hoffmannia cuneatissima* B.L. Rob.
Margaritopsis microdon (DC.) C.M. Taylor
Mitracarpus hirtus (L.) DC.

Apéndice 4: Continuación.

**Paederia ciliata* (Bartl. ex DC.) Standl.
Randia aculeata L.
Randia capitata DC.
**Randia cinerea* (Fernald) Standl.
Randia echinocarpa Sessé & Moc. ex DC.
Randia monantha Benth.
**Randia obcordata* S. Watson
**Randia tetracantha* (Cav.) DC.
**Randia thurberi* S. Watson
Relbunium hypocarpium (L.) Hemsl.
Relbunium laevigatum (DC.) Hemsl.
Richardia scabra L.
Richardia tricocca (Torr. & A. Gray) Standl.
**Simira mexicana* (Bullock) Steyerm.
Spermacoce confusa Rendle
Spermacoce ovalifolia (M. Martens & Galeotti) Hemsl.
Spermacoce tenuior L.

Rutaceae
**Amyris rekoi* S.F. Blake
Casimiroa edulis La Llave & Lex.
**Choisya ternata* Kunth
Ptelea trifoliata L.
Zanthoxylum fagara (L.) Sarg.
Zanthoxylum limoncello Planch. & Oerst.

Sabiaceae
Meliosma dentata (Liebm.) Urb.

Salicaceae
Casearia aculeata Jacq.
Casearia nitida (L.) Jacq.
Casearia tremula (Griseb.) Griseb. ex C. Wright
**Neopringlea integrifolia* (Hemsl.) S. Watson
Neopringlea viscosa (Liebm.) Rose
**Populus simaroa* Rzed.
Populus tremuloides Michx.
Prockia crucis P. Browne ex L.
Salix bonplandiana Kunth
**Salix cana* M. Martens & Galeotti
**Salix hartwegii* Benth.
Salix humboldtiana Willd.
Salix lasiolepis Benth.
**Salix mexicana* Seemen
**Salix paradoxa* Kunth
Salix taxifolia Kunth
Xylosma flexuosa (Kunth) Hemsl.
Xylosma intermedia (Seem.) Triana & Planch.

Santalaceae
**Arceuthobium abietis-religiosae* Heil
Arceuthobium globosum Hawksw. & Wiens
Arceuthobium vaginatum (Humb. & Bonpl. ex Willd.) J. Presl
Phoradendron brachystachyum (DC.) Eichler
**Phoradendron carneum* Urb.
Phoradendron falcatum Eichler
**Phoradendron galeottii* Trel.
**Phoradendron lanceolatum* Engelm. ex A. Gray
**Phoradendron longifolium* Eichler ex Trel.
**Phoradendron perredactum* Rzed. & Calderón
Phoradendron piperoides (Kunth) Trel.
Phoradendron quadrangulare (Kunth) Griseb.
Phoradendron reichenbachianum (Seem.) Oliv.
**Phoradendron rhipsalinum* Rzed.
Phoradendron robinsonii Urb.
Phoradendron velutinum (DC.) Eichler

Sapindaceae
Acer negundo L.
Cardiospermum grandiflorum Sw.
Cardiospermum halicacabum L.
Dodonaea viscosa (L.) Jacq.
Paullinia tomentosa Jacq.
Sapindus saponaria L.
Serjania cardiospermoides Schltdl. & Cham.
Serjania mexicana (L.) Willd.
Serjania racemosa Schumach.
**Serjania schiedeana* Schltdl.
**Serjania trifoliolata* Radlk.
Serjania triquetra Radlk.
Thouinia paucidentata Radlk.
**Thouinia villosa* DC.
Thouinidium decandrum (Bonpl.) Radlk.
Urvillea ulmacea Kunth

Sapotaceae
Manilkara zapota (L.) P. Royen
Pouteria campechiana (Kunth) Baehni
Pouteria sapota (Jacq.) H.E. Moore & Stearn
Sideroxylon capiri (A. DC.) Pittier
**Sideroxylon palmeri* (Rose) T.D. Penn.
Sideroxylon tepicense (Standl.) T.D. Penn.

Apéndice 4: Continuación.

Saxifragaceae
**Heuchera mexicana* W. Schaffn. ex Small & Rydb.
**Heuchera orizabensis* Hemsl.

Schoepfiaceae
Schoepfia flexuosa (Ruiz & Pav.) Schult.
**Schoepfia pringlei* B.L. Rob.

Scrophulariaceae
Buddleja americana L.
Buddleja cordata Kunth
**Buddleja parviflora* Kunth
**Buddleja perfoliata* Kunth
Buddleja scordioides Kunth
Buddleja sessiliflora Kunth
Capraria biflora L.
Capraria frutescens (Mill.) Britten
Limosella aquatica L.

Solanaceae
Bouchetia erecta DC. ex Dunal
Brachistus stramoniifolius (Kunth) Miers
Calibrachoa parviflora (Juss.) D'Arcy
Capsicum annuum L.
Capsicum rhomboideum (Dunal) Kuntze
Cestrum aurantiacum Lindl.
**Cestrum fulvescens* Fernald
Cestrum laxum Benth.
**Cestrum nitidum* M. Martens & Galeotti
Cestrum nocturnum L.
**Cestrum oblongifolium* Schltdl.
Cestrum roseum Kunth
Cestrum thyrsoideum Kunth
Cestrum tomentosum L. f.
**Datura ceratocaula* Ortega
Datura inoxia Mill.
Datura quercifolia Kunth
Datura stramonium L.
***Jaltomata bohsiana* Mione & D.M. Spooner
Jaltomata procumbens (Cav.) J.L. Gentry
Lycianthes acapulcensis (Baill.) D'Arcy
Lycianthes arrazolensis (J.M. Coult. & Donn. Sm.) Bitter
Lycianthes ciliolata (M. Martens & Galeotti) Bitter
***Lycianthes dejecta* (Fernald) Bitter
Lycianthes moziniana (Dunal) Bitter
***Lycianthes peduncularis* (Schltdl.) Bitter
***Lycianthes pringlei* (B.L. Rob. & Greenm.) Bitter
**Lycianthes starbuckii* E. Dean
**Lycianthes surotatensis* Gentry
Lycianthes tricolor (Sessé & Moc. ex Dunal) Bitter
Lycium carolinianum Walter
Nectouxia formosa Kunth
Nicotiana obtusifolia M. Martens & Galeotti
**Nierembergia angustifolia* Kunth
Physalis angulata L.
Physalis cinerascens (Dunal) Hitchc.
**Physalis coztomatl* Moc. & Sessé ex Dunal
Physalis gracilis Miers
**Physalis hintonii* Waterf.
Physalis lagascae Roem. & Schult.
Physalis microcarpa Urb. & Ekman
Physalis mollis Nutt.
Physalis nicandroides Schltdl.
**Physalis orizabae* Dunal
**Physalis patula* Mill.
Physalis peruviana L.
Physalis philadelphica Lam.
**Physalis pringlei* Greenm.
Physalis pruinosa L.
Physalis pubescens L.
Physalis solanacea (Schltdl.) Axelius
**Physalis sordida* Fernald
**Physalis subrepens* Waterf.
**Physalis sulphurea* (Fernald) Waterf.
Physalis viscosa L.
**Solandra guerrerensis* Martínez
**Solandra guttata* D. Don
Solandra nitida Zuccagni
Solanum aligerum Schltdl.
Solanum americanum Mill.
Solanum angustifolium Mill.
Solanum aphyodendron S. Knapp
Solanum appendiculatum Humb. & Bonpl. ex Dunal
Solanum bulbocastanum Dunal
Solanum candidum Lindl.
**Solanum cardiophyllum* Lindl.
Solanum chrysotrichum Schltdl.
Solanum corymbosum Jacq.
Solanum demissum Lindl.
Solanum diphyllum L.
Solanum donianum Walp.
Solanum douglasii Dunal

Apéndice 4: Continuación.

Solanum dulcamaroides Dunal
**Solanum ehrenbergii* (Bitter) Rydb.
Solanum elaeagnifolium Cav.
Solanum erianthum D. Don
**Solanum fructu-tecto* Cav.
Solanum heterodoxum Dunal
**Solanum hintonii* Correll
Solanum hispidum Pers.
**Solanum iopetalum* (Bitter) Hawkes
Solanum laurifolium Mill.
Solanum mitlense Dunal
Solanum morelliforme Bitter & Münch
Solanum nigrescens M. Martens & Galeotti
Solanum nigricans M. Martens & Galeotti
Solanum nudum Dunal
**Solanum pedunculare* Schltdl.
**Solanum polyadenium* Greenm.
Solanum pubigerum Dunal
Solanum rostratum Dunal
Solanum rudepannum Dunal
**Solanum stenophyllidium* Bitter
Solanum stoloniferum Schltdl. & C.D. Bouché
Solanum torvum Sw.
Solanum umbellatum Mill.
**Solanum verrucosum* Schltdl.

Stegnospermataceae
Stegnosperma cubense A. Rich.
Stegnosperma scandens (Lunan) Standl.

Styracaceae
Styrax argenteus C. Presl
Styrax glabrescens Benth.
**Styrax ramirezii* Greenm.

Symplocaceae
**Symplocos citrea* Lex.

Talinaceae
Talinum fruticosum (L.) Juss.
Talinum lineare Kunth
Talinum paniculatum (Jacq.) Gaertn.

Urticaceae
Boehmeria ulmifolia Wedd.
Cecropia obtusifolia Bertol.
Discocnide mexicana (Liebm.) Chew
**Myriocarpa brachystachys* S. Watson
Parietaria debilis G. Forst.
**Parietaria macrophylla* B.L. Rob. & Greenm.
Parietaria pensylvanica Muhl. ex Willd.
Phenax hirtus (Sw.) Wedd.
Pilea microphylla (L.) Liebm.
Pouzolzia guatemalana (Blume) Wedd.
Pouzolzia occidentalis (Liebm.) Wedd.
Urera baccifera (L.) Gaudich. ex Wedd.
Urera verrucosa (Liebm.) V.W. Steinm.
Urtica chamaedryoides Pursh
Urtica dioica L.
Urtica mexicana Liebm.
**Urtica subincisa* Benth.

Verbenaceae
Bouchea prismatica (L.) Kuntze
Citharexylum affine D. Don
**Citharexylum glabrum* (S. Watson) Greenm.
**Citharexylum hintonii* Moldenke
Duranta erecta L.
**Glandularia amoena* (Paxton) Umber
Glandularia bipinnatifida (Nutt.) Nutt.
Glandularia elegans (Kunth) Umber
Glandularia teucriifolia (M. Martens & Galeotti) Umber
Lantana achyranthifolia Desf.
Lantana camara L.
Lantana glandulosissima Hayek
**Lantana langlassei* Moldenke
Lantana trifolia L.
Lippia alba (Mill.) N.E. Br. ex Britton & P. Wilson
Lippia graveolens Kunth
**Lippia mexicana* G.L. Nesom
Lippia myriocephala Schltdl. & Cham.
Lippia umbellata Cav.
Petrea volubilis L.
Phyla dulcis (Trevir.) Moldenke
Phyla nodiflora (L.) Greene
Priva aspera Kunth
**Priva grandiflora* (Ortega) Moldenke
Priva lappulacea (L.) Pers.
Priva mexicana (L.) Pers.
**Stachytarpheta hintonii* Moldenke
**Stachytarpheta mexicana* Moldenke
Stachytarpheta mutabilis (Jacq.) Vahl

Apéndice 4: Continuación.

**Stachytarpheta velutina* Moldenke
Verbena canescens Kunth
Verbena carolina L.
Verbena gracilis Desf.
Verbena litoralis Kunth
Verbena menthifolia Benth.
**Verbena recta* Kunth

Violaceae
Hybanthus attenuatus (Humb. & Bonpl. ex Roem. & Schult.) Schulze-Menz
Hybanthus verbenaceus (Kunth) Loes.
Hybanthus verticillatus (Ortega) Baill.
Ixchelia mexicana (Ging.) H.E. Ballard & Wahlert
**Viola beamanii* Calderón
Viola grahamii Benth.
Viola guatemalensis W. Becker
**Viola hemsleyana* Calderón
**Viola hookeriana* Kunth
Viola humilis Kunth
**Viola painteri* Rose & House
Viola umbraticola Kunth

Vitaceae
Ampelocissus acapulcensis (Kunth) Planch.
Ampelopsis denudata Planch.
**Cissus cucurbitina* Standl.
Cissus microcarpa Vahl
**Cissus subtruncata* Rose
Cissus tiliacea Kunth
Cissus trifoliata (L.) L.
Cissus verticillata (L.) Nicolson & C.E. Jarvis
Vitis bourgaeana Planch.
Vitis cinerea (Engelm.) Engelm. ex Millardet
Vitis tiliifolia Humb. & Bonpl. ex Roem. & Schult.

Zygophyllaceae
Kallstroemia maxima (L.) Hook. & Arn.
Kallstroemia parviflora Norton
**Kallstroemia rosei* Rydb.

Acta Botanica Mexicana 124: 219-224 Julio **2018**

Artículo científico

Cestrum chiangi (Solanaceae), una especie nueva de Guerrero y Oaxaca, México

Cestrum chiangi (Solanaceae), a new species from Guerrero and Oaxaca, Mexico

Juan Carlos Montero Castro

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Biología, Laboratorio de Sistemática Molecular de Plantas, Ciudad Universitaria, Av. Francisco J. Múgica s/n, 58030 Morelia, Michoacán, México.
Autor para la correspondencia: montero.umsnh@gmail.com

Recibido: 10 de abril de 2018.
Revisado: 9 de mayo de 2018.
Aceptado: 29 de mayo de 2018.
Primero en línea: 30 de mayo de 2018.
Publicado: 1 de julio de 2018.

Citar como:
Montero Castro, J. C. 2018. *Cestrum chiangi* (Solanaceae), una especie nueva de Guerrero y Oaxaca, México. Acta Botanica Mexicana 124: 219-224. DOI: 10.21829/abm124.2018.1376

DOI:
10.21829/abm124.2018.1376

Resumen:

Antecedentes y Objetivos: Como otros géneros de plantas vasculares mexicanas, *Cestrum* necesita una revisión taxonómica. El género agrupa 36 especies para el país, pero seguramente faltan algunas por describir. Una de estas novedades taxonómicas es descrita aquí.
Métodos: Con base en material recolectado por el Dr. Alfonso Delgado Salinas, se realizó un análisis morfológico y una revisión bibliográfica, detectando una especie nueva para la ciencia.
Resultados clave: Se describe e ilustra *Cestrum chiangi*, especie endémica de la Sierra Madre del Sur, México. La flor de *C. chiangi* es morfológicamente similar a la de *C. fulvescens*.
Conclusiones: Esta especie es endémica de México y ocurre en localidades de Guerrero y Oaxaca.
Palabras clave: especie endémica, flora mexicana, novedad taxonómica.

Abstract:

Background and Aims: Like other genera of Mexican vascular plants, more taxonomic work is needed in *Cestrum*. In Mexico, 36 species of the genus are distributed, but surely several more await to be described. One of these taxonomic novelties is described here.
Methods: Based on material collected by Dr. Alfonso Delgado Salinas, a morphological analysis and bibliographic review was realized, detecting a taxon new to science.
Key results: *Cestrum chiangi*, an endemic species of the Sierra Madre del Sur, Mexico, is described and illustrated. The flower of *C. chiangi* morphologically resembles to the flower of *C. fulvescens.*
Conclusions: *Cestrum chiangi* is endemic to Mexico and occurs in localities in Guerrero and Oaxaca.
Key words: endemic species, Mexican flora, taxonomic novelty.

Introducción

Entre los géneros de la familia Solanaceae, *Cestrum* L. es el segundo más diverso después de *Solanum* L. Agrupa de 150 a 175 especies (Benítez-de-Rojas y D'Arcy, 1998; Nee, 2001). Se ha estimado que en México hay 36 especies (Francey, 1935, 1936; Villaseñor, 2016); Martínez et al. (2017) reconocen 42, las cuales se distribuyen principalmente en la región sur del país. Entre las regiones y estados con más registros de especies de *Cestrum* se encuentran Chiapas (20) (Breedlove, 1986), Oaxaca (18) (Rodríguez, 2004), Veracruz (14) (Nee, 1986), Jalisco (11) (Martínez et al., 2017), Guerrero (9) (sumando reportes de diferentes estudios: Diego-Pérez et al., 2001; Martínez-Gordillo et al., 2004; Ávila-Sánchez et al., 2010; Cuevas-Guzmán

y Montero-Castro, 2011; Montero-Castro, 2011), Valle de México (6) (Pérez-Hernández, 2001) y Michoacán (6) (Cué-Bär et al., 2006). En este estudio se describe una nueva especie distribuida en Guerrero y Oaxaca.

Materiales y Métodos

Se revisaron todas las especies de *Cestrum* reportadas para México, citadas en diferentes estudios (Hemsley, 1882; Standley, 1920; Nee, 1986; Pérez-Hernández, 2001; Villaseñor, 2016, Martínez et al., 2017), analizando las descripciones incluidas en la revisión del género (Francey, 1935; 1936). Además, la revisión incluyó especies de Centroamérica (Monro, 2012). Se revisaron ejemplares herborizados, incluyendo tipos, depositados en los herbarios CIMI, EBUM, ENCB, F, G, IBUG, IEB, MEXU, MO, QMEX y US. Para determinar el estado de conservación de esta especie, se aplicaron criterios de la IUCN (2017) relacionados con la dimensión del área de distribución.

Resultados

Cestrum chiangi Mont.-Castro, sp. nov. Fig. 1.

TIPO: MÉXICO. Guerrero, municipio Atlamajalcingo del Monte, 4 km al NW, sobre desviación Malinantepec - Tlacoapa, 2704 m, bosque mesófilo de montaña, 28.V.2006, *A. Delgado-Salinas 2553* (holotipo: EBUM!, isotipo: MEXU!).

Shrub tomentose, mostly on young vegetative parts, calyx and corolla lobes with dendroid trichomes; calyx campanulate with conspicuous ribs, calyx lobes acuminate, covering up to 3/4 of the corolla tube and larger than the fruit, although it does not enclose it completely; corolla lobes folded longitudinally forming pyramidal structures.

Arbustos, 2-5 m de porte; ramas glabrescentes, pubescencia de tricomas dendroides en ramas jóvenes, aumentando conforme se aproxima al ápice; peciolo 2-5.2 cm de largo, pubérulo, lámina foliar ovada-lanceolada a elíptica, consistencia cartácea, ápice agudo a acuminado, base cuneada a redondeada, 8-12 pares de nervaduras laterales, haz pubérulo, con tricomas simples ligeramente recurvados, envés tomentoso con tricomas dendroides, 12.8-17.7 cm de largo, 4.2-8.2 cm de ancho, filotaxia alterna sin pseudoestípulas; cimas terminales y axilares, congestionadas, 12-36 flores, 8-12 cm de longitud, 5.5-9 cm de ancho, no se conoce que emitan aroma; bracteolas filiformes, caducas, 5-7 mm de largo, 1.5-2.5 mm de ancho; flores pentámeras, sin pedicelo; cáliz campanuliforme, laxo, color verde, 15-17 mm de largo, 4-4.5 mm de ancho, exterior tomentoso de tricomas dendroides, con costillas notables, lóbulos acuminados, 5-6 mm de largo, 1.2-1.6 mm de ancho; corola color verde amarillenta, hipocraterimorfa robusta, tubo externamente glabro, 19-21 mm de largo, primer tercio basal cilíndrico, 1.5-1.9 mm de diámetro, ampliándose gradualmente hasta 2.4-2.8 mm de diámetro en el sublimbo, donde se constriñe ligeramente, lóbulos ovados, externamente tomentosos, 5-6 mm de largo, 2 mm en la base, 4-4.6 mm en su ancho mayor, dobleces marginales ±1 mm de ancho, permaneciendo plegados al inicio de la antesis, dando a los lóbulos un aspecto prismático; estambres con filamentos fusionados a la base del tubo de la corola en los primeros 10.9-12.7 mm, hasta ese punto pilosos con tricomas simples, continuándose con un ligero engrosamiento y una porción libre 4.6-5.7 mm de longitud, anteras 0.9-1.1 mm de longitud; ovario ovoide, 1.5-1.7 mm, óvulos 10-14, estilo 15.2-16.1 mm de largo; estigma capitado, 0.9 mm; fruto una baya esferoidal, color blanco verdosa, 7-11 mm de diámetro; cáliz acrescente, sobrepasando el largo del fruto, sin cerrarse en la parte apical; semillas irregularmente trapezoidales, reticuladas, color negro, 3.5-4.6 mm de largo, 2 mm de ancho.

Hábitat y fenología: *Cestrum chiangi* se conoce de tres localidades de Guerrero y dos de Oaxaca. Crece en el bosque de pino-encino, entre 2335 y 2600 m de elevación. Se asocia con *Abies* Mill., *Alnus* Mill., *Chiranthodendron* Larreat. y *Clethra* L. Florece entre marzo y abril, y fructifica en julio. Sin embargo, como otras

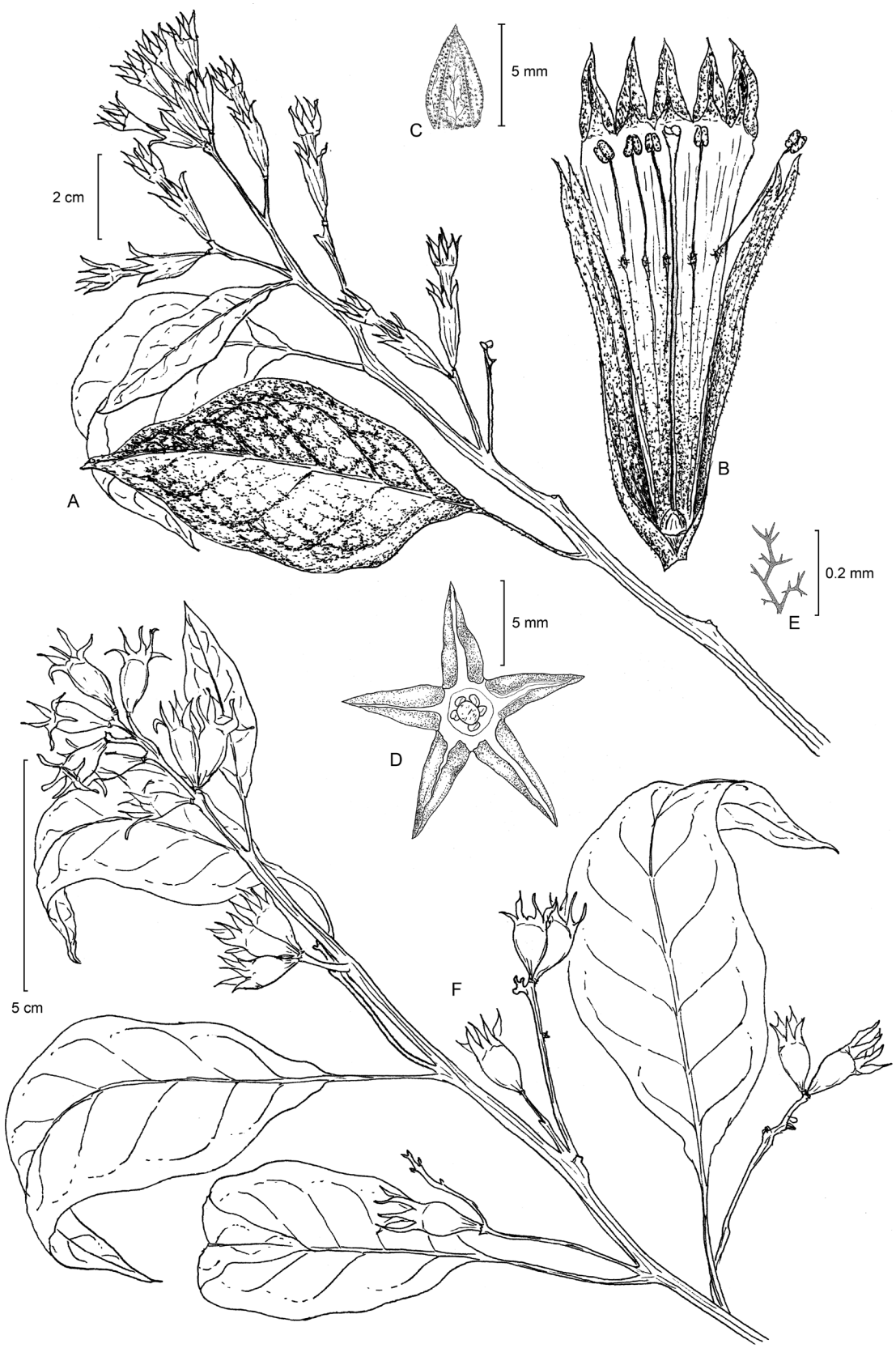


Figura 1: *Cestrum chiangi* Mont.-Castro (*Delgado-Salinas 2553*, holotipo: EBUM!) A. rama con flores; B. disección longitudinal de la flor; C. lóbulo de corola con pliegues laterales extendidos; D. vista apical del limbo de la flor; E. tricoma; F. rama con frutos envueltos en cáliz acrescente.

especies de *Cestrum,* es probable que esta especie presente más de una temporada de floración.

Material adicional examinado: MÉXICO. Guerrero, municipio Chilchihualco, 5 km al W de Camotlán, *J. Rzedowski 16385* (ENCB, MEXU); 8 km al SW de Filo de Caballo, *J. C. Soto 8831* (MEXU). Oaxaca, municipio Santiago Juxtlahuca, a 3.5 km de la desviación de San Juan Piñas, *J. I. Calzada 21759* (MEXU). Municipio Santiago Textitlán, El Chiquihuite, *R. Trujillo 83* (MEXU).

Etimología: El epíteto específico honra al Dr. Fernando Chiang Cabrera, como un reconocimiento a sus aportes en el conocimiento de la familia Solanaceae en México y a sus exploraciones botánicas realizadas en el sur de México.

Discusión

Cestrum chiangi desarrolla un cáliz de 15-17 cm y cubre 3/4 de la corola, lo cual no es común en las especies mexicanas del género. Sin embargo, se podría confundir con *Cestrum fulvescens* Fernald, aunque el cáliz de *C. chiangi* es tomentoso, con lóbulos acuminados y las costillas, aunque conspicuas, no son aladas (Fig. 2A), mientras que el cáliz de *C. fulvescens* es glabro con lóbulos deltoides irregulares y con costillas aladas (Fig. 2B). Otras especies en México que presentan cáliz tomentoso son *C. fasciculatum* (Schltdl.) Miers, *C. roseum* Kunt, *C. mortonianum* J.L. Gentry y *C. tomentosum* L. f. Las primeras dos especies no se pueden confundir, ya que presentan tricomas simples y el color de cáliz y corola es en tonos rojizos. *Cestrum mortonianum*, *C. tomentosum* y *C. chiangi* tienen tricomas dendroides y el color de cáliz y corola es verdoso, pero el cáliz excepcionalmente largo de *C. chiangi* sirve para discriminarla. Las primeras presentan un cáliz corto, menor a 1/3 del tubo de corola y sin costillas evidentes.

De acuerdo a los criterios de la IUCN (2017), si se considera la extensión de ocurrencia de la especie (5430 km²), a *C. chiangi* le corresponde la categoría Vulnerable,



Figura 2: A. inflorescencia de *Cestrum chiangi* Mont.-Castro (*Delgado-Salinas 2553*, holotipo: EBUM!); B. inflorescencia de *C. fulvescens* Fernald (*Medina 1562*, EBUM).

en cambio si se toma en cuenta el área de ocupación (20 km²) puede ser considerada En Peligro de Extinción. Para precisar el estado de conservación de esta especie será necesario evaluar en campo la condición de sus poblaciones.

Contribución de autor

JCMC ideó, realizó el estudio y es responsable por la redacción del documento. Así mismo, atendió las observaciones de los revisores, realizando las correcciones hasta la aprobación del manuscrito.

Financiamiento

Esta investigación fue apoyada por la Coordinación de la Investigación Científica, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH).

Agradecimientos

Se agradece a Alfonso Delgado Salinas por las fotos y el material herborizado de sus colectas. A los curadores de las colecciones CIMI, EBUM, ENCB, F, G, IBUG, IEB, MEXU, MO, QMEX y US por su ayuda. Particularmente se agradecen los comentarios de los revisores anónimos que enriquecieron notablemente el documento. Esteban Martínez Salas buscó y encontró colectas de *Cestrum* entre el material herborizado y sin procesar del herbario MEXU, gracias. Carlos Ramírez Gaytán elaboró la ilustración.

Literatura citada

Ávila-Sánchez, P., A. Sánchez-González y C. Catalán-Everástico. 2010. Estructura y composición de la vegetación del Cañón del Zopilote, Guerrero, México. Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 16(2): 119-138. DOI: https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.02.003

Benítez-de-Rojas, C. B. y W. G. D'Arcy. 1998. The genera *Cestrum* and *Sessea* (Solanaceae: Cestreae) in Venezuela. Annals of the Missouri Botanical Garden 85(2): 273-351. DOI: https://dx.doi.org/10.2307/2992010

Breedlove, D. E. 1986. Flora de Chiapas. Listados Florísticos de México IV. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Cd. Mx., México. 246 pp.

Cué-Bär, E. M., J. L. Villaseñor, L. Arredondo-Amezcua, G. Cornejo-Tenorio y G. Ibarra-Manríquez. 2006. The tree flora of Michoacan, Mexico. Boletín de la Sociedad Botánica de México 78: 47-81.

Cuevas-Guzmán, R. y J. C. Montero-Castro. 2011. Nuevo registro de *Cestrum mortonianum* (Solanaceae) y descripción de una variedad en la vertiente pacífica de México. Acta Botanica Mexicana 95: 37-43. DOI: https://doi.org/10.21829/abm95.2011.265

Diego-Pérez, N., S. Peralta-Gómez y B. Ludlow-Wiechers. 2001. El Jilguero. Bosque mesófilo de montaña. Estudios Florísticos en Guerrero, No. 11. Prensas de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. Cd. Mx., México. 42 pp.

Francey, P. 1935. Monographie du genre *Cestrum* L. Candollea 6: 46-398.

Francey, P. 1936. Monographie du genre *Cestrum* L., partie II. Candollea 7: 1-132.

Hemsley, W. B. 1882. Biologia Centrali-Americana; or Contributions to the Knowledge of the Fauna and Flora of Mexico and Central America, vol. II. R. H. Poret and Dulau & Co. London, UK. 658 pp.

IUCN. 2017. Guidelines for Using the IUCN Red List Categories and Criteria. Version 13. Prepared by the Standards and Petitions Subcommittee. Downloadable from: http://cmsdocs.s3.amazonaws.com/RedListGuidelines.pdf

Martínez-Gordillo, M., R. Cruz-Durán, J. F. Castrejón-Reyna, S. Valencia-Ávalos, J. Jiménez-Ramírez y C. A. Ruiz-Jiménez. 2004. Flora vascular de la porción guerrerense de la Sierra de Taxco, Guerrero, México. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica 75(2): 105-189.

Martínez, M., O. Vargas-Ponce, A. Rodríguez, F. Chiang y S. Ocegueda. 2017. Solanaceae family in Mexico. Botanical Sciences 95(1): 131-145. DOI: https://doi.org/10.17129/botsci.658

Monro, A. 2012. Eight new species of *Cestrum* (Solanaceae) from Mesoamerica. PhytoKeys 8: 49-82. DOI: https://doi.org/10.3897/phytokeys.8.2238

Montero-Castro, J. C. 2011. *Cestrum sotonunezii*, a new species of Solanaceae from central Mexico. Novon 21(2): 244-248. DOI: https://doi.org/10.3417/2005040

Nee, M. 1986. Solanaceae. In: Gómez-Pompa, A. (ed.). Flora de Veracruz 49. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Xalapa, México. 191 pp.

Nee, M. 2001. An overview of *Cestrum*. In: Van den Berg, R. G., G. W. M. Barendse, G. M. Van der Weerden y C. Marinni (eds.). Solanaceae V: Advances in Taxonomy and Utilization. Nijmegen University Press. Nijmegen, Netherlands. Pp. 109-136.

Pérez-Hernández, S. 2001. *Cestrum*. In: Rzedowski, G. C. de y J. Rzedowski (eds.). Flora Fanerogámica del Valle de México. 2a ed., Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y el Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, México. Pp. 650-653.

Rodríguez, A. 2004. Solanáceas. In: García-Mendoza, A. J., M. de J. Ordóñez y M. Briones-Salas (eds.). Biodiversidad de Oaxaca. Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza, World Wildlife Fund, Instituto de Biología-Universidad Nacional Autónoma de México. Cd. Mx., México. Pp. 297-300.

Standley, P. C. 1920. Trees and Shrubs of Mexico. Contributions from the United States National Herbarium 23(1): 1278-1283.

Villaseñor, J. L. 2016. Checklist of the native vascular plants of Mexico. Revista Mexicana de Biodiversidad 87(3): 559-902. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.06.017

NOTAS CIENTÍFICAS

SCIENTIFIC NOTES



Contenido nutrimental en hojas de *Laguncularia racemosa* (Combretaceae), relacionado con su fenología en una laguna tropical del Golfo de California, México

Phenology related nutrient content in leaves of *Laguncularia racemosa* (Combretaceae) in a tropical lagoon of the Gulf of California, Mexico

Daniel Benítez-Pardo[1,4], Asahel Benítez-Hernández[2], Francisco Flores-de-Santiago[3], Francisco Amador-Cruz[1]

1 Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Ciencias del Mar, Laboratorio de Botánica Acuática, Paseo Claussen s.n., Col. Los Pinos, Apdo. postal 610, 82000 Mazatlán, Sinaloa, México.
2 Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., La Paz, Baja California Sur, México.
3 Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Ciudad Universitaria, 04360 Coyoacán, Cd. Mx., México.
4 Autor para la correspondencia: dbpardo6@hotmail.com

Recibido: 5 de diciembre de 2017.
Revisado: 15 de enero de 2018.
Aceptado: 7 de febrero de 2018.
Primero en línea: 29 de mayo de 2018.
Publicado: 1 de julio de 2018.

Citar como:
Benítez-Pardo, D., A. Benítez-Hernández, F. Flores-de-Santiago y F. Amador-Cruz. 2018. Contenido nutrimental en hojas de *Laguncularia racemosa* (Combretaceae), relacionado con su fenología en una laguna tropical del Golfo de California, México. Acta Botanica Mexicana 124: 227-234. DOI: 10.21829/abm124.2018.1326

DOI:
10.21829/abm124.2018.1326

Resumen:

Antecedentes y Objetivos: Los eventos fenológicos en manglares suelen estar influidos por factores como la salinidad del agua, fotoperiodo y/o temperatura ambiental. Esto se ha documentado principalmente para especies de la familia Rhizophoraceae y Acanthaceae; sin embargo, son limitados los estudios accesibles para la familia Combretaceae, p. ej. *Laguncularia racemosa*.

Métodos: Se colectaron durante un año, mensualmente, de tres a cuatro hojas del antepenúltimo y penúltimo entrenudo de las ramas de 10 árboles de *Laguncularia racemosa*. La colecta de hojas se realizó teniendo en cuenta ocho etapas fenológicas. Los nutrientes analizados en las hojas fueron: N total, PO_4^{3-}, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, SO_4^{2-}, Na^+, Fe^{2+}, Cu^{2+}, B (H_3BO_3), Mn^{2+} y Zn^{2+}. Adicionalmente, 10 muestras de agua intersticial (para medir iones mayores) y sedimento (para medir el pH y cuantificar el contenido de materia orgánica) se tomaron a una profundidad de entre 0.3 a 0.6 m.

Resultados clave: Los nutrientes K^+, Ca^{2+}, Fe^{2+}, Mg^{2+}, y N total presentaron valores máximos a lo largo del desarrollo de la brotación vegetativa hasta el desarrollo de "frutos", lo cual significa que la mayor importancia de estos nutrientes es en la producción de "frutos". El Na^+ mostró su mayor concentración (22.8 g kg^{-1}) en la fase de inicio de floración y la mínima durante la quiescencia (8.7 g kg^{-1}). En contraste, el SO_4^{2-}, PO_4^{3-}, Cu^{2+}, B (H_3BO_3), Zn^{2+} no presentaron diferencias. Finalmente, el Mn^{2+} presentó 109 mg kg^{-1} al final de la brotación vegetativa y 34 mg kg^{-1} en la madurez y caída de "frutos".

Conclusiones: En la absorción de nutrientes son importantes las etapas fenológicas y las condiciones climáticas locales.

Palabras clave: contenido de nutrientes, fenología, *Laguncularia racemosa*, mangle blanco.

Abstract:

Background and Aims: The phenological events in mangroves are usually influenced by factors such as water salinity, photoperiod and/or environmental temperature. This has been documented mainly for species of the family Rhizophoraceae and Acanthaceae; however, accessible studies for the family Combretaceae, e.g., *Laguncularia racemosa*, are limited.

Methods: We collected during one year, monthly, three to four leaves of the penultimate and antepenultimate internode of the branches of 10 trees of *Laguncularia racemosa*. The collection of leaves was made considering eight phenological stages. The nutrients analyzed in the leaves were: total N, PO_4^{3-}, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, SO_4^{2-}, Na^+, Fe^{2+}, Cu^{2+}, B (H_3BO_3), Mn^{2+} and Zn^{2+}. Additionally, 10 samples of interstitial water (to measure mayor elements) and sediment (to measure pH and quantify the organic matter content) were taken at a depth between 0.3 to 0.6 m.

Key results: The nutrients K^+, Ca^{2+}, Fe^{2+}, Mg^{2+} and total N presented maximum values throughout the development of vegetative sprouting until the development of "fruits", which means that the greatest importance of these nutrients is in the production of "fruits". The Na^+ showed its highest concentration (22.8 g kg^{-1}) in the beginning phase of flowering and the minimum during the quiescence (8.7 g kg^{-1}). In contrast, SO_4^{2-}, PO_4^{3-}, Cu^{2+}, B (H_3BO_3), Zn^{2+} did not present differences. Finally, Mn^{2+} presented 109 mg kg^{-1} at the end of vegetative sprouting and 34 mg kg^{-1} at maturity and falling of "fruits".

Conclusions: In the absorption of nutrients, phenological stages and local climatic conditions are important.

Key words: *Laguncularia racemosa,* nutrient content, phenology, white mangrove.

Introducción

Los datos fenológicos son esenciales para la interpretación de las adaptaciones en crecimiento y estrategias de propagación de plantas acuáticas, de acuerdo con las condiciones ambientales (Mehlig, 2006). Específicamente, esta información es de gran valor si se encuentra disponible a lo largo de escalas geográficas amplias. Sin embargo, hay muy pocos estudios sobre la fenología de manglar en áreas de la costa del Pacífico de América y el Golfo de California.

Los bosques de manglar están distribuidos en la zona intermareal de la línea de costa en los trópicos y subtrópicos (Blasco et al., 1996). La importancia de los manglares puede estar relacionada con una amplia variedad de factores, los cuales incluyen una alta tasa de descomposición por caída de hoja (Flores-Verdugo et al., 1987; Wafar et al., 1997; Kristensen et al., 2008), ciclo de nutrientes (Feller et al., 1999; Bashan y Holguin, 2002), interacciones de fauna relacionadas con funciones del ecosistema (Cannicci et al., 2008; Nagelkerken et al., 2008), almacenamiento de carbono (Donato et al., 2011), cambio climático (Gilman et al., 2008), producción primaria (Komiyama et al., 2008; Raven et al., 2012), zona de protección de tormentas tropicales y huracanes (Kovacs et al., 2004), y proveen una fuente renovable importante para pesquerías locales (Walters et al., 2008). A pesar de su importancia ecológica, los bosques de manglar han presentado una perdida global de 30-50% durante la última mitad del siglo pasado (Donato et al., 2011), principalmente debido al desarrollo de la costa y a la acuicultura (Valiela et al., 2001; Duke et al., 2007; Polidoro et al., 2010).

Los eventos fenológicos en manglares y otros árboles tropicales pueden estar influidos por factores ambientales como salinidad del agua (Medina et al., 1995), fotoperiodo (Borchert y Rivera, 2001) y temperatura ambiental (Duke, 1990). En latitudes cercanas a los subtrópicos, donde el aporte de agua de lluvia es temporal, la consecuente variabilidad en salinidad, iluminación y humedad del aire puede tener una influencia mayor en la fenología del manglar, afectando su crecimiento y producción (McKee, 1995). Varios autores han discutido aspectos de crecimiento y productividad temporal en manglares y los relacionan a algunos componentes climáticos tales como lluvia, temperatura y velocidad del viento, o bien a la disponibilidad de nutrientes (Gill y Tomlinson, 1971; Wium-Andersen, 1981; Saenger y Moverley, 1985; Duke, 1990; McKee, 1995; Analuddin et al., 2009). Algunos estudios fenológicos específicos han sido documentados para especies de la familia Rhizophoraceae (Clough et al., 2000; Mehlig, 2006; Asaeda y Kalibbala, 2009; Kamruzzaman et al., 2013) y la familia Acanthaceae (Wium-Andersen y Christensen, 1978; Hegazy, 1998; Nadia et al., 2012). Sin embargo, los estudios accesibles para la familia Combretaceae, p. ej. *Laguncularia racemosa* (L.) C.F. Gaertn. (Flores-Verdugo et al., 1987), son escasos. La especie de mangle blanco *L. racemosa* no ha recibido suficiente atención con respecto a estos temas, especialmente en los subtrópicos. Esto puede ser debido a la restricción geográfica en zonas áridas donde las concentraciones de salinidad son la principal limitante en la distribución de esta especie. Consecuentemente, el presente estudio describe las variaciones en el contenido de nutrientes en hojas de *L. racemosa* relacionadas con las etapas fenológica de los árboles en una laguna del Golfo de California.

Materiales y Métodos

Área de estudio

El estero de Urias es una pequeña laguna costera de 18 km^2 localizada en una llanura aluvial al sur del Golfo de California, específicamente en el sur del estado de Sinaloa, México (23º9'00"N y 106º18'10"E). La temperatura media anual del aire varía de 24 a 26 ºC y la precipitación total ocurre principalmente entre los meses de junio y septiembre con 800 a 1000 mm (INEGI, 2013). Localizado en los subtrópicos, este sistema contiene canales de inundación y una comunidad considerable de manglar de 8.7 km^2 (Flores-Verdugo et al., 1987; Flores-de-Santiago et al., 2013a, b). Dentro del sistema se encuentran tres especies dominantes de bosque de manglar, las cuales incluyen el mangle rojo *Rhizophora mangle* L., mangle negro *Avicennia germinans* (L.) L. y mangle blanco *L. ra-*

cemosa (Flores-de-Santiago et al., 2012). Los manglares tipo franja reciben una cantidad considerable de agua del canal de mareas, mientras que los manglares tipo cuenca, los cuales consisten en bosques enanos, únicamente reciben agua en la temporada de lluvias (Flores-de-Santiago et al., 2013a, b).

Colecta de hojas de manglar, estados fenológicos y análisis químico

De enero a diciembre del 2015 se colectaron, mensualmente, de tres a cuatro hojas del penúltimo y antepenúltimo entrenudo de las ramas de 10 árboles adultos de mangle blanco tipo franja, aleatoriamente distribuidos a lo largo del canal de mareas. La colecta de hojas se realizó de acuerdo con las siguientes etapas fenológicas: quiescencia (Q), brotación vegetativa (B), inicio de floración (IF), amarre de "frutos" (FAFr), desarrollo de "frutos" (DAFr), madurez y caída de "frutos" (MCFr), caída de "frutos" (CFr) y final de caída de "frutos" (FCFr). El método químico de análisis se realizó de acuerdo con lo especificado por Benítez-Pardo et al. (2003) para hojas de árboles tropicales. Los nutrientes analizados en las hojas fueron: N total, PO_4^{3-}, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, SO_4^{2-}, Na^+, Fe^{2+}, Cu^{2+}, B (H_3BO_3), Mn^{2+} y Zn^{2+}, utilizando un espectrofotómetro de absorción atómica (Perkin-Elmer, modelo AAnalyst 100, Wellesley, EUA). Adicionalmente, se tomaron 10 muestras de agua intersticial y sedimento a una profundidad de entre 0.3 a 0.6 m, en la zona aledaña a los árboles seleccionados durante el muestreo. El análisis químico del agua intersticial consistió en medir los iones mayores (Na^+, K^+, Ca^{2+} y Mg^{2+}), utilizando un espectrofotómetro de absorción atómica (Perkin-Elmer, modelo AAnalyst 100, Wellesley, EUA), para los sedimentos fueron cuantificados el contenido de materia orgánica y el pH (utilizando un potenciómetro HANNA Instruments, modelo HI2550 pH/ORP y EC/TDS, Rhode Island, EUA).

Resultados

El nitrógeno total presentó valores máximos al inicio de la brotación vegetativa (16.1 g kg^{-1}) y durante la caída de "frutos" (18.2 g kg^{-1}). Al igual que el N total, el K^+ presentó valores máximos durante la brotación vegetativa y al final de la caída de "frutos" (27.6 g kg^{-1}) (Fig. 1A). El Na^+ mostró su mayor concentración (22.8 g kg^{-1}) en la fase de inicio de floración y la mínima durante la quiescencia (8.7 g kg^{-1}). El Ca^{2+} presentó la mayor concentración durante la brotación vegetativa (33.0 g kg^{-1}) y caída de "frutos" (29.4 g kg^{-1}). En contraste, el Mg^{2+}, SO_4^{2-}, PO_4^{3-}, Cu^{2+}, B (H_3BO_3), Zn^{2+} no presentaron diferencias durante las distintas etapas fenológicas (Fig. 1). El Fe^{2+} y Mn^{2+} presentaron una variabilidad considerable durante las etapas fenológicas. Específicamente, el Fe^{2+} presentó valores máximos durante el inicio de la brotación y amarre de "frutos" (129 mg kg^{-1}), inicio de floración (100 mg kg^{-1}), y caída de "frutos" (93 mg kg^{-1}) (Fig. 1B). El Mn^{2+} presentó máximas concentraciones al final de la brotación vegetativa (109 mg kg^{-1}) y mínimas durante la madurez y caída de "frutos" (34 mg kg^{-1}) (Fig. 1B).

Durante el estudio las muestras de agua intersticial a lo largo del canal de mareas no presentaron diferencias en el contenido de Na^+, K^+, Ca^{2+} y Mg^{2+}. De igual forma, las muestras de los sedimentos a lo largo del bosque de manglar blanco no presentaron diferencias en el contenido de materia orgánica y pH durante los meses muestreados.

Discusión

En los trópicos, donde los componentes climáticos como temperatura, iluminación y precipitación son favorables para el crecimiento de las especies de mangles, no se presentan factores temporales que limiten o perjudiquen el desarrollo de estas especies de árboles (Kamruzzaman et al., 2013). Sin embargo, en algunas especies de manglar la disponibilidad de agua fresca es crucial para las etapas de florecimiento (Nadia et al., 2012). En el caso del mangle blanco, *Laguncularia racemosa,* distribuido en latitudes áridas subtropicales, las variabilidades ambientales son amplias dependiendo de la temporada del año; como consecuencia, el florecimiento y la producción de "frutos" aparentemente pueden ser favorecidos por una disminución en la concentración de sales en el suelo debido a la temporada de lluvia (Mehlig, 2006). Estudios temporales

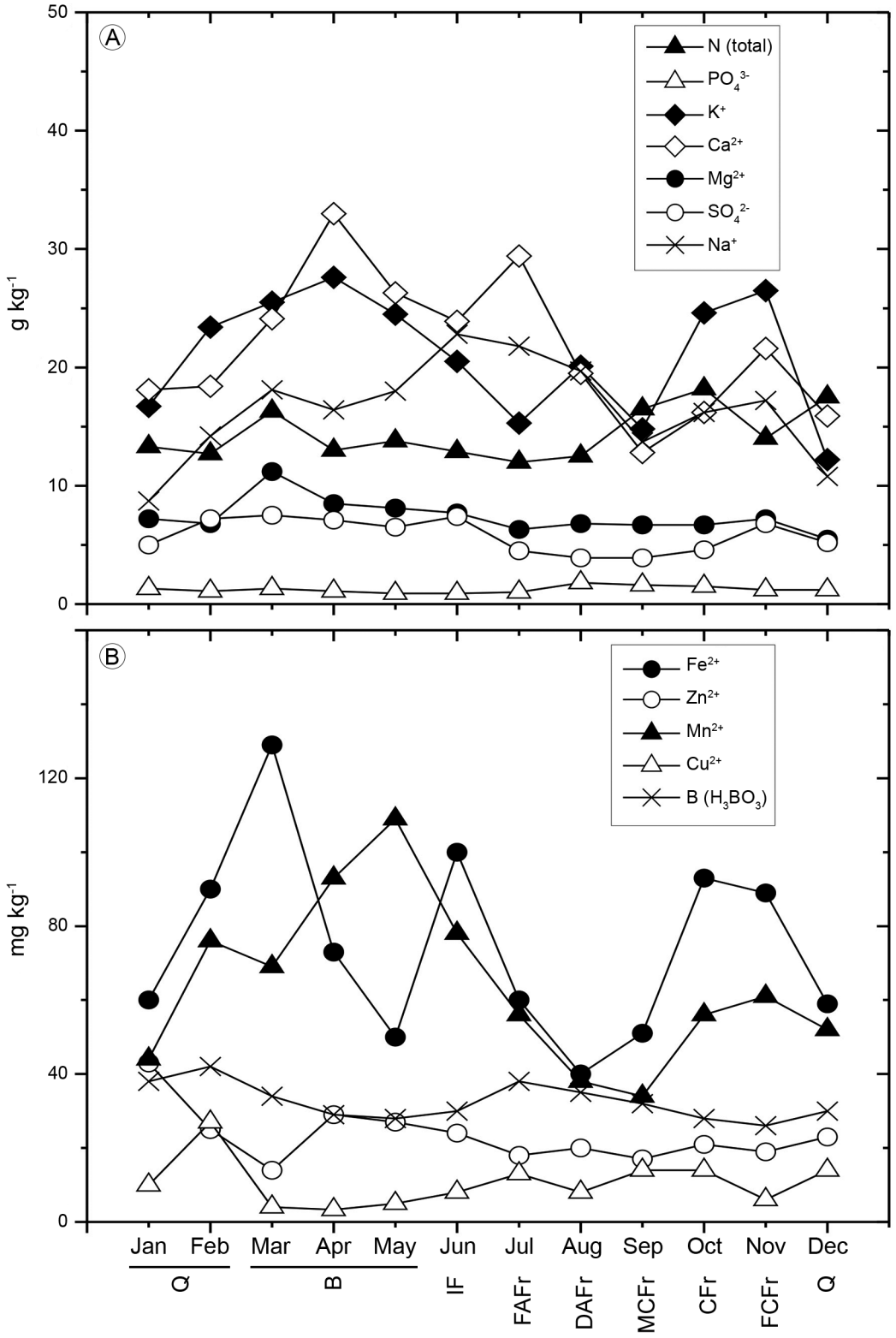


Figura 1: Contenido de nutrientes de *Laguncularia racemosa* (L.) C.F. Gaertn., a lo largo de las diferentes etapas fenológicas: quiescencia (Q), brotación vegetativa (B), inicio de floración (IF), amarre de "frutos" (FAFr), desarrollo de "frutos" (DAFr), madurez y caída de "frutos" (MCFr), caída de "frutos" (CFr) y final de caída de "frutos" (FCFr). A. Iones mayores: Nitrógeno total, PO_4^{3-}, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, SO_4^{2-}, Na^+; B. Iones menores: Fe^{2+}, Cu^{2+}, B (H_3BO_3), Mn^{2+} y Zn^{2+}.

de *L. racemosa* en los subtrópicos demuestran que esta especie de mangle, en condición de franja, presenta una disminución del contenido de pigmentos fotosintéticos (p. ej. clorofila-a) durante la temporada de lluvias debido a un incremento en la cobertura vegetal (Flores-de-Santiago et al., 2012), y caso contrario en situaciones de alta salinidad (Sobrado, 2005). Asimismo, se sabe que el contenido nutrimental en hojas de *L. racemosa* varía temporalmente dependiendo de factores ambientales locales, al menos con relación al Na^+ y N (Sobrado, 2005). El presente estudio demuestra que en climas áridos sub-tropicales con temporadas muy marcadas, los cambios fenológicos a través de un año ocurren bien delimitados en mangle blanco (*L. racemosa*).

El N total presentó su concentración más alta durante la brotación vegetativa y la caída de "frutos", lo cual indica un mayor contenido en hojas jóvenes (Medina et al., 1995), al igual que una translocación de N a las hojas antes de la liberación de "frutos" (Soto, 1992). El comportamiento de este elemento, así como el del Na^+, concuerda con lo reportado por Sobrado (2005), quién encontró que el incremento en la concentración de estos elementos se asocia a altas salinidades, característico de la época seca, y consecuentemente, con la brotación vegetativa del manglar.

Nuestros resultados son similares a los de Soto (1992) con mangle blanco en Costa Rica, lo que demuestra que la absorción y asimilación de N depende, en gran medida, de las condiciones ambientales locales. Similarmente, propágulos en crecimiento y hojas en senescencia también pueden afectar el vigor apical, sirviendo como pérdida de nutrientes o fuente de nutrientes por medio de propágulos o caída de hojas, respectivamente. La tasa de senescencia y caída de hojas puede ser aumentada por enfriamiento, sequía y vientos fuertes, pero ninguno de los presentes eventos complicó nuestro estudio.

Las estrategias de florecimiento están influidas por el clima, debido a que el tiempo de crecimiento y liberación de los propágulos puede ser un factor crucial para la dispersión y supervivencia de los manglares (Nadia et al., 2012). Se ha estudiado que los gradientes en el nivel del agua, evaporación, insolación y temperatura tienen una correlación alta con la fenología de otras especies de manglar en México (p. ej. *Avicennia germinans*) (Gwada et al., 2000). Sin embargo, la liberación de propágulos generalmente depende del incremento en la precipitación (Nadia et al., 2012). Además, la máxima producción de hojas de mangle corresponde al verano cuando la temperatura, radiación solar y humedad están en sus máximos niveles, mientras que la caída de hojas corresponde a la temporada de invierno, la cual coincide con temperaturas bajas, días cortos y radiación solar débil (Gwada et al., 2000). Aparte, la longevidad de hojas de manglar está probablemente relacionada con factores ambientales locales como temperatura, cantidad de agua dulce, luminiscencia, nutrimentos minerales y concentraciones de CO_2 (Analuddin et al., 2009), siendo la temperatura el factor clave en el proceso de producción en manglares (Gwada et al., 2000).

A pesar de que el patrón de crecimiento de hojas de manglar varía entre las estaciones del año (Analuddin et al., 2009), la baja asimilación de Mg^{2+}, PO_4^{3-}, SO_4^{2-}, Zn^{2+} y B (H_3BO_3) durante las etapas fenólicas en *L. racemosa* se puede deber a la poca disponibilidad de dichos nutrientes en los sustratos de los bosques de manglar (Alongi, 1996). La disponibilidad de nutrientes en los sustratos de manglar se relaciona estrechamente con factores ambientales propios de este ecosistema (Medina et al., 1995) y, además, con las condiciones de las áreas adyacentes. La disminución de la tasa de caída de hojas o el surgimiento de hojas no son únicamente causadas por factores ambientales; también se puede deber a la desviación de recursos para la producción de flores y el crecimiento de propágulos (Analuddin et al., 2009). Por tal motivo, los resultados presentes sugieren la existencia de mecanismos integrales entre los factores internos y externos, los cuales mantienen muy marcadas las etapas fenológicas de *L. racemosa*.

Los nutrientes K^+, Ca^{2+}, Fe^{2+}, Mg^{2+} y N total presentaron valores máximos a lo largo del desarrollo de la brotación vegetativa hasta el desarrollo de "frutos", lo cual significa que la mayor importancia de estos nutrientes es en la producción de "frutos" (Salisbury y Ross, 1992). Específicamente el Ca^{2+} presentó la mayor absorción antes

de la floración, al inicio de la temporada de lluvias, debido a que es un elemento muy importante en la producción de "frutos" (Marschner, 1995). A pesar de que nuestra investigación se realizó únicamente en hojas de plantas adultas, los resultados demuestran que la absorción de ciertos nutrientes por *L. racemosa* depende en gran medida de sus etapas fenológicas. Esta absorción depende también de las condiciones ambientales particulares de cada región, principalmente del aumento de agua dulce por efecto de las lluvias y afluentes locales, que permite una mayor disponibilidad de nutrientes para *L. racemosa*, al igual que para las plantas terrestres.

Los manglares del sur del Golfo de California tienen bien definidos los patrones de florecimiento a pesar del bajo número de especies (Nadia et al., 2012). Las presentes observaciones en *L. racemosa* y la falta de estudios de fenología en manglar blanco pueden ser aceptados como contribuciones preliminares para estudios en manglares tropicales y sub-tropicales, los cuales son prerrequisitos para un entendimiento del crecimiento de los árboles a escala global.

Contribución de autores

DBP concibió la investigación, recolectó y analizó los datos. ABH recolectó los datos. DBP, ABH, FFS y FAC contribuyeron a la discusión, revisión y aprobación del manuscrito final. FAC editó el manuscrito.

Financiamiento

Este estudio fue apoyado por el Programa de Fomento y Apoyo a Proyectos de Investigación (PROFAPI) y la Dirección General de Investigación y Posgrado (DGIP)-Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS).

Agradecimientos

A Marino Valenzuela López por su apoyo en la interpretación de los análisis foliares y de los de suelo.

Literatura citada

Alongi, M. D. 1996. The dynamics of benthic nutrient pools and fluxes in tropical mangrove forests. Journal of Marine Research 54(1): 123-148. DOI: https://doi.org/10.1357/0022240963213475

Analuddin, K., S. Sharma, R. Suwa y A. Hagihara. 2009. Crown foliage dynamics of mangrove *Kandelia obovata* in Manko wetland, Okinawa Island, Japan. Journal of Oceanography 65(1): 121-127. DOI: https://dx.doi.org/10.1007/s10872-009-0012-1

Asaeda, T. y M. Kalibbala. 2009. Modelling growth and primary production of the marine mangrove (*Rhizophora apiculata* BL): A dynamic approach. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 371(2): 103-111. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jembe.2009.01.009

Bashan, Y. y G. Holguin. 2002. Plant growth-promoting bacteria: a potential tool for arid mangrove reforestation. Trees 16(2-3): 159-166. DOI: https://dx.doi.org/10.1007/s00468-001-0152-4

Benítez-Pardo, D., M. Hernández-Montoya, T. Osuna-Enciso, M. Valenzuela-López y B. Galván-Piña. 2003. Muestreo y análisis foliar relacionado con fenología en mango en el sur de Sinaloa, México. Terra 21(2): 273-283.

Blasco, F., P. Saenger y E. Janodet. 1996. Mangroves as indicators of coastal change. Catena 27(3-4): 167-178. DOI: https://doi.org/10.1016/0341-8162(96)00013-6

Borchert, R. y G. Rivera. 2001. Photoperiodic control of seasonal development and dormancy in tropical stem-succulent trees. Tree Physiology 21(4): 213-221. DOI: https://dx.doi.org/10.1093/treephys/21.4.213

Cannicci, S., D. Burrows, S. Fratini, T. J. Smith III, J. Offenberg y F. Dahdouh-Guebas. 2008. Faunal impact on vegetation structure and ecosystem function in mangrove forests: A review. Aquatic Botany 89(2): 186-220. DOI: https://dx.doi.org/10.1016/j.aquabot.2008.01.009

Clough, B., D. T. Tan, D. X. Phuong y D. C. Buu. 2000. Canopy leaf area index and litter fall in stands of the mangrove *Rhizophora apiculata* of different age in the Mekong Delta, Vietnam. Aquatic Botany 66(4): 311-320. DOI: https://dx.doi.org/10.1016/S0304-3770(99)00081-9

Donato, D. C., J. B. Kauffman, D. Murdiyarso, S. Kurnianto, M. Stidham y M. Kanninen. 2011. Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. Nature Geoscience 4(5): 293-297. DOI: https://dx.doi.org/10.1038/NGEO1123

Duke, N. C. 1990. Phenological trends with latitude in the mangrove tree *Avicennia marina*. Journal of Ecology 78(1): 113-133. DOI: https://dx.doi.org/10.2307/2261040

Duke, N. C., J. O. Meynecke, S. Dittman, A. M. Ellison, K. Anger, U. Berger, S. Cannicci, K. Diele, K. C. Ewel, C. D. Field, N. Koedam, S. Y. Lee, C. Marchand, I. Nordhaus y F. Dahdouh-Guebas. 2007. A world without mangroves? Science 317(5834): 41b-42b. DOI: https://dx.doi.org/10.1126/science.317.5834.41b

Feller, I. C., D. F. Whigham, J. P. O'Neill y K. L. McKee. 1999. Effects of nutrient enrichment on within-stand cycling in a mangrove forest. Ecology 80(7): 2193-2205. DOI: https://dx.doi.org/10.1890/0012-9658(1999)080%5B2193:EONEOW%5D2.0.CO;2

Flores-de-Santiago, F., J. M. Kovacs y F. Flores-Verdugo. 2012. Seasonal changes in leaf chlorophyll a content and morphology in a sub-tropical mangrove forest of the Mexican Pacific. Marine Ecology Progress Series 444: 57-68. DOI: https://dx.doi.org/10.3354/meps09474

Flores-de-Santiago, F., J. M. Kovacs y F. Flores-Verdugo. 2013a. The influence of seasonality in estimating mangrove leaf chlorophyll-a content from hyperspectral data. Wetlands Ecology and Management 21(3): 193-207. DOI: https://doi.org/10.1007/s11273-013-9290-x

Flores-de-Santiago, F., J. M. Kovacs y F. Flores-Verdugo. 2013b. Assessing the utility of a portable pocket instrument for estimating seasonal mangrove leaf chlorophyll contents. Bulletin of Marine Science 89(2): 621-633. DOI: https://dx.doi.org/10.5343/bms.2012.1032

Flores-Verdugo, F. J., J. W. Day y R. Briseño-Dueñas. 1987. Structure, litter fall, decomposition, and detritus dynamics of mangroves in a Mexican coastal lagoon with an ephemeral inlet. Marine Ecology Progress Series 35: 83-90. DOI: https://dx.doi.org/10.3354/meps035083

Gill, A. M. y P. B. Tomlinson. 1971. Studies of the growth of red mangrove (*Rhizophora mangle* L.) 3. Phenology of the shoot. Biotropica 3(2): 109-124. DOI: https://doi.org/10.2307/2989815

Gilman, E. L., J. Ellison, N. C. Duke y C. Field. 2008. Threats to mangrove from climate change and adaptation options: A review. Aquatic Botany 89(2): 237-250. DOI: https://dx.doi.org/10.1016/j.aquabot.2007.12.009

Gwada, P., T. Makoto y Y. Uezu. 2000. Leaf phenological traits in the mangrove *Kandelia candel* (L.) Druce. Aquatic Botany 68(1): 1-14. DOI: https://dx.doi.org/10.1016/S0304-3770(00)00109-1

Hegazy, A. K. 1998. Perspective on survival, phenology, litter fall and decomposition, and caloric content of *Avicennia marina* in the Arabian Gulf region. Journal of Arid Environments 40(4): 417-429. DOI: https://doi.org/10.1006/jare.1998.0457

INEGI. 2013. Anuario estadístico del estado de Sinaloa. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México, D.F., México.

Kamruzzaman, M., S. Sharma, M. Kamara M. y A. Hagihara. 2013. Phenological traits of the mangrove *Rhizophora stylosa* Griff. at the northern limit of its biogeographical distribution. Wetlands Ecology and Management 21(4): 277-288. DOI: https://dx.doi.org/10.1007/s11273-013-9299-1

Komiyama, A., J. E. Ong y S. Poungparn. 2008. Allometry, biomass, and productivity of mangrove forest: A review. Aquatic Botany 89(2): 128-137. DOI: https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2007.12.006

Kovacs, J. M., J. Malczewski y F. Flores-Verdugo. 2004. Examining local ecological knowledge of hurricane impacts in a mangrove forest using an Analytical Hierarchy Process (AHP) approach. Journal of Coastal Research 203: 792-800. DOI: https://dx.doi.org/10.2112/1551-5036(2004)20%5B792:ELEKOH%5D2.0.CO;2

Kristensen, E., S. Bouillonn, T. Dittmar y C. Marchand. 2008. Organic carbon dynamics in mangrove ecosystems: A review. Aquatic Botany 89(2): 201-219. DOI: https://dx.doi.org/10.1016/j.aquabot.2007.12.005

Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. Academia Press. Amsterdam, Netherlands. 889 pp. DOI: https://doi.org/10.1016/b978-0-12-473542-2.x5000-7

McKee, K. L. 1995. Interspecific Variation in Growth, Biomass Partitioning, and Defensive Characteristics of Neotropical Mangrove Seedlings: Response to Light and Nutrient Availability. American Journal of Botany 82(3): 299-307. DOI: https://doi.org/10.2307/2445575

Medina, E., A. E. Lugo y A. Novelo. 1995. Contenido mineral del tejido foliar de especies de manglar de la Laguna de Sontecomapan (Veracruz, México) y su relación con la salinidad. Biotropica 27(3): 317-323. DOI: https://doi.org/10.2307/2388917

Mehlig, U. 2006. Phenology of the red mangrove, *Rhizophora mangle* L., in the Caeté Estuary, Pará, equatorial Brazil. Aquatic Botany 84(2): 158-164. DOI: https://dx.doi.org/10.1016/j.aquabot.2005.09.007

Nadia, T. L., L. P. Cerdeira-Morellato e I. C. Machado. 2012. Reproductive phenology of northeast Brazilian mangrove community: Environmental and biotic constraints. Flora 207(9): 682-692. DOI: https://dx.doi.org/10.1016/j.flora.2012.06.020

Nagelkerken, I., S. J. M. Blaber, S. Bouillon, P. Green, M. Haywood, L. G. Kirton, J. O. Meynecke, J. Pawlik, H. M. Penrose, A. Sasekumar y P. J. Somerfield. 2008. The habitat function of mangrove for terrestrial and marine fauna: A review. Aquatic Botany 89(2): 155-185. DOI: https://dx.doi.org/10.1016/j.aquabot.2007.12.007

Polidoro, B. A., K. E. Carpenter, L. Collins, N. C. Duke, A. M. Ellison, J. C. Ellison, E. J. Farnsworth, E. S. Fernando, K. Kathiresan, N. E. Koedam, S. R. Livingstone, T. Miyagi, G. E. Moore, V. N. Nam, J. E. Ong, J. H. Primavera, S. G. Salmo, J. C. Sanciangco, S. Sukardjo, Y. Wang y J. W. Hong Yong. 2010. The loss of species: mangrove extinction risk and geographic areas of global concern. PLOS One 5(4): e10095. DOI: https://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0010095

Raven, P. H., R. F. Evert y S. E. Eichhorn. 2012. Biology of plants. 8th ed. W. H. Freeman & Company Press. New York, USA. 900 pp.

Saenger, P. y J. Moverley. 1985. Vegetative phenology of mangroves along the Queensland coastline. The Proceedings of the Ecological Society of Australia 13: 257-265.

Salisbury, F. B. y C. W. Ross 1992. Plant Physiology. 4th ed. Wadsworth Publishing Company. California, USA. 682 pp.

Sobrado, M. A. 2005. Leaf characteristics and gas exchange of the mangrove *Laguncularia racemosa* as affected by salinity. Photosynthetica 43(2): 217-221. DOI: https://doi.org/10.1007/s11099-005-0036-8

Soto, R. 1992. Nutrient concentration and retranslocation in coastal vegetation and mangroves from the pacific coast of Costa Rica. Brenesia 37: 33-50.

Valiela, I., J. L. Bowen y J. K. York. 2001. Mangrove forest: One of the world's threatened major tropical environments. BioScience 51(10): 807-815. DOI: https://dx.doi.org/10.1641/0006-3568(2001)051%5B0807:MFOOTW%5D2.0.CO;2

Wafar, S., A. G. Untawale y M. Wafar. 1997. Litter fall and energy flux in a mangrove ecosystem. Estuarine Coastal Shelf Science 44(1): 111-124. DOI: https://dx.doi.org/10.1006/ecss.1996.0152

Walters, B. B., P. Rönnbäck, J. M. Kovacs, B. Crona, A. Hussain, R. Badola, F. Dahdouh-Guebas y E. Barbier. 2008. Ethnobiology, socio-economics and management of mangrove forests: A review. Aquatic Botany 89(2): 220-236. DOI: https://dx.doi.org/10.1016/j.aquabot.2008.02.009

Wium-Andersen, S. 1981. Seasonal growth of mangrove trees in southern Thailand. III. Phenology of *Rhizophora apiculata* Lamk, and *Scyphiphora hydrophyllaceae* Gaertn. Aquatic Botany 10: 371-376. DOI: https://doi.org/10.1016/0304-3770(81)90035-8

Wium-Andersen, S. y B. Christensen. 1978. Seasonal growth of mangrove trees in southern Thailand. II. Phenology of *Bruguiera cylindrical, Ceriops tagal, Lumnitzera littorea* and *Avicennia marina.* Aquatic Botany 5: 383-390. DOI: https://doi.org/10.1016/0304-3770(78)90078-5

Acta Botanica Mexicana
núm. 124 Julio 2018

abm.ojs.inecol.mx