



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

INSTITUTO DE BIOLOGÍA

SITIOS CON ALTA RIQUEZA Y ENDEMISMO DE PLANTAS CON FLORES:

EL ESTADO DE MORELOS COMO CASO DE ESTUDIO

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

DOCTORA EN CIENCIAS

PRESENTA:

ANA SUSANA ESTRADA MÁRQUEZ

TUTOR PRINCIPAL DE TESIS: DR. JOSÉ LUIS VILLASEÑOR RÍOS
INSTITUTO DE BIOLOGÍA, UNAM

COMITÉ TUTOR: DR. GUILLERMO IBARRA MANRÍQUEZ

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN ECOSISTEMAS Y SUSTENTABILIDAD, UNAM

COMITÉ TUTOR: DRA. MERCEDES ISOLDA LUNA VEGA

FACULTAD DE CIENCIAS, UNAM

CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX.

OCTUBRE 2023



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

INSTITUTO DE BIOLOGÍA

SITIOS CON ALTA RIQUEZA Y ENDEMISMO DE PLANTAS CON FLORES:

EL ESTADO DE MORELOS COMO CASO DE ESTUDIO

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

DOCTORA EN CIENCIAS

PRESENTA:

ANA SUSANA ESTRADA MÁRQUEZ

TUTOR PRINCIPAL DE TESIS: DR. JOSÉ LUIS VILLASEÑOR RÍOS
INSTITUTO DE BIOLOGÍA, UNAM

COMITÉ TUTOR: DR. GUILLERMO IBARRA MANRÍQUEZ

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN ECOSISTEMAS Y SUSTENTABILIDAD, UNAM

COMITÉ TUTOR: DRA. MERCEDES ISOLDA LUNA VEGA

FACULTAD DE CIENCIAS, UNAM

CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX.

OCTUBRE 2023



COORDINACIÓN GENERAL DE ESTUDIOS DE POSGRADO
COORDINACIÓN DEL POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
INSTITUTO DE BIOLOGÍA
OFICIO: CGEP/CPCB/IB/0620/2023
ASUNTO: Oficio de Jurado

M. en C. Ivonne Ramirez Wence
Directora General de Administración Escolar, UNAM
Presente

Me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Comité Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día 17 de abril de 2023 se aprobó el siguiente jurado para el examen de grado de DOCTORA EN CIENCIAS de la estudiante ESTRADA MÁRQUEZ ANA SUSANA con número de cuenta 305132279 con la tesis titulada "Sitios con alta riqueza y endemismo de plantas con flores: el estado de Morelos como caso de estudio", realizada bajo la dirección del DR. JOSÉ LUIS VILLASEÑOR RÍOS, quedando integrado de la siguiente manera:

Presidenta: DRA. TERESA MARGARITA TERRAZAS SALGADO
Vocal: DRA. LETICIA MARGARITA OCHOA OCHOA
Vocal: DR. DAVID ALEXANDER PRIETO TORRES
Vocal: DR. JUAN JOSÉ MORRONE
Secretario: DR. GUILLERMO IBARRA MANRÍQUEZ

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Ciudad Universitaria, Cd. Mx., a 14 de agosto de 2023

COORDINADOR DEL PROGRAMA

DR. ADOLFO GERARDO NAVARRO SIGÜENZA



c. c. p. Expediente del alumno
AGNSIRGA/EARRRtga

Agradecimientos institucionales

Primeramente agradezco al Posgrado en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México, por la formación académica recibida.

A continuación, al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT), por el apoyo económico para realizar mis estudios de posgrado (beca 330014).

Al Dr. José Luis Villaseñor Ríos no solo por su excelente asesoría como Tutor principal durante el desarrollo de este trabajo, sino por cada uno de los consejos de vida y profesionales que tanta luz me han brindado, sobretodo, en los momentos de duda y crisis.

Al Dr. Guillermo Ibarra Manríquez por todos los comentarios, sugerencias, consejos e ideas brindadas durante el desarrollo del proyecto de tesis.

A la Dra. Mercedes Isolda Luna Vega por las ideas y sugerencias aportadas para mejorar el proyecto, y sobretodo, por su disposición para atender a la brevedad todo lo relacionado con el presente trabajo.

Agradecimientos personales

A Fernanda, por cada día enseñarme que vale la pena volver a comenzar y procurar ser mejor persona. Gracias por mostrarme el amor más puro que he podido conocer en esta vida. Gracias por compartir conmigo esta nueva etapa de nuestras vidas, que sin duda no sólo nos está permitiendo fortalecer nuestra relación, sino conocernos a nosotras mismas. Porque en tu compañía he descubierto que el mundo es más hermoso y más llevadero cuando haces las cosas con el corazón. Te amo tanto.

A mi madre María de la Luz, gracias infinitas por siempre apoyarme en todo, aun cuando muchas veces no estuvieras de acuerdo con mis decisiones. Gracias por enseñarme la valentía, la perseverancia y la fortaleza para salir adelante de cada situación que nos presenta la vida. Gracias por enseñarme a disfrutar de los buenos momentos y a no desanimarme cuando llegan los malos tragos. Te llevo siempre en el corazón. Te amo.

Al Dr. José Luis Villaseñor Ríos le agradezco infinitamente el apoyo durante todos estos años en su laboratorio, el cual ha dejado una huella muy importante en mí, así como mi más grande admiración hacia usted, no sólo por su trabajo académico sino por su calidad como ser humano. Sin duda me llevo un gran aprendizaje y sobretodo, la plena intención de forjar mi camino académico de la mejor manera, con gran entusiasmo y ética.

Gracias a Enrique Ortiz, por compartirme tu conocimiento de la vida y por ser uno de mis mentores. Por saber siempre escucharme en mis crisis existenciales y estudiantiles. Gracias por siempre tener una palabra que lo cambia todo. Por tu paciencia, tus consejos, tu cariño y amistad. Sin duda, esto tampoco hubiera sido posible sin ti.

Al Dr. Guillermo Ibarra Manríquez le agradezco mucho su buena disposición para atender mis dudas no solo académicas sino existenciales.

A los miembros del Jurado, los Dres. Juan Morrone, Teresa Terrazas, David Prieto Torres y Leticia Ochoa por la revisión del presente trabajo. Gracias a todos por cada uno de sus comentarios, ideas y sugerencias que ayudaron a la mejora del mismo.

A mi querida y entrañable amiga Joss. Sin duda alguna has formado parte no solo de la familia que elegimos al conocernos, sino de muchos momentos importantes en nuestro andar. Gracias por siempre tener una palabra de aliento, un oído para escuchar y un hombro para apoyarme. Gracias por ser un hermoso ser humano, la vida sería más linda con más personitas como tú. Te quiero y admiro tanto.

A mi querida May (Flores Tolentino), mil gracias por las charlas, la compañía en los congresos, por todo el apoyo personal y académico. Gracias por hacer muy amena y divertida nuestra coincidencia en el laboratorio. Te deseo el mejor de los éxitos en las nuevas etapas que comienzas.

A mi querida Moni (Cera). Sin duda alguna, tenerte en mi vida ha sido una de las cosas más maravillosas que El Universo me ha regalado. Tu amistad y cariño han sido un abrazo en momentos difíciles y también han sido motivo de mucha alegría en mi corazón. Gracias por ser parte de la familia que hemos elegido. Te quiero mucho.

A mi adorada Lu (Cedeño), quién me ha mostrado la vida con los ojos de la sororidad. Agradezco cada muestra de apoyo y cariño que has tenido conmigo y con Fer; por acompañarnos en este camino que sigue siendo difícil para las mujeres, pero que con corazones y convicciones como las tuyas, poco a poco se va fortaleciendo y se van sentando las bases para un mejor futuro. Gracias por poner tu granote de arena para ello. Gracias ser una mujer que me inspira, te quiero mucho.

A mi querida Tery (Rangel), por ser una persona muy importante en mi vida. Gracias por tu amistad, tu compañía, pero sobretodo, por tu apoyo en todo momento. Sin duda, mucho de esto que hoy se logra es gracias a todas las veces que me tendiste una mano para poder ir a mis clases, al trabajo, y a todos los demás pendientes. Gracias por ser parte de la familia que elegimos. Te quiero mucho.

A mi querido Robercoco (Huitzil), sin duda alguna contar con tu cariño y amistad ha sido un gran abrazo al corazón. Me siento tan afortunada por haber podido coincidir contigo en

este andar y sobretodo, por haber podido hacer crecer esta amistad que significa tanto para mí. Gracias por todo el apoyo (en toda la extensión de la palabra). Te quiero.

A mi querido Alex (Tapia): Muchas gracias por tu amistad durante todos estos años. Ha sido toda una emocionante aventura compartir contigo momentos memorables y que me han marcado mucho como persona. Me han hecho disfrutar la vida desde una perspectiva más colorida y relajada.

A los compañeros del grupo de discusión semanal del cubículo A-218, del Instituto de Biología-UNAM. Sin duda estos años, sobretodo los pandémicos, no hubieran sido tan llevaderos sin nuestras discusiones académicas y existenciales. Gracias infinitas.

Gracias a mis queridos amigos judokas Aideé, Gus, Che, George, Kenji, Keis, y a cada uno de mis compañeros de entrenamiento. Sin duda esos momentos de judo y de convivencia con ustedes me han abrazado bastante el corazón. Gracias por enseñarme que no importa cuántas veces la vida nos tire, siempre nos levantaremos y mucho más fuertes que antes. Me siento muy orgullosa de formar parte de la familia Bushido.

Finalmente, agradezco a cada una de las personas que a lo largo de estos años me brindaron todo su apoyo, su cariño, su compañía, una palabra de aliento, su paciencia; no se imaginan lo mucho que significó para mí todo eso. Sin duda formó parte del combustible que muchas veces necesité en la vida, pero sobretodo, para poder concluir este trabajo.

Para Fernanda,

Que nunca dudes de ti misma.

Que siempre encuentres dentro de ti la fortaleza para cumplir cada uno de tus sueños.

Que te ames tanto, que puedas superar cada uno de tus miedos.

Que seas inmensamente feliz.

Índice	Página
Lista de Figuras	i
Lista de Tablas	iii
Resumen	1
Abstract	2
Introducción general	3
Objetivo general	14
Objetivos particulares	14
Hipótesis	14
Capítulo 1. Descripción de la zona de estudio	15
Capítulo 2. Patrones de riqueza de especies de Magnoliophyta en el estado de Morelos, México	30
Capítulo 3. Áreas de endemismo de Magnoliophyta en el estado de Morelos, México	
Primera parte. Áreas de endemismo de dos provincias biogeográficas del centro de México con base en sus Asteraceae endémicas: una propuesta de conservación	67
Segunda parte. Áreas de endemismo de Magnoliophyta en el estado de Morelos, México	85
Capítulo 4. Patrones espaciales de riqueza de especies usando bases de datos de colecciones científicas y variables ambientales	102
Capítulo 5. Comparación entre la riqueza conocida y potencial de Magnoliophyta en el estado de Morelos, México	137
Discusión general	181
Conclusiones generales	192
Referencias bibliográficas	198
Anexo 1. Especies de Magnoliophyta y Asteraceae presentes en el estado de Morelos, empleadas para el análisis de riqueza de especies	209
Anexo 2. Variables ambientales no colineales, derivadas del análisis de correlación de Pearson	300
Anexo 3. Especies de Magnoliophyta distribuidas en el estado de Morelos, empleadas para la estimación de la riqueza conocida y potencial	301

Lista de Figuras

Capítulo 1

Figura 1. Ubicación geográfica del estado de Morelos, México.

Figura 2. Provincias florísticas del estado de Morelos.

Figura 3. Principales climas del estado de Morelos.

Figura 4. Regiones ecológicas de Morelos.

Capítulo 2

Figura 1. Mapa del estado de Morelos con los registros de recolecta (círculos grises) de las especies de Magnoliophyta (A) y Asteraceae (B).

Figura 2. Riqueza de especies en Morelos en cada una de las celdas en que se dividió al estado.

Anexo 1. Lista de especies de Magnoliophyta y Asteraceae presentes en el estado de Morelos, empleadas para el análisis de riqueza de especies.

Capítulo 3

Primera parte

Figure 1. Collecting localities of 151 species of Asteraceae endemic to the BB (orange) and TVB (blue).

Figure 2. Areas of endemism identified in the biogeographic provinces BB and TVB.

Figure 3. Cladograms obtained with the parsimony analysis of endemism (PAE) rooted on Operative Geographic Units (OGU's).

Figure 4. Natural Protected Areas (NPAs) circumscribed to the biogeographic provinces BB and TVB.

Segunda parte

Figura 1. (A) Mapa que muestra las celdas de 1° de latitud y longitud con información (162 celdas) de las 874 especies de Magnoliophyta endémicas de México distribuidas en todo el territorio, incluyendo la Cuenca del Balsas y la Faja Volcánica Trans-Mexicana, así

como el estado de Morelos, empleadas en el Análisis de Endemicidad a nivel nacional. (B)
Áreas de consenso identificadas a nivel nacional.

Figura 2. Áreas de consenso de las Magnoliophyta en el estado de Morelos.

Figura 3. Familias de Magnoliophyta más frecuentes en las áreas de consenso identificadas a nivel nacional (A) y en Morelos (B).

Figura 4. Mapa que indica las Áreas Naturales Protegidas Federales de Morelos.

Material suplementario 1. Lista de especies de Magnoliophyta consideradas para la identificación de las áreas de endemismo a nivel nacional y para el estado de Morelos.

Material suplementario 2. Áreas de consenso a nivel nacional de las Magnoliophyta endémicas de México identificadas en el Análisis de Endemicidad.

Capítulo 4

Figura 1. Celdas en que se dividió al estado de Morelos.

Anexo 2. Lista de variables ambientales no colineales, derivadas del análisis de correlación de Pearson.

Capítulo 5

Figura 1. Mapa del estado de Morelos con los registros de recolecta (círculos grises) de 1,127 especies de Magnoliophyta con los que se estimó la riqueza conocida y potencial.

Figura 2. Riqueza de especies de Magnoliophyta.

Anexo 3. Lista de especies de Magnoliophyta distribuidas en el estado de Morelos, empleadas para la estimación de la riqueza conocida y potencial.

Lista de Tablas

Capítulo 1

Tabla 1. Principales tipos de clima en el estado de Morelos.

Tabla 2. Principales tipos de vegetación en el estado de Morelos.

Tabla 3. Características de las regiones ecológicas del estado de Morelos.

Capítulo 2

Tabla 1. Variables ambientales no correlacionadas empleadas en los análisis para explicar los patrones de riqueza florística en el estado de Morelos.

Tabla 2. Número de especies de Magnoliophyta y Asteraceae en cada una de las celdas en las que se dividió al estado de Morelos.

Tabla 3. Contribución de las variables ambientales que constituyen el modelo más parsimonioso en el Análisis de Redundancia (RDA).

Tabla 4. Variables ambientales que constituyen el modelo más parsimonioso en el Análisis de Redundancia (RDA) y que influyen en los patrones de riqueza de especies de los dos conjuntos de datos analizados.

Capítulo 3

Primera parte

Table 1. Hydrological sub-basins occurring within the BB and the TVB.

Table 2. Species of Asteraceae endemic to the BB and the TVB biogeographic provinces analyzed in this study.

Table 3. Consensus areas identified by the endemism analysis using the species of Asteraceae endemic to the BB and the TVB.

Table 4. Areas of endemism and micro-endemism (*) identified with a parsimony analysis of endemism (PAE) of the BB and the TVB.

Table 5. Natural Protected Areas (NPAs) which include part of the areas of endemism identified with the endemism analysis (EA) and the parsimony analysis of endemism (PAE).

Segunda parte

Tabla 1. Áreas de consenso de las Magnoliophyta de Morelos identificadas en el Análisis de Endemicidad (total de especies analizadas: 874).

Capítulo 4

Tabla 1. Valores del Índice de Morisita (MI) y patrón espacial respectivo para cada una de las escalas de análisis en el estado de Morelos para distintas categorías taxonómicas y formas de crecimiento con el mayor número de registros.

Tabla 2. Valores del Índice de Morisita (MI) para cada una de las celdas de 6' de latitud y 6' de longitud en las que fue dividido el estado de Morelos.

Tabla 3. Variables que constituyen el modelo más parsimonioso en el Análisis de Redundancia (RDA).

Capítulo 5

Tabla 1. Variables ambientales no correlacionadas, empleadas en la elaboración de los Modelos de Distribución de Especies de Magnoliophyta en el estado de Morelos.

Tabla 2. Riqueza de especies de Magnoliophyta para cada una de las celdas en las que se dividió al estado de Morelos.

Tabla 3. Intervalos de los valores del Área Bajo la Curva (AUC) obtenidos en los Modelos de Distribución de Especies de Magnoliophyta en Morelos.

Tabla 4. Valores de la prueba de correlación de rangos de Spearman.

Resumen

Las especies no se distribuyen de manera homogénea ni azarosa, generalmente se agregan en parches o forman gradientes u otros tipos de estructuras espaciales. Esta distribución suele formar patrones cuyo estudio ha sido un tema central en biogeografía, ecología, macroecología y conservación; con ellos es posible analizar la riqueza de especies, aunque también permiten la identificación de áreas de endemismo, de patrones de distribución espacial y más recientemente, del modelado de la distribución de especies. México posee una gran riqueza de Magnoliophyta (plantas con flores), uno de los grupos más diversos en el reino vegetal, con una variedad taxonómica y ecológica que les ha permitido prosperar en casi todos los ecosistemas. El análisis de los patrones de distribución de especies de Magnoliophyta en función de su riqueza conocida o potencial, su endemismo y configuración espacial, constituye un conocimiento relevante para el entendimiento de los determinantes ecológicos, ambientales e históricos que influyen en su formación, todos ellos útiles para proponer mejores estrategias que faciliten su manejo y conservación. En este trabajo se tomó como caso de estudio al estado de Morelos, porque posee atributos que lo hacen una adecuada y representativa unidad de muestreo (Capítulo 1). Esta investigación buscó responder ¿cómo es la distribución espacial de la riqueza de especies y endemismo de Magnoliophyta en Morelos? Para ello se estableció el objetivo general de evaluar el patrón espacial de la riqueza y endemismo de las especies de Magnoliophyta en Morelos. Los objetivos particulares fueron: i) conocer la riqueza de especies de Magnoliophyta en el estado (Capítulo 2), ii) establecer los factores ambientales que determinan la distribución de dichos patrones (Capítulo 2), iii) identificar áreas de endemismo en el estado (Capítulo 3), iv) determinar y describir el patrón espacial de distribución de la riqueza de especies de angiospermas (Capítulo 4) y v) estimar la riqueza potencial de un conjunto de especies de Magnoliophyta en Morelos para compararla con la riqueza conocida (Capítulo 5). La hipótesis general plantea que el patrón de riqueza y endemismo de las especies de Magnoliophyta en Morelos será aleatorio. Los resultados destacan que el norte, noroeste y sur de la entidad concentran el mayor número de especies de Magnoliophyta, mientras que el menor número se ubica al centro y al este. Diez factores ambientales influyen determinantemente en los patrones de riqueza de Magnoliophyta en el estado, todos ellos relacionados con la temperatura, precipitación, topografía, suelos e índices normalizados de vegetación. Con base en la identificación de áreas de endemismo, se demostró que Morelos se posiciona a nivel nacional como un área prioritaria por los altos valores de esta métrica, particularmente sus porciones norte y sur. Similarmente, el modelado de distribución de especies permitió reconocer los patrones generales de riqueza conocida, sugiriendo que las áreas norte, noroeste y sur de Morelos albergan una alta riqueza de especies conocidas y potenciales. En términos generales, a partir del análisis de riqueza de especies, las áreas de endemismo y la evaluación de la riqueza potencial, se rechaza la hipótesis de aleatoriedad planteada anteriormente. Sin embargo, el análisis del patrón de distribución espacial apoya este supuesto.

Abstract

Species are not randomly or evenly distributed; generally they aggregate in patches, or forming gradients or other spatial structures types. Such distribution usually forms patterns whose study has been a central topic in biogeography, ecology, macroecology and conservation; they allow to analyze species richness, although also support the identification of areas of endemism, spatial distribution patterning, and more recently, the species distribution modeling. Mexico has notably Magnoliophyta (flowering plants) richness, one of the most diverse groups in the plant kingdom, with a taxonomic and ecological variety that has allowed them to thrive in almost all ecosystems. The analysis of species distribution patterns of Magnoliophyta, based on their known or potential richness, their endemism, and spatial configuration, constitutes relevant knowledge for understanding the ecological, environmental, and historical determinants influencing their formation, all of them helpful in proposing better strategies for their management and conservation. In this work the state of Morelos was considered a case study because it possesses attributes that make it an adequate and representative sampling unit (Chapter 1). The research focused to answer how is the spatial distribution of the species richness and endemism of Magnoliophyta in Morelos? To do this, a main goal was to evaluate the patterns of richness and endemism of Magnoliophyta species in Morelos. The particular objectives were: i) to assess the Magnoliophyta species richness in the state (Chapter 2), ii) to determine the environmental factors that better explain the distribution patterns (Chapter 2), iii) to identify areas of endemism in the state (Chapter 3), iv) to determine and describe the spatial distribution pattern of angiosperm species richness (Chapter 4), and v) to estimate the potential richness of a set of Magnoliophyta species in Morelos and compare it with the known richness (Chapter 5). The general hypothesis postulates a randomly pattern of richness and endemism of Magnoliophyta species in Morelos. The results highlight that the north, northwest, and south parts of the state concentrate the largest number of species, while the lowest number is located at the center and east. Ten environmental factors better explain richness patterns in the state, all related to temperature, precipitation, topography, soils, and normalized vegetation indices. By identifying then areas of endemism, it was shown that Morelos is positioned at national level as a priority area by its high values of this metric, particularly in its northern and southern portions. In the same way, the species distribution modeling supports the general patterns based on known richness, placing the northern, northwest, and southern areas of Morelos with high known and potential species richness. In general terms, based on the analysis of species richness, the areas of endemism, and the evaluation of potential richness, the hypothesis of randomness raised previously is rejected. However, the analysis of the spatial distribution pattern supports this assumption.

Introducción general

Las especies no se distribuyen de manera homogénea ni azarosa; como respuesta a factores actuales o pasados que determinan su adaptación al medio, así como su historia evolutiva, se agregan en parches o forman gradientes u otros tipos de estructuras espaciales (Legendre y Fortin, 1989; Espinosa *et al.*, 2008; Koleff *et al.*, 2008). La distribución de las especies suele formar patrones, es decir, similitudes y regularidades en la superficie geográfica que actual o históricamente han ocupado, en un proceso continuo de interacciones no efímeras con el ecosistema (Zunino y Zullini, 2003; Argáez *et al.*, 2005; Maciel-Mata *et al.*, 2015). Estos patrones experimentan una serie de contracciones y expansiones a lo largo del tiempo, las cuales están influenciadas por la interacción de factores biológicos, ecológicos, fisiológicos y biogeográficos (Rapoport, 1975; Zunino y Palestrini, 1991; Brown, 1995; Condit *et al.*, 2000; Gaston y Blackburn, 2000; Zunino y Zullini, 2003; Argáez *et al.*, 2005; Maciel-Mata *et al.*, 2015).

El estudio de los patrones espaciales de distribución de las especies es un tema central en biogeografía, ecología, macroecología y conservación, ya que tal conocimiento permite comprender los determinantes ecológicos, evolutivos y/o geológicos que los generan (Pineda y Lobo, 2009; Pérez y Font, 2012); además, coadyuvan a la implementación de estrategias para su conservación. La mayoría de los trabajos sobre patrones de distribución se han enfocado en la distribución de la riqueza de especies, la cual hace referencia al número total de especies observadas o estimadas en un área o comunidad determinada (Gaston, 2000; Morrone y Escalante, 2009). Esta riqueza de especies resume e involucra la diversidad filogenética, ecológica, taxonómica y funcional (Morrone y Escalante, 2016; Nogués, 2003), siendo una de las formas más comunes de medir la biodiversidad. Asimismo, se sabe que la riqueza de especies constituye un aspecto cercanamente relacionado con el área de distribución de las especies y su arreglo espacial (Koleff *et al.*, 2008).

Otra manera de estudiar dichos patrones es a través del análisis de su endemismo, entendiéndose como la existencia de taxa restringidos a un área determinada (Morrone y Escalante, 2009). Una forma de analizarlo es a través de la identificación de áreas de endemismo, las cuales constituyen regiones no aleatorias de congruencia en la distribución

de dos o más especies o taxa supraespecíficos (Morrone, 1994). Dicha congruencia geográfica no requiere la completa coincidencia dentro de sus límites en todas las escalas de mapeo posibles, pero sí donde exista una simpatria relativamente amplia en alguna escala (Platnick, 1991). Bajo este contexto, las áreas de endemismo identificadas indicarían la coincidencia de la distribución de un conjunto de especies (Estrada-Márquez *et al.*, 2020).

De igual manera, la distribución de las especies también puede analizarse mediante el estudio de patrones de distribución espacial, es decir, de las organizaciones repetitivas, no aleatorias, que a menudo indican procesos y estructuras subyacentes como las características intrínsecas o extrínsecas de las especies (Fortin y Dale, 2005; Grimm *et al.*, 2005). Se reconocen tres tipos de patrones de distribución espacial: 1) aleatorio, 2) uniforme y 3) agregado (Hubbell, 2001; Tannure *et al.*, 2002; Sánchez-Gutiérrez *et al.*, 2019), cada uno de los cuales pueden ser analizados, detectados y descritos bajo diversos métodos cuantitativos (Lotwick y Silverman, 1982; Rozas y Camarero, 2005; Perry *et al.*, 2006; Szymt, 2014; Velázquez *et al.*, 2016).

Los análisis de los patrones de distribución de especies anteriormente mencionados han sido ampliamente utilizados desde hace tiempo; sin embargo, en los últimos años se han desarrollado herramientas más robustas que optimizan el estudio de la distribución de las especies, sobre todo cuando la información geográfica es incompleta (Déficit Wallaceano; Lomolino, 2004; Hortal *et al.*, 2015). Tal es el caso de los Modelos de Distribución de Especies (MDE), los cuales permiten generar hipótesis acerca de la distribución espacial de la diversidad de especies en un sitio determinado (Pineda y Lobo, 2009; Raes *et al.*, 2009); los MDE evalúan la asociación estadística o matemática de los datos conocidos de la distribución de las especies (p. ej., registros de recolecta) con un conjunto de variables ambientales y/o climáticas que determinan su ubicación geográfica (Guisan y Zimmermann, 2000; Elith *et al.*, 2006; Phillips *et al.*, 2006; Pineda y Lobo, 2009; 2012; Raes *et al.*, 2009; Mateo *et al.*, 2011; Franklin *et al.*, 2013). Los MDE permiten llenar vacíos de información al predecir la idoneidad ambiental para las especies en función de las variables ambientales seleccionadas (Phillips *et al.*, 2006; Newbold, 2010).

México destaca por su gran diversidad florística, particularmente por sus especies de Magnoliophyta (plantas con flores), las cuales son uno de los grupos más diversos en el reino vegetal, con una variedad taxonómica y ecológica que les ha permitido prosperar en casi todos los ecosistemas terrestres y muchos acuáticos (Villaseñor y Ortiz, 2014). En nuestro país se registran 22,126 especies de este grupo (Villaseñor, 2016), cifra que lo sitúa como uno de los países más diversos en el planeta (Ulloa *et al.*, 2017). El análisis de los patrones de distribución de especies de Magnoliophyta en función de su riqueza de especies, endemismo, patrones de distribución espacial, así como el estudio de su distribución y riqueza potencial, constituye un conocimiento relevante para el entendimiento de los determinantes ecológicos, ambientales e históricos que influyen en su formación. Con ello es posible plantear mejores estrategias que faciliten su manejo y conservación. Una manera de abordar dichos tópicos es a través de un caso de estudio, por lo que en el presente trabajo se seleccionó al estado de Morelos por poseer características que lo convierten en una unidad de muestreo adecuada y representativa.

Morelos registra en su superficie un número importante de plantas con flor, que oscila entre 2,877 (Cerros-Tlatilpa *et al.*, 2020) y 3,219 especies (Villaseñor y Ortiz, 2014; Villaseñor, 2016), que corresponde entre 13 % a 14.5 % respectivamente, de la riqueza total registrada en el país. Tales cifras lo posicionan en el lugar 17° a nivel nacional (Villaseñor y Ortiz, 2014). Asimismo, alberga 1,312 especies de Magnoliophyta endémicas de México (Bonilla-Barbosa y Villaseñor, 2003), las cuales constituyen aproximadamente 11.3 % del endemismo nacional. Esta riqueza se debe, en gran medida, a la posición geográfica de la entidad, ya que en ella convergen dos de las provincias florísticas que destacan por su diversidad vegetal en el país (Rzedowski, 1978): las Serranías Meridionales que incluyen a la Faja Volcánica Transmexicana (FVT) y la Cuenca del Balsas (CB). Con base en estudios de la flora de Morelos, se estima que contiene alrededor del 48 % (2,490 especies) del total de especies de plantas vasculares registradas para toda la FVT y aproximadamente 58 % (2,886 especies) de las mencionadas para la CB (Bonilla-Barbosa y Villaseñor, 2003, 2006; Villaseñor, 2003; Contreras-MacBeath *et al.*, 2006; Villaseñor y Ortiz, 2014). En consecuencia, el buen conocimiento de la flora de Morelos lo convierte en una adecuada unidad de estudio.

En el presente trabajo se buscó responder ¿cómo es la distribución espacial de la riqueza de especies y endemismo de Magnoliophyta en la entidad? Para ello se planteó el objetivo general de evaluar el patrón espacial de la riqueza y endemismo de las especies de Magnoliophyta en el estado de Morelos. Asimismo, se plantearon los siguientes objetivos particulares: i) conocer la riqueza de las especies de Magnoliophyta en la entidad, ii) determinar los factores ambientales que mejor explican la distribución de dicha riqueza, iii) identificar áreas de endemismo en el estado, iv) determinar y describir el patrón espacial de distribución de la riqueza de especies y v) estimar la riqueza potencial de un conjunto de especies de Magnoliophyta en Morelos para compararla con la riqueza conocida. Finalmente se postula que el patrón de riqueza y endemismo de las especies de Magnoliophyta en Morelos es aleatorio.

Para dar respuesta a la pregunta de investigación y abordar los objetivos anteriormente descritos, este estudio se dividió en cinco capítulos, cada uno de los cuales cuenta con preguntas y objetivos particulares que aportaron información relevante para el proyecto en cuestión. Así, en el primer capítulo se realizó una descripción general de la zona de estudio; en el segundo capítulo se buscó responder: ¿cómo se distribuye la riqueza de especies de Magnoliophyta en Morelos? y ¿cómo es la distribución de la riqueza de especies de Asteraceae?, ya que dicha familia es considerada como un subrogado del total de especies de angiospermas en Morelos, y finalmente ¿qué factores ambientales determinan estos patrones de riqueza? Para ello, se analizó la riqueza florística de Magnoliophyta en Morelos, así como la de la familia Asteraceae en particular y se identificaron las variables ambientales que mejor explican la distribución de los elementos estudiados. En este apartado se formuló la hipótesis de que los patrones de distribución de la riqueza de especies de Magnoliophyta y de Asteraceae serían similares, así como los factores ambientales que los determinan.

En el tercer capítulo se pretendió dar respuesta a la pregunta de si ¿existen áreas de endemismo en Morelos?, bajo la hipótesis de que no existen áreas de endemismo debido a la distribución aleatoria de especies en Morelos. Por ello se dividió este capítulo en dos partes: primeramente, se buscó identificar áreas de endemismo en la Faja Volcánica Transmexicana y la Depresión del Balsas a partir de un conjunto de especies de Asteraceae

endémicas de dichas provincias. Cabe resaltar que la superficie del estado de Morelos se encuentra entre estas dos provincias, por lo cual los resultados obtenidos en este apartado serían relevantes para entender el comportamiento del endemismo en la entidad en un contexto espacial amplio. En la segunda parte de este capítulo se buscó responder si ¿el análisis de la distribución de especies de Magnoliophyta endémicas de México permite identificar áreas de endemismo en el estado de Morelos? y si ¿la distribución espacial de estas especies en Morelos posibilita identificar áreas de endemismo a escala fina? Esto con la finalidad de conocer la posición de Morelos a nivel nacional en función de su endemismo, así como su comportamiento al interior de la entidad.

En el cuarto capítulo se buscó dar respuesta a las siguientes preguntas: ¿cómo es el patrón de distribución espacial de la riqueza de especies de Magnoliophyta en Morelos?, ¿los patrones espaciales varían en función de la escala de análisis, grupo taxonómico, o de la forma de crecimiento que presentan las especies? y ¿qué factores ambientales explican dicha distribución espacial? Para ello se analizaron y describieron los patrones espaciales de la riqueza de especies de plantas con flores en Morelos a diferentes escalas espaciales, con diferentes grupos taxonómicos y con una variabilidad de formas de crecimiento. Asimismo, se relacionaron dichos patrones espaciales con factores ambientales que pudieran explicarlos. Finalmente, se postuló un patrón espacial agregado, ya que las variables ambientales que lo determinan son diferentes a lo largo de la superficie de la entidad.

Por último, en el quinto capítulo se respondió si los patrones de riqueza de especies de Magnoliophyta en Morelos son similares con datos derivados de herbarios (riqueza conocida) y con Modelos de Distribución de Especies (riqueza potencial). Para ello se estimó la riqueza conocida, estimada y potencial de un conjunto de especies de angiospermas en la entidad y se compararon las tres métricas entre sí. Se postuló una similitud entre los patrones de riqueza conocida y potencial de las especies analizadas.

Referencias bibliográficas

Argáez, J. A., J. A. Christen, M. Nakamura y J. Soberón. 2005. Prediction of potential areas of species distributions based on presence-only data. *Environmental and Ecological Statistics* 12: 27-44.

Bonilla-Barbosa, J. R. y J. L. Villaseñor. 2003. Catálogo de la flora del estado de Morelos. Morelos: Centro de Investigaciones Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos. 129 pp.

Bonilla-Barbosa, J. R. y J. L. Villaseñor. 2006. Tipos de vegetación en el estado de Morelos. En: Atlas municipal del estado de Morelos. Rueda, R. (coord.). Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Instituto de Geografía Tropical de la Habana, Praxis. México. p. 125-140.

Brown, J. 1995. *Macroecology*. Chicago University Press. Chicago. 269 pp.

Cerros-Tlatilpa, R., L. G. Galván-González, E. Urzúa-Vázquez y A. Flores-Morales. 2020. Angiospermas. En: La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2. Volumen I. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, Ciudad de México. p. 433-449.

Condit, R., P. S. Ashton, P. Baker, S. Bunyavejchewin, S. Gunatilleke, N. Gunatilleke, S. P. Hubbell, R. B. Foster, A. Itoh, J. V. LaFrankie, H. S. Lee, E. Losos, N. Manokaran, R. Sukumar y T. Yamakura. 2000. Spatial patterns in the distribution of tropical tree species. *Science* 288: 1414-1418.

Contreras-MacBeath, T., F. Jaramillo-Monroy y J. C. Boyás-Delgado. 2006. La diversidad biológica en Morelos. Estudio del estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. 156 pp.

Elith, J., C. H. 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, A. T. Peterson, 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: 129-151.

Espinosa, D., S. Ocegueda, C. Aguilar, O. Flores y J. Llorente-Bousquets. 2008. El conocimiento biogeográfico de las especies y su regionalización natural. En: *Capital natural de México*, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. p. 33-65.

Estrada-Márquez, A. S., J. L. Villaseñor y T. Escalante. 2020. Áreas de endemismo de Magnoliophyta en el estado de Morelos, México. *Botanical Sciences* 98: 377-392.

Fortin, M. J. y M. R. T. Dale. 2005. *Spatial analysis*. Cambridge University Press. United Kingdom. 365 pp.

Franklin, J., F. W. Davis, M. Ikegami, A. D. Syphard, L. E. Flint, A. L. Flint y L. Hannah. 2013. Modeling plant species distributions under future climates: how fine scale do climate projections need to be? *Global Change Biology* 19: 473-483.

Gaston, K. J. 2000. Global patterns in biodiversity. *Nature* 405: 220-227.

Gaston, K. J. y T. M. Blackburn. 2000. *Pattern and process in macroecology*. Blackwell Science. Oxford. 377 pp.

Grimm, V., E. Revilla, U. Berger, F. Jeltsch, W. M. Mooji, S. F. Railsback, H. H. Thulke, J. Weiner, T. Wiegand y D. L. DeAngelis. 2005. Pattern-oriented modeling of agent-based complex systems: Lessons from ecology. *Science* 310: 987-991.

Guisan, A. y N. E. Zimmermann. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling* 135: 147-186.

Hortal, J., F. de Bello, J. A. F. Diniz-Filho, T. M. Lewinsohn, J. M. Lobo y R. J. Ladle. 2015. Seven shortfalls that beset large-scale knowledge of biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 46: 523-549.

Hubbell, S. P. 2001. *The unified neutral theory of biodiversity and biogeography*. Princeton University Press. USA. 448 pp.

Koleff, P., J. Soberón, H. T. Arita, P. Dávila, O. Flores-Villela, J. Golubov, G. Halffter, A. Lira-Noriega, C. E. Moreno, E. Moreno, M. Munguía, M. Murguía, A. G. Navarro-Sigüenza, O. Téllez, L. Ochoa-Ochoa, A. T. Peterson, P. Rodríguez. 2008. Patrones de diversidad espacial en grupos selectos de especies. En: *Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D. F. p. 323-364.

Legendre, P. y M. J. Fortin. 1989. Spatial pattern and ecological analysis. *Vegetatio* 80: 107-138.

Lomolino, M. V. 2004. Conservation biogeography. En: *Frontiers of Biogeography: New directions in the geography of nature*. Ed. M. V. Lomolino, L. R. Heaney. Sunderland, MA: Sinauer. p. 293-296.

Lotwick, H. W. y B. W. Silverman. 1982. Methods for analysing spatial processes of several types of points. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B* 44: 406-413.

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: 3-19.

- Mateo, R. G., A. M. Felicísimo y J. Muñoz. 2011. Modelos de distribución de especies: Una revisión sintética. *Revista Chilena de Historia Natural* 84: 217-240.
- Morrone, J. J. 1994. On the identification of Areas of Endemism. *Systematic Biology* 43: 438-441.
- Morrone, J. J. y T. Escalante. 2009. *Diccionario de biogeografía*. Las Prensas de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 230 pp.
- Morrone, J. J. y T. Escalante. 2016. *Introducción a la biogeografía*. Las Prensas de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 320 pp.
- Newbold, T. 2010. Applications and limitations of museum data for conservation and ecology, with particular attention to species distribution models. *Progress in Physical Geography* 34: 3-22.
- Nogués, D. 2003. El estudio de la distribución espacial de la biodiversidad: conceptos y métodos. *Cuadernos de Investigación Geográfica* 29: 67-82.
- Pérez, N. y X. Font. 2012. Predicting vascular plant richness patterns in Catalonia (NE Spain) using species distribution models. *Applied Vegetation Science* 15: 390-400.
- Perry, G. L. W., B. P. Miller y N. J. Enright. 2006. A comparison of methods for the statistical analysis of spatial point patterns in plant ecology. *Plant Ecology* 187: 59-82.
- Phillips, S. J., R. P. Anderson y R. E. Schapire. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190: 231-259.
- Pineda, E. y J. M. Lobo. 2009. Assessing the accuracy of species distributions models to predict amphibian species richness patterns. *Journal of Animal Ecology* 78: 182-190.

- Pineda, E. y J. M. Lobo. 2012. The performance of range maps and species distribution models representing the geographic variation of species richness at different resolutions. *Global Ecology and Biogeography* 21: 935-944.
- Platnick, N. I. 1991. On areas of endemism. *Australian Systematic Botany* 4: 11-12.
- Raes, N., M. C. Roos, J. W. Ferry, E. E. van Loon y H. ter Steege. 2009. Botanical richness and endemism patterns of Borneo derived from species distribution models. *Ecography* 32: 180-192.
- Rapoport, E. 1975. *Aerografía: estrategia geográfica de las especies*. Fondo de Cultura Económica. México. 214 pp.
- Rozas, V. y J. J. Camarero. 2005. Técnicas de análisis espacial de patrones de puntos aplicadas en ecología forestal. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales* 14: 79-97.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa. México, Distrito Federal. 432 pp.
- Sánchez-Gutiérrez, F., J. I. Valdez-Hernández, P. Hernández-de la Rosa y L. Beltrán-Rodríguez. 2019. Distribution and spatial correlation of tree species along an altitudinal gradient in the Selva Lacandona, Chiapas. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 10: 1-25.
- Szmyt, J. 2014. Spatial statistics in ecological analysis: from indices to functions. *Silva Fennica* 48: 1-31.
- Tannure, C.L., S. M. Mazza y L. I. Giménez. 2002. Modelos para caracterizar los patrones de distribución espacial de *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae), en el cultivo de algodón (*Gossypium hirsutum*). *Revista Facultad de Ciencias Agrarias, UNNE* 1: 1-4.

Ulloa, C., P. Acevedo-Rodríguez, S. Beck, M. J. Belgrano, R. Bernal, P. E. Berry, L. Brako, M. Celis, G. Davidse, R. C. Forzza, S. R. Gradstein, O. Hokche, B. León, S. León-Yáñez, R. E. Magill, D. A. Neill, M. Nee, P. H. Raven, H. Stimmel, M. T. Strong, J. L. Villaseñor, J. L. Zarucchi, F. O. Zuloaga y P. M. Jørgensen. 2017. An integrated assessment of the vascular plant species of the Americas. *Science* 358: 1614-1617.

Velázquez, E., I. Martínez, S. Getzin, K. A. Moloney y T. Wiegand. 2016. An evaluation of the state of spatial point pattern analysis in ecology. *Ecography* 39: 001-014.

Villaseñor, J. L. 2003. Diversidad y distribución de las Magnoliophytas de México. *Interciencia* 28: 160-167.

Villaseñor, J. L. 2016. Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 87: 559-902.

Villaseñor, J. L. y E. Ortiz. 2014. Biodiversidad de las plantas con flores (División Magnoliophyta) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 134-142.

Zunino, M. y C. Palestrini. 1991. El concepto de especie y la Biogeografía. *Anales de Biología* 17: 85-88.

Zunino, M. y A. Zullini. 2003. Biogeografía. La dimensión espacial de la evolución. Fondo de Cultura Económica. México, Distrito Federal. 359 pp.

Objetivo general

Evaluar el patrón espacial de la riqueza y endemismo de las especies de Magnoliophyta en el estado de Morelos.

Objetivos particulares

- i) Conocer la distribución de la riqueza de las especies de Magnoliophyta en la entidad.
- ii) Determinar qué factores ambientales determinan la distribución de dichos patrones.
- iii) Identificar áreas de endemismo en el estado.
- iv) Determinar y describir el patrón espacial de distribución de la riqueza de especies de plantas con flores.
- v) Estimar la riqueza potencial de un conjunto de especies de Magnoliophyta en Morelos para compararla con la riqueza conocida.

Hipótesis

La riqueza y endemismo de las especies de Magnoliophyta en Morelos muestra un patrón aleatorio.

Capítulo 1. Descripción de la zona de estudio

El estado de Morelos se sitúa hacia la parte centro-sur de México; posee una superficie de 4,958 km² que corresponde al 0.25 % del territorio nacional (Bonilla-Barbosa y Villaseñor, 2003). El estado limita al norte con el Estado de México y la Ciudad de México; al este y sureste con Puebla; al sur y suroeste con Guerrero y al oeste con el Estado de México (Contreras-MacBeath *et al.*, 2006; Rueda, 2006; Figura 1).

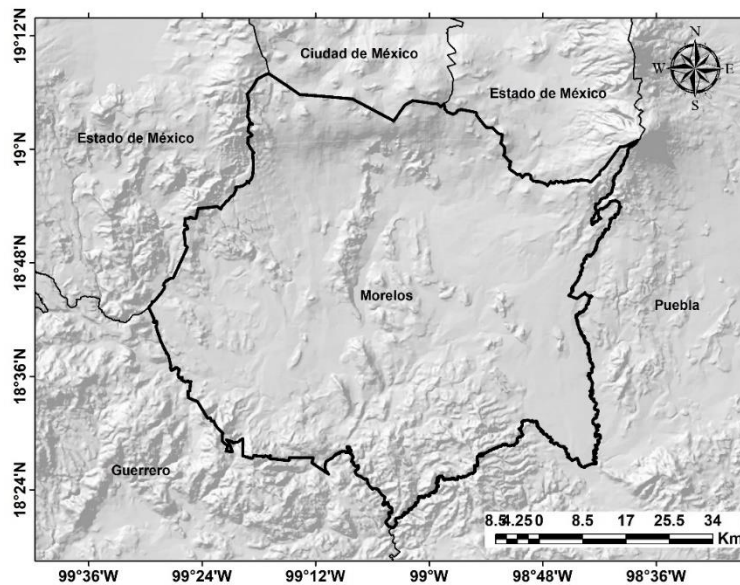


Figura 1. Ubicación geográfica del estado de Morelos, México.

La entidad presenta características ecológicas particulares, debido en gran medida a su ubicación geográfica, ya que se encuentra en el límite entre dos regiones biogeográficas: la Neártica al norte y la Neotropical al sur, localizándose en la zona de transición entre estas dos grandes regiones (Contreras-MacBeath *et al.*, 2006; Bolongaro-Crevenna y Torres, 2020). De igual manera, en Morelos convergen dos de las provincias morfoestructónicas más ricas en diversidad vegetal del país (Fernández-Nava *et al.*, 1998; Bonilla-Barbosa y Villaseñor, 2003): la Faja Volcánica Transmexicana (FVT) y la Sierra Madre del Sur (SMS) (Ferrusquía-Villafranca, 1990). A su vez, Morelos se encuentra inmerso en las provincias florísticas Cuenca del Balsas (CB) y Serranías Meridionales (SM), que incluye la FVT y la SMS (Rzedowski, 1978; Figura 2).

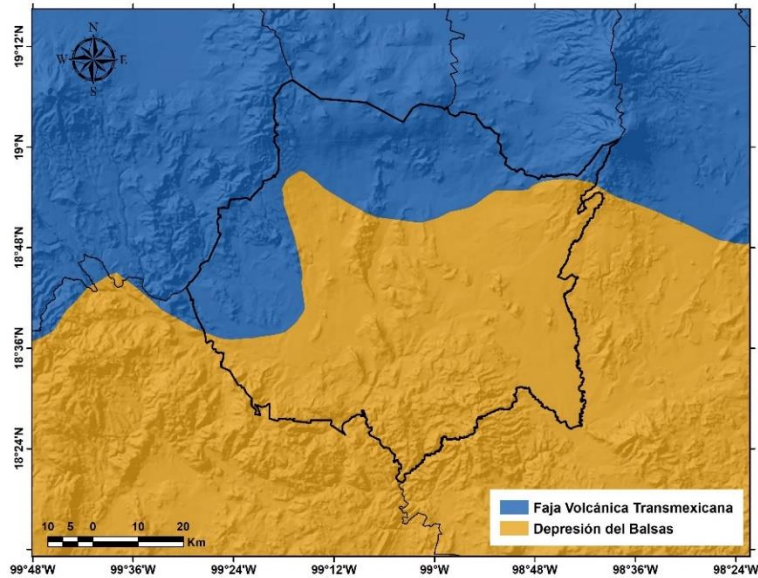


Figura 2. Provincias florísticas del estado de Morelos. La porción de la Serranías Meridionales para el estado, corresponde únicamente a la porción de la Faja Volcánica Transmexicana.

Morelos presenta un acentuado gradiente altitudinal en dirección norte-sur, que oscila de 700 a 5,000 m s.n.m. (Sorani, 2020), lo que favorece una amplia riqueza de especies distribuidas a lo largo de diferentes ambientes (Contreras-MacBeath *et al.*, 2006). De esta manera, al norte del estado se localiza una franja montañosa en dirección este a oeste que registra las mayores elevaciones en la entidad, las cuales llegan a más de 4,000 m s.n.m. en los alrededores del Popocatepetl en los límites con el Estado de México y Puebla (Contreras-MacBeath *et al.*, 2006). Otra región montañosa se ubica en la zona limítrofe con la Ciudad de México y el Estado de México, alcanzando altitudes 3,000 y 4,000 m de elevación (Contreras-MacBeath *et al.*, 2006). Finalmente, al sur del estado se ubica la zona montañosa Sierra de Huautla, que alcanza elevaciones entre 1,000 y 2,000 m s.n.m. (Contreras-MacBeath *et al.*, 2006).

Clima

La variedad de atributos biogeográficos, las características físicas y morfológicas del relieve, como la latitud, elevación, pendiente topográfica y orientación de las laderas, definen en gran medida la gran diversidad climática del estado de Morelos, determinando a

su vez, la distribución de especies y el establecimiento de ecosistemas a lo largo de su territorio (Contreras-MacBeath *et al.*, 2006; Bolongaro-Crevenna y Torres, 2020).

En general, el clima de Morelos es predominantemente cálido subhúmedo en su región centro y sur, registrándose en 68 % de su territorio, mientras que, hacia la parte alta del norte, cambia a templado subhúmedo por efecto de la orografía, constituyendo tan solo 10 % de dicha región y finalmente hacia su porción más alta existe una zona con clima frío que representa 2 % de la superficie estatal (Bolongaro-Crevenna y Torres, 2020; Magaña y Galicia, 2020). La temperatura media anual es de 21.5 °C, siendo enero el mes más frío con una temperatura mínima promedio de 10 °C, en tanto que los meses de abril y mayo son los más cálidos, con temperaturas máximas promedio de aproximadamente 32 °C (Bolongaro-Crevenna y Torres, 2020).

En conjunto, de acuerdo con la clasificación de climas de Köppen, modificada por García (1973), los elementos anteriormente señalados forman cinco principales tipos de clima en la entidad (Contreras-MacBeath *et al.*, 2006; INEGI, 2008; Bolongaro-Crevenna y Torres, 2020): 1) templado subhúmedo, 2) frío, 3) semifrío subhúmedo, 4) cálido subhúmedo y 5) semicálido subhúmedo (Figura 3). Sus características particulares se describen en la Tabla 1.

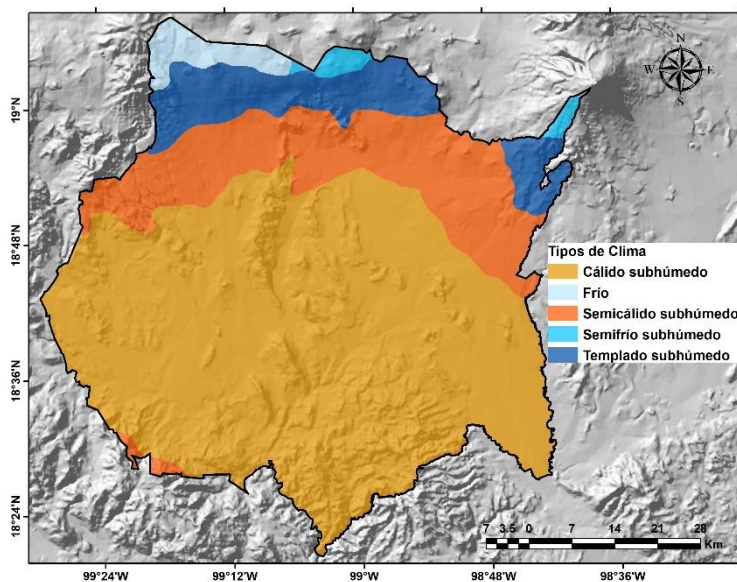


Figura 3. Principales climas del estado de Morelos (INEGI, 2008).

Tabla 1. Principales tipos de clima en el estado de Morelos. **Fuentes:** Contreras-MacBeath *et al.* (2006); Bolongaro-Crevenna y Torres (2020).

Clima	Temperatura media anual (°C)	Localización en Morelos	Proporción de la superficie de Morelos	Tipo de vegetación	Características
Frío	< 5	NO; en los límites entre el Estado de México y la Ciudad de México.	0.2-2 %	Vegetación alpina o páramo de altura.	Elevada incidencia de heladas.
Semifrío subhúmedo	5-12	Zona norte; Sur del Ajusco; NO de Tlalnepantla y faldas del Popocatepetl.	1-2 %	Bosques de <i>Pinus hartwegii</i> y <i>Abies religiosa</i> , zacatonales alpinos	Verano fresco y largo.
Templado subhúmedo	12-18	Norte	10 %	Bosques mixtos de pino y encino, bosque húmedo	Lluvias en verano. Es el más húmedo de los subhúmedos;

				(mesófilo) de montaña.	Verano fresco y largo
Semicálido subhúmedo	18-22	Norte	16-19 %	Selva baja caducifolia, bosques aislados de encino.	Lluvias en verano
Cálido subhúmedo	22 – 26	Centro y sur	68-72 %	Selva baja caducifolia, algunas planicies con pastizales.	Lluvias en verano (mayo a octubre) Invierno seco

Vegetación

La distribución geográfica de las especies vegetales en Morelos está determinada por la historia geológica, topográfica y la diversidad climática en la entidad, conformando con ello sus diferentes tipos de vegetación (Bonilla-Barbosa y Villaseñor, 2006; Sorani *et al.*, 2020). Los tipos de vegetación presentan estructuras y especies particulares que dominan en el paisaje y que favorecen su agrupación en grandes regiones biogeográficas conocidas como biomas (Villaseñor y Ortiz, 2014). En general, en Morelos pueden reconocerse dos tipos principales de biomas, el primero es el bosque tropical estacionalmente seco en su porción centro y sur, que constituye la mayor parte de la entidad, y que consiste en una comunidad vegetal dominada por árboles de altura relativamente baja (entre 5 y 15 m), con la presencia de clima cálido y una larga y prolongada temporada de sequía, en la que la mayor parte de sus especies vegetales pierden sus hojas (Villaseñor y Ortiz, 2014; Ortiz-Hernández *et al.*, 2015). Por el contrario, la porción norte de la entidad presenta bosques templados, los cuales constituyen una comunidad vegetal dominada por árboles que llegan a tener alturas hasta de 35 m, los cuales mantienen sus hojas durante todo el año, es decir, no tiran sus hojas en una época determinada; además de presentar bajas temperaturas por encontrarse en altitudes de hasta 3,500 m s.n.m. en dicha región (Villaseñor y Ortiz, 2014; Ortiz-Hernández *et al.*, 2015).

Cada uno de los biomas anteriormente descritos está conformado por diferentes tipos de vegetación. Para el estado de Morelos, siguiendo las propuestas de Rzedowski (1978) y según adaptaciones de Flores-Villela y Gerez (1994), se registran seis tipos de

vegetación: 1) bosques templados (incluye los bosques de *Abies*, de *Pinus*, de *Juniperus*, de *Pinus-Quercus*, de *Quercus* y húmedo (mesófilo) de montaña), 2) bosque tropical caducifolio, 3) pastizal alpino, 4) vegetación acuática, 5) vegetación arvense y 6) vegetación secundaria (Tabla 2).

Tabla 2. Principales tipos de vegetación en el estado de Morelos (adaptado de Flores-Villela y Gerez, 1994; Bonilla-Barbosa y Villaseñor, 2006; Sorani *et al.*, 2020).

Tipo de vegetación	Porcentaje de la superficie estatal (%)	Intervalo altitudinal (msnm) en el estado	Condiciones climáticas en el estado
Bosques templados	6.6	1,500 – 3,884	Templados; precipitación media anual entre 800 y 1,500 mm
Bosque tropical caducifolio	7.0	900 – 1,600	Cálido o semicálido; precipitación media anual entre 700 y 2,460 mm
Pastizal alpino	0.1	1,373 – 3,934	Templado; precipitación media anual entre 972 y 1,271 mm
Vegetación acuática *	0.3	696 – 3,102	No aplica
Vegetación arvense	62.9	---	---
Vegetación secundaria	23.4	716 – 3,978	No aplica

*La información incluye datos de los principales ríos y cuerpos de agua en la entidad, por lo que el intervalo altitudinal podría cambiar (Sorani *et al.*, 2020).

Regiones ecológicas

Para Morelos se han propuesto regionalizaciones ecológicas cuyo enfoque territorial se concentra en la función de los ecosistemas, derivada de la interacción con factores bióticos (flora y fauna) y abióticos (agua, suelo, relieve y clima) (Sorani y Rodríguez, 2020). En

ocasiones se consideran también elementos antrópicos como el cambio de uso del suelo, relacionado con las actividades económicas de los diferentes sectores que actúan sobre el territorio y que influyen sobre la distribución de la diversidad biológica (Sorani y Rodríguez, 2020). Así, estas regiones ecológicas se basan en el supuesto de que diferentes combinaciones en la integración de los factores bióticos, abióticos y antrópicos reflejan regiones en donde el funcionamiento de los ecosistemas y su biodiversidad se asocia a la presencia de ciertas especies y rasgos morfológicos (Sorani y Rodríguez, 2020). De esta manera, además de la información anteriormente mencionada, se consideran factores como el clima, la geoforma y suelo de la entidad, que dan como resultado 14 regiones ecológicas que constituyen paisajes terrestres bien diferenciados (Sorani y Rodríguez, 2020; Figura 4; Tabla 3).

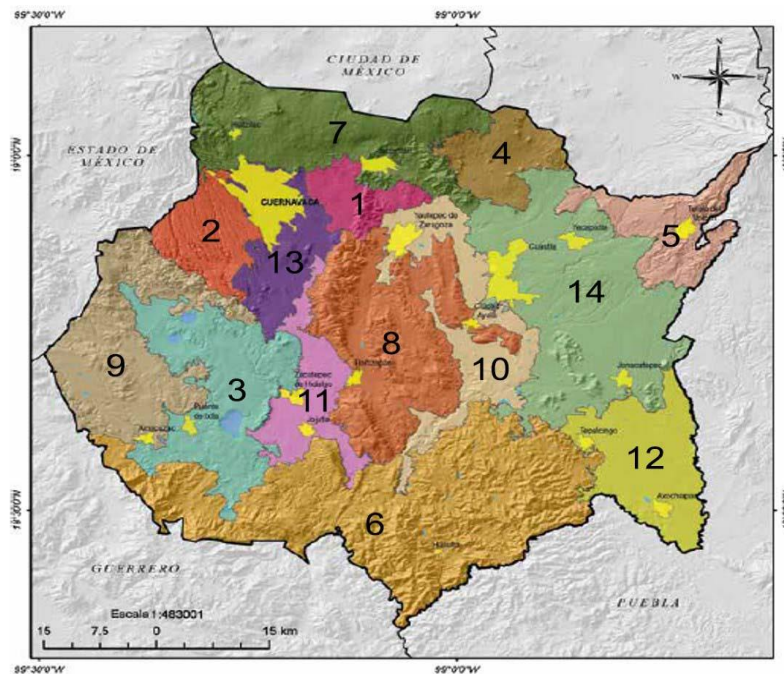


Figura 4. Regiones ecológicas de Morelos. Los números corresponden a las regiones ecológicas descritas en la Tabla 3. Las regiones en amarillo corresponden a las principales áreas urbanas en cada región ecológica. **Tomado y modificado de:** Sorani y Rodríguez, 2020.

Tabla 3. Características de las regiones ecológicas del estado de Morelos. Adaptado de Sorani y Rodríguez (2020) y Bolongaro-Crevenna y Torres (2020).

Región ecológica y su superficie (Km²)	Tipo de clima(s) y Temperatura media	Ubicación en el estado	Tipo de vegetación	Precipitación total (mm)	Características generales
1. El Texcal (100.1)	Cálido subhúmedo, semicálido subhúmedo, templado subhúmedo (19.73 °C)	Oriente de la ciudad de Cuernavaca	Selva baja caducifolia	1,166	Región importante por sus funciones de abastecimiento de agua potable
2. Glacis de Buenavista (160.7)	Cálido subhúmedo, semicálido subhúmedo, templado subhúmedo (20.76 °C)	Norponiente	Selva baja caducifolia	1,282	Presenta un sistema hidrológico de más de 200 barrancas; transporta agua fría desde las zonas altas lo que reduce la temperatura, mitigando el clima en las partes más calientes del estado
3. Lagos de Morelos (385.7)	Cálido subhúmedo (23.88 °C)	Área centro-poniente	Manchones de selva baja caducifolia, bosque de galería y vegetación secundaria	1,009	Presencia de cuerpos de agua; principalmente de vocación agrícola
4. Lomas del Norte (152.5)	Templado subhúmedo, semicálido subhúmedo (18.4 °C)	Parte septentrional	Bosques mixtos de <i>Pinus-Quercus</i> , y bosques de coníferas	1,007	Se encuentra en un área geológica originada por rocas ígneas basálticas
5. Popocatepetl (195.5)	Frío, semifrío subhúmedo, templado subhúmedo, semicálido subhúmedo (20.32 °C)	Extremo nororiente.	Bosque mixto de <i>Pinus-Quercus</i>	913	Es la tercera región con mayor capacidad de recarga de los acuíferos de la entidad, después

					de las regiones Sierra de Chichinautzin y Lomas del Norte
6. Sierra de Huautla (931.3)	Cálido subhúmedo, semicálido subhúmedo (22.52 °C)	Sur, en los límites con Guerrero al surponiente y Puebla en el suroriente	Selva baja caducifolia	906	Presencia de montañas originadas a partir de rocas ígneas del Oligoceno; la fertilidad de sus suelos es baja
7. Sierra de Chichinautzin (442.4)	Frío, semifrío subhúmedo, templado subhúmedo, semicálido subhúmedo (16.19 °C)	Norponiente	Bosque mixto <i>Pinus-Quercus</i> , y en las zonas más altas, bosques de <i>Abies</i>	1,328	Principal zona de recarga de los acuíferos; con pendientes elevadas que dificultan la agricultura, lo que favorece la conservación de bosques, matorrales y pastizales naturales
8. Sierras Centrales (503.5)	Cálido subhúmedo, semicálido subhúmedo (22.20 °C)	Centro	Selva baja caducifolia	948	Sus plegamientos y serranías fungen como corredor biológico que conecta a la Faja Volcánica Transmexicana y la Depresión del Balsas
9. Sierras de Occidente (406.4)	Cálido subhúmedo, semicálido subhúmedo (20.05 °C)	Oeste, en los límites con el Estado de México	Selva baja caducifolia	1,123	Presenta geoformas montañosas de rocas sedimentarias de calizas del Cretácico
10. Valle Agrícola Ayala-Yautepec (273.1)	Cálido subhúmedo, semicálido subhúmedo (21.10 °C)	Centro-oriente	Selva baja caducifolia y vegetación secundaria	956	Presenta una vasta llanura con baja pendiente derivada de procesos de acumulación aluvial; presenta

					áreas agrícolas de riego
11. Valle Agrícola Central (170)	Cálido subhúmedo (22.65 °C)	Zona central, al poniente de las Sierras Centrales	Selva baja caducifolia y vegetación secundaria	965	Completamente ocupada por agricultura de riego, en su mayoría cañaverales
12. Valle Agrícola de Axochiapan (281.2)	Cálido subhúmedo (20.94 °C)	Extremo suroriente, en los límites con Puebla	Bosque de galería y vegetación secundaria	902	Principalmente presenta zonas agrícolas de riego
13. Valle de Cuauhnáhuac (214.8)	Templado subhúmedo, cálido subhúmedo, semicálido subhúmedo (21.38 °C)	Poniente	Bosque de galería y selva baja caducifolia	1,166	Valle longitudinal con pendiente prolongada, surcado por algunas barrancas; incluye gran parte de la zona metropolitana de Cuernavaca
14. Valles y Cerros Orientales (657.8)	Cálido subhúmedo, semicálido subhúmedo (20.41 °C)	Oriente, en colindancia con Puebla	Selva baja caducifolia asociada a los cerros y vegetación secundaria	952	Zonas de riego muy limitadas

Flora

Morelos es importante por su contribución a la biodiversidad del país, ya que alberga una riqueza inusual de plantas vasculares en su pequeña superficie, conteniendo un total de 3,491 especies de plantas vasculares (Villaseñor, 2016). Dicha riqueza se explica parcialmente por su posición geográfica, su gradiente altitudinal y su fisiografía, ya que la entidad se encuentra embebida en las provincias florísticas Depresión del Balsas (DB) y Serranías Meridionales (SM), en la porción que incluye a la Faja Volcánica Transmexicana (Rzedowski, 1978).

A su vez, estas provincias florísticas presentan un número importante de especies de plantas vasculares. Para las Serranías Meridionales, en particular la región correspondiente a la FVT, se han registrado un total de 5,229 especies, de las cuales 2,490 están presentes

en Morelos (Bonilla-Barbosa y Villaseñor, 2003), mientras que para la DB se han registrado 4,939 especies de plantas vasculares (Fernández-Nava *et al.*, 1998), de las cuales 2,886 están presentes en el estado (Bonilla-Barbosa y Villaseñor, 2003). Asimismo, los datos refieren que la región morfotectónica de las Tierras Altas del Balsas representa una zona de transición con la FVT, dificultando con ello su delimitación al emplear únicamente la composición florística, aunque posiblemente dicha zona de transición ayuda a explicar la razón por la cual, Morelos registra una riqueza florística alta y en su pequeña superficie (Bonilla-Barbosa y Villaseñor, 2003).

Morelos registra 215 especies de pteridofitas (licopodios y helechos), 18 gimnospermas y entre 2,877 (Cerros-Tlatilpa y Galván-González, 2020; Cerros-Tlatilpa *et al.*, 2020) y 3,219 especies de Magnoliophyta (Villaseñor y Ortiz, 2014). Estos números de plantas con flores representan entre 13 % a 14.5 % respectivamente, de la riqueza total registrada en el país, cifras que lo posicionan en el lugar 17° a nivel nacional (Villaseñor y Ortiz, 2014). Asimismo, alberga 1,312 especies de Magnoliophyta endémicas de México (Bonilla-Barbosa y Villaseñor, 2003) las cuales constituyen aproximadamente 11.3 % del endemismo nacional. De esta manera, Morelos se posiciona como un reservorio importante de riqueza de todos los grupos vegetales bajo distintas jerarquías taxonómicas, lo que lo sitúa como un sitio prioritario para la conservación de la riqueza florística (Bonilla-Barbosa y Villaseñor, 2003).

Referencias bibliográficas

Bologaro-Crevenna, A. y V. Torres. 2020. El clima como integrador de ecosistemas. En: La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2. Volumen I. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, Ciudad de México. p. 299-309.

Bonilla-Barbosa, J. R. y J. L. Villaseñor. 2003. Catálogo de la flora del estado de Morelos. Morelos: Centro de Investigaciones Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos. 129 p.

Bonilla-Barbosa, J. R. y J. L. Villaseñor. 2006. Tipos de vegetación en el estado de Morelos. En: Atlas municipal del estado de Morelos. Rueda, R. (coord.). Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Instituto de Geografía Tropical de la Habana, Praxis. México. p. 125-140.

Cerros-Tlatilpa, R. y L. G. Galván-González. 2020. Resumen ejecutivo. Diversidad vegetal. En: La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2. Volumen I. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, Ciudad de México. p. 417-418.

Cerros-Tlatilpa, R., L. G. Galván-González, E. Urzúa-Vázquez y A. Flores-Morales. 2020. Angiospermas. En: La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2. Volumen I. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, Ciudad de México. p. 433-449.

Contreras-McBeath, T., F. Jaramillo y J. C. Boyás. 2006. La diversidad biológica en Morelos. Estudio del Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D. F. 155 p.

Fernández-Nava, R., C. Rodríguez, M. L. Arreguín y A. Rodríguez. 1998. Listado florístico de la Cuenca del Río Balsas, México. Polibotánica 9: 1-151.

Ferrusquía-Villafranca, I. 1990. Provincias Bióticas (con énfasis en criterios morfotectónicos). Escala 1: 4,000,000. En: Regionalización Biogeográfica, IV.8.10. Atlas Nacional de México. Vol. II. Instituto de Geografía, UNAM. México.

Flores-Villela, O. y P. Gerez. 1994. Biodiversidad y conservación en México: vertebrados, vegetación y uso del suelo. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 439 p.

García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. 90 p.

INEGI, 2008. Conjunto de datos vectoriales escala 1:1 000 000. Unidades climáticas.

Magaña, V. O. y L. Galicia. 2020. Diversidad climática actual y futura. En: La biodiversidad de Morelos. Estudio de Estado 2. Volumen I. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, Ciudad de México. p. 37-50.

Ortiz-Hernández, M. L., E. Sánchez-Salinas, M. L. Castrejón-Godínez y M. Romero-Aguilar. 2015. Los indicadores ambientales como herramienta para la sustentabilidad. Estudio de caso en Morelos. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. 246 p.

Rueda, R. (coord). 2006. Atlas municipal del estado de Morelos. Ed. Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Instituto de Geografía Tropical de la Habana, Praxis. México. 396 p.

Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa. México. 432 p.

Sorani, V. 2020. Resumen ejecutivo. Medio físico. En: La biodiversidad de Morelos. Estudio de Estado 2. Volumen I. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, Ciudad de México. p. 25-27.

Sorani, V. y G. Rodríguez. 2020. Diversidad de regiones ecológicas. En: La biodiversidad de Morelos. Estudio de Estado 2. Volumen I. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, Ciudad de México. p. 29-36.

Sorani, V., G. Rodríguez y C. L. Román. 2020. Diversidad de ecosistemas. En: La biodiversidad de Morelos. Estudio de Estado 2. Volumen I. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, Ciudad de México. p. 257-277.

Villaseñor, J. L. 2003. Diversidad y distribución de las Magnoliophyta de México. *Interciencia* 28: 160-167.

Villaseñor, J. L. y E. Ortiz. 2014. Biodiversidad de las plantas con flores (División Magnoliophyta) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 134-142.

Villaseñor, J. L. 2016. Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*: 1-344.

Capítulo 2. Patrones de distribución de la riqueza de especies de Magnoliophyta en el estado de Morelos, México

Resumen

El análisis de la distribución de la riqueza de especies permite generar inferencias acerca de los procesos ecológicos o ambientales que influyen en su conformación. En México, un alto número de especies de Magnoliophyta (plantas con flores) se concentra al sur, sureste y algunas regiones al oeste. Factores ambientales relacionados con el agua, la energía, la productividad ambiental, la heterogeneidad del hábitat y factores edáficos, determinan la riqueza de especies. Conocer la distribución de la riqueza de especies de Magnoliophyta y de los factores ambientales que la determinan, posibilita esclarecer qué tanto conocemos acerca de las especies de una región particular, cuánto falta por descubrir y cómo estas especies responden a las variaciones ambientales. En nuestro país existen regiones con una diversidad florística bien documentada, sin embargo, destacan sitios que carecen de registros de recolecta, resaltando la necesidad de conocer a profundidad la flora de estas áreas. Tal es el caso del estado de Morelos, por lo que los objetivos principales del presente estudio fueron analizar la riqueza florística de Magnoliophyta en el estado, así como de Asteraceae por constituir un subgrupo de la riqueza vegetal en la entidad; además de evaluar qué variables ambientales determinan su distribución. Se dividió a Morelos en celdas de 6 minutos de latitud y longitud, en las cuales se evaluó el número de especies de angiospermas a partir de sus registros de recolecta. Mediante un Análisis de Redundancia (RDA) se identificaron las variables ambientales que influyen significativamente en los patrones de riqueza resultantes. Los resultados destacan una similitud entre los patrones de riqueza de especies de Magnoliophyta y Asteraceae en el estado, compartiendo sitios de alta y baja riqueza. El norte, noroeste y sur registran una mayor riqueza específica de ambos grupos (Magnoliophyta entre 540 y 1,225 especies; Asteraceae entre 38 y 156), mientras que el centro y oriente presentan una menor riqueza (Magnoliophyta entre 18 y 46 especies; Asteraceae entre 1 y 13). El RDA mostró que tres factores climáticos y un edafológico influyen tanto en los patrones de Magnoliophyta como de Asteraceae. El presente estudio proporciona una aproximación de los principales factores que influyen en la conformación de los patrones de riqueza de angiospermas y Asteraceae en Morelos, sin embargo, la inclusión de otras variables mejorarán substancialmente el entendimiento de los gradientes de riqueza presentes en la entidad.

Palabras clave: Análisis de Redundancia, Asteraceae, Distribución, Factores ambientales.

Introducción

Una de las maneras más comunes de medir la biodiversidad es a partir de la estimación de la riqueza de especies, es decir, del número total de especies observadas en un área determinada (Gaston, 2000). Esta métrica también es empleada para la identificación de sitios de alta riqueza biológica (*hotspots* de biodiversidad), además de jugar un importante papel en el diseño de estrategias efectivas de conservación (Magurran y McGill, 2011). Asimismo, la distribución de la riqueza de especies suele formar patrones, es decir, tendencias geográficas generales que afectan al número de especies existentes en un determinado sitio (Escalante *et al.*, 2003; Estrada *et al.*, 2012), por lo que conocer en qué regiones se concentra un mayor número de especies permite generar inferencias acerca de aquellos procesos ecológicos o ambientales que influyen en su presencia.

Algunos estudios enfocados en el análisis de la riqueza de especies resaltan que para muchos grupos de organismos existe una menor concentración de especies hacia los polos, en las regiones altas de las montañas y en las zonas más secas del mundo (Gaston y Blackburn, 2000; Koleff *et al.*, 2008). Por el contrario, otros trabajos refieren un aumento en la diversidad en relación con la latitud, de manera que las regiones más cercanas a los trópicos o de la latitud 0° presentan un incremento en la diversidad de especies que ahí habitan (Ruggiero, 2001; Morrone y Escalante, 2016). Específicamente para México, se ha observado que la mayor riqueza de especies de un amplio número de taxones se encuentra hacia el sureste del país o en regiones áridas del noroeste (Koleff *et al.*, 2008). En el caso particular de plantas, estados como Oaxaca, Chiapas, Veracruz, Jalisco y Guerrero destacan por presentar una elevada concentración de especies, albergando entre 6,551 y 10,229 (Villaseñor, 2016). Cabe señalar que del número de especies de plantas vasculares reportadas para el país (23,314), 1,039 especies corresponden a helechos y licofitas, 149 a gimnospermas y 22,126 a plantas con flores (Magnoliophyta), además de que aproximadamente 50 % de la flora del territorio nacional es endémica (Villaseñor, 2016).

Las Magnoliophyta son uno de los grupos más diversos en el reino vegetal, con una variedad taxonómica y ecológica que les ha permitido prosperar en casi todos los ecosistemas terrestres y muchos acuáticos (Villaseñor y Ortiz, 2014). De igual manera, el alto número de especies de este grupo en México, lo sitúa como uno de los países más

diversos en el planeta (Ulloa *et al.*, 2017). Entre las familias de Magnoliophyta que destacan por su considerable número de especies en nuestro país, se encuentran Asteraceae, Fabaceae, Orchidaceae, Poaceae y Euphorbiaceae (entre otras), llegando a presentar más de 700 especies cada una de ellas (Villaseñor, 2016).

Diversos estudios han planteado diferentes hipótesis acerca de los factores ambientales que determinan la riqueza de especies, destacando en el caso particular de plantas aquellos relacionados con el agua y la energía (Gaston, 2000; Francis y Currie, 2003; Hawkins *et al.*, 2003; Kreft y Jetz, 2007; Li *et al.*, 2013; Oliveira *et al.*, 2021), la productividad ambiental (Currie, 1991; Gaston, 2000), la heterogeneidad del hábitat (Yang *et al.*, 2013; Stein *et al.*, 2014) y factores edáficos (Oliveira *et al.*, 2021). Sin embargo, el poder explicativo de estos determinantes biofísicos puede variar considerablemente en el espacio geográfico (Oliveira *et al.*, 2021) e inclusive a diferentes escalas de análisis.

Particularmente, Asteraceae presenta uno de sus principales centros de diversificación en México, además de constituir la familia con mayor número de especies en el país, albergando 417 géneros y 3,133 especies, de las cuales, 1,988 son endémicas del territorio nacional (Villaseñor, 2018). Asimismo, sus integrantes se distribuyen a lo largo de toda la república, desde la vegetación costera hasta la alta montaña (Ortiz-Bermúdez *et al.*, 1998; Villaseñor, 2018), mostrando una gran afinidad por ambientes templados, en los cuales se encuentran alrededor del 61% del total de sus especies, mientras que esta diversidad tiende a disminuir hacia las regiones tropicales y húmedas (Villaseñor, 2018). Esta familia ha resultado ser de gran importancia para la flora de nuestro país, no sólo por sus niveles de riqueza y endemismo, sino por mostrar una considerable correlación con la riqueza florística total, lo que la posiciona como un buen subrogado de la misma (Villaseñor, 2018; Villaseñor *et al.*, 1998, 2005, 2007).

Contar con un mejor conocimiento de la distribución de la riqueza de especies de Magnoliophyta y de los factores ambientales que pueden estar determinando la disposición geográfica de dicha riqueza, permitirá esclarecer qué tanto conocemos acerca de las especies registradas para una región particular, cuánto nos falta aún por descubrir y cómo podrían estas especies responder a las variaciones ambientales. Con esta información sin duda se podrán definir mejores estrategias que faciliten su manejo y conservación.

Por esta razón, el presente estudio tuvo como objetivos: i) analizar la riqueza florística de Magnoliophyta en el estado de Morelos, y en particular la de Asteraceae por ser considerada un subrogado del total de especies de angiospermas de la entidad; y ii) evaluar qué variables ambientales determinan la distribución de los elementos estudiados. Cabe señalar que el estado posee un inusual número de especies de plantas con flores en su superficie (aproximadamente 2,877 especies), posicionándose en el lugar 17° entre los estados con mayor diversidad de plantas con flores a nivel nacional (Villaseñor y Ortiz, 2014), razón por la cual fue considerada como una adecuada unidad de estudio.

Si bien se han realizado diversos estudios sobre la flora de Morelos, particularmente catálogos florísticos a nivel estatal (Vázquez, 1974; Bonilla-Barbosa y Villaseñor, 2003; Cerros-Tlatilpa *et al.*, 2020), o de algunas regiones particulares dentro del estado (Hernández, 1945; Ramírez-Cantú, 1945; Espinosa, 1962; Soria, 1986; Pérez *et al.*, 1992; Bonilla-Barbosa y Viana-Lases, 1997; Cerros-Tlatilpa y Espejo-Serna, 1998; Galindo y Fernández, 2002; García, 2013; Hernández-Cárdenas *et al.*, 2014; Soriano, 2020), pocos son los trabajos que han evaluado la distribución de la diversidad vegetal en toda la entidad (Cerros-Tlatilpa y Galván-González, 2020; Cerros-Tlatilpa *et al.*, 2020). Recientemente, Cerros-Tlatilpa y colaboradores (2020) evaluaron la riqueza de especies de Angiospermas en Morelos, encontrando sitios que concentran una alta riqueza y otros que carecen incluso de registros de recolecta, escenario que destaca la necesidad de documentar con mayor profundidad la flora de la región. Debido a ello, en este trabajo se plantearon las siguientes preguntas: i) ¿cómo se distribuye la riqueza de especies de Magnoliophyta en Morelos?, ii) ¿cómo es la distribución de la riqueza de especies de Asteraceae en el estado?, y iii) ¿qué factores ambientales determinan estos patrones de riqueza? Hipotetizamos que los patrones de distribución de la riqueza de Magnoliophyta y de Asteraceae serán similares, así como los factores ambientales que los determinan.

Materiales y métodos

Área de estudio

El estado de Morelos se sitúa hacia la parte Centro-Sur de México; posee una superficie de 4,958 km² que corresponde al 0.25% del territorio nacional y en la cual se albergan alrededor de 3,219 especies de plantas con flor (Villaseñor y Ortiz, 2014; Villaseñor, 2016).

Limita al Norte con el Estado de México y la Ciudad de México; al Este y Sureste con Puebla; al Sur y Suroeste con Guerrero y al Oeste con el Estado de México (Figura 1).

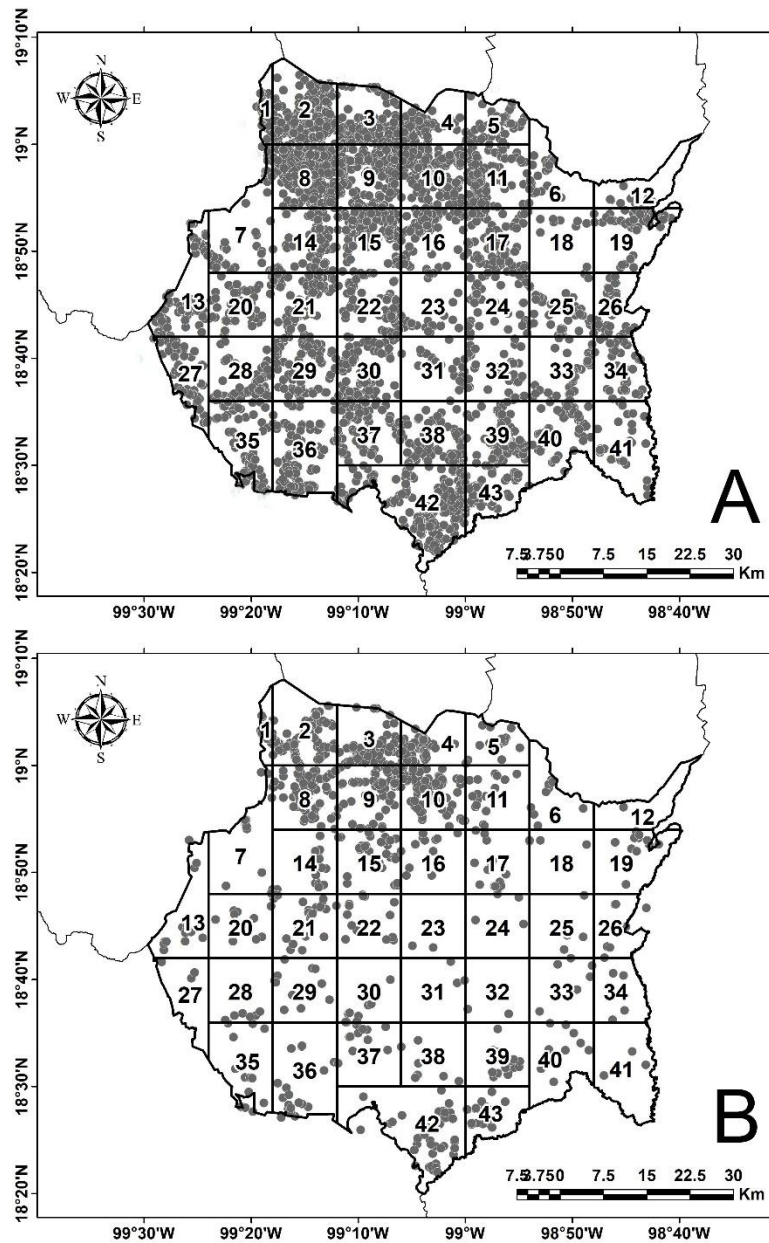


Figura 1. Mapa del estado de Morelos con los registros de recolecta (círculos grises) de las especies de Magnoliophyta (A) y Asteraceae (B). El área de estudio se dividió en 43 celdas de 6' de latitud y 6' de longitud.

Su riqueza florística se explica parcialmente por su posición geográfica, ya que en la entidad convergen dos de las provincias morfotectónicas más ricas en diversidad vegetal del país (Bonilla-Barbosa y Villaseñor, 2003; Fernández-Nava *et al.*, 1998): la Faja Volcánica Transmexicana (FVT) y la Sierra Madre del Sur (SMS) (Ferrusquía-Villafranca, 1990). A su vez, Morelos se encuentra inmerso en las provincias florísticas Cuenca del Balsas (CB) y Serranías Meridionales (SM), que incluye la FVT y la SMS (Rzedowski, 1978). Con base en estudios de la flora de Morelos, se estima que contiene alrededor del 48 % (2,490 especies) del total de especies de plantas vasculares registradas para la FVT y aproximadamente 58 % (2,886 especies) de las mencionadas para la CB (Bonilla-Barbosa y Villaseñor, 2003, 2006; Villaseñor, 2003; Contreras-MacBeath *et al.*, 2006; Villaseñor y Ortiz, 2014).

Base de Datos

Se compiló una base de datos con 31,865 registros georreferenciados de especies de Magnoliophyta distribuidas en Morelos, provenientes del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad de México (SNIB), de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, www.conabio.gob.mx), del Portal de Datos Abiertos de la Universidad Nacional Autónoma de México (datosabiertos.unam.mx), así como de la base de datos personal del Dr. José Luis Villaseñor. Posteriormente, los registros obtenidos fueron revisados para eliminar duplicados y homogeneizar los nombres científicos válidos, los cuales fueron corroborados utilizando la base de datos Trópicos (www.tropicos.org). Asimismo, se calcularon las coordenadas geográficas para aquellas localidades que carecían de las mismas, y en algunos casos se corroboraron aquellas que ya estaban georreferenciadas empleando ArcMap 10.1 (ESRI, 2010). Una vez realizada la limpieza de la base de datos, se extrajeron dos conjuntos de datos, con el fin de estimar la riqueza de especies de la entidad. De esta manera, se obtuvo un conjunto con el total de especies de Magnoliophyta, el cual incluyó también a todas las especies de Asteraceae reportadas para la entidad, y otro únicamente con las especies de Asteraceae presentes en Morelos.

Estimación de la riqueza de especies

Para estimar la riqueza de especies de ambos conjuntos de datos, se dividió a la entidad en celdas de 6' de latitud y 6' de longitud (59 celdas). Las celdas cuya superficie contenía menos del 50 % de su área dentro de Morelos se fusionaron a celdas vecinas, resultando en 43 celdas de aproximadamente 116.6 km² sobre las cuales se llevaron los análisis de riqueza (Figura 1). El tamaño de celda empleado se determinó siguiendo la estrategia de Suárez-Mota *et al.* (2013), basada en las recomendaciones de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN por sus siglas en inglés; 2012). Dicha estrategia consistió en considerar la distancia total entre los puntos extremos conocidos de cada una de las especies de Magnoliophyta presentes en Morelos para generar un polígono que representara el área mínima que abarca todos los registros de las especies en la entidad (Área de Extensión; EOO por sus siglas en inglés). La IUCN (2012) sugiere que un tamaño de celda adecuado debería considerar una décima parte del diámetro del polígono del EOO, es decir, el Área de Ocupación (AOO por sus siglas en inglés), por lo que se consideró esa medida para definir el tamaño de celda más apropiado.

Variables ambientales que influyen en los patrones de riqueza de especies

A partir de un conjunto de 58 variables ambientales con una resolución de 1 km², que incluye 26 climáticas (Hijmans *et al.*, 2005), nueve edáficas, nueve topográficas y 14 de datos de teledetección (Cruz-Cárdenas *et al.*, 2014), se aplicó un análisis de correlación de Pearson para descartar aquellas variables con altos valores de colinealidad (>0.85) (Syfert *et al.*, 2013). Este ejercicio permitió seleccionar 28 variables no colineales (Tabla 1). Una vez seleccionadas las variables no correlacionadas, se extrajeron los valores de cada píxel de 1 km² dentro del área de estudio empleando ArcGis 10.1 (ESRI, 2010). Estos valores se agregaron a la cuadrícula de 6' longitud y 6' latitud, obteniendo los valores promedio de cada celda, los cuales fueron estandarizados a valores Z, basados en la media y la desviación estándar (Mendenhall y Sincich, 2016), la cual se usa para estandarizar valores a una misma escala.

Tabla 1. Variables ambientales no colineales empleadas en los análisis para explicar los patrones de riqueza florística en el estado de Morelos.

Nombre de la variable		Acrónimo
Climáticas		
1	Estacionalidad de la precipitación	Bio15
2	Estacionalidad de la temperatura	Bio04
3	Evapotranspiración real anual	Evaannual
4	Isotermalidad	Bio03
5	Precipitación anual	Bio12
6	Precipitación del mes más seco	Bio14
7	Precipitación del trimestre más cálido	Bio18
8	Precipitación del trimestre más frío	Bio19
9	Rango medio diario	Bio02
10	Temperatura media anual	Bio01
Topográficas		
11	Calentamiento anisotrópico diario	Dah
12	Escorrentía	Runoff
13	Índice de convergencia	Convrgin
14	Índice de humedad topográfica	Twi
15	Medida de rugosidad del vector	Vrm
16	Orientación (de 0° a 90°)	Aspect
17	Pendiente	Slope
Edáficas		
18	Calcio	Ca
19	Carbono orgánico	Co
20	Magnesio	Mg
21	Materia orgánica	Mo
22	Potasio	K
23	Radio de absorción de sodio	Ras
24	Sodio	Na
Índices normalizados de vegetación		
25	Índice normalizado de los meses secos	Seco modis
26	Índice normalizado de los meses húmedos	Hum modis
27	Índice normalizado de marzo	Modismar
28	Índice normalizado de septiembre	Modissep

Con la finalidad de identificar las variables ambientales que permiten explicar los patrones de riqueza de especies de Magnoliophyta y Asteraceae en Morelos, se llevó a cabo un Análisis de Redundancia (RDA por sus siglas en inglés). Este método permite evaluar la mayor correlación posible entre un conjunto de variables (McCune y Grace, 2002) e

interpretar cuáles son las que influyen significativamente en los patrones observados de riqueza de especies en la entidad. Para este análisis se emplearon dos matrices: 1) una matriz con la riqueza de especies por celda para cada uno de los dos conjuntos de datos y 2) una matriz de los promedios por celda del conjunto de variables ambientales no correlacionadas (Tabla 1). El RDA se llevó a cabo en R v.3.6 (R Development Core Team, 2020), utilizando la función “rda” del paquete *vegan* (Oksanen *et al.*, 2015). Finalmente se seleccionó el modelo más parsimonioso y las variables con mayor significancia ($p < 0.001$, 999 permutaciones).

Resultados

Riqueza de especies de Magnoliophyta en el estado de Morelos

La base de datos analizada permitió identificar una riqueza total de Magnoliophyta en Morelos consistente en 3,197 especies, pertenecientes a 1,088 géneros y 178 familias (Anexo 1). El mayor número de especies se concentra hacia las porciones norte, noroeste, oeste y sur de la entidad (Figura 2A). Una única celda al noroeste (celda 8) contiene 1,225 especies de Magnoliophyta, mientras que las celdas vecinas a ésta contienen 762 especies (celda 2), 622 (celda 14), 584 (celda 9) y 540 (celda 10) (Tabla 2). El número de especies en la región oeste de la entidad varió entre 255 (celda 13) y 129 (celdas 27 y 29) (Tabla 2); estos sitios de alta riqueza de especies pertenecen a la porción de Morelos correspondiente a la FVT (Figura 2A). Finalmente, en la porción sur del área de estudio la celda 42 contiene 571 especies, mientras que el número de especies de las celdas vecinas a ésta varió entre 285 (celda 43) y 150 (celda 38) (Tabla 2); esta región corresponde a la Depresión del Balsas (Figura 2A).

Los sitios con menor riqueza de especies se encuentran hacia el centro y este de Morelos (Figura 2A). Las celdas 23 y 31 al centro de la entidad, incluyen 54 y 46 especies respectivamente, mientras que la porción oriental del estado registró el menor número de especies, específicamente la celda 12 (22 especies) y la 18 (18 especies) (Tabla 2). El número de especies de las celdas vecinas varió entre 114 (celda 6) y 172 (celda 19). Ambas regiones se encuentran inmersas en la porción correspondiente a la DB (Figura 2A).

Tabla 2. Número de especies de Magnoliophyta y Asteraceae en cada una de las celdas en que se dividió al estado de Morelos.

Celda	Número de especies		Celda	Número de especies	
	Magnoliophyta	Asteraceae		Magnoliophyta	Asteraceae
1	404	52	23	54	6
2	762	123	24	108	3
3	463	79	25	115	7
4	319	80	26	86	10
5	109	20	27	129	4
6	114	32	28	167	18
7	184	27	29	129	13
8	1,225	156	30	256	13
9	584	107	31	46	3
10	540	121	32	110	7
11	374	76	33	96	8
12	22	1	34	66	5
13	255	38	35	84	21
14	622	55	36	191	30
15	470	61	37	161	17
16	351	30	38	150	8
17	265	27	39	365	35
18	18	1	40	175	14
19	172	20	41	44	3
20	172	16	42	571	32
21	330	35	43	285	21
22	179	22			

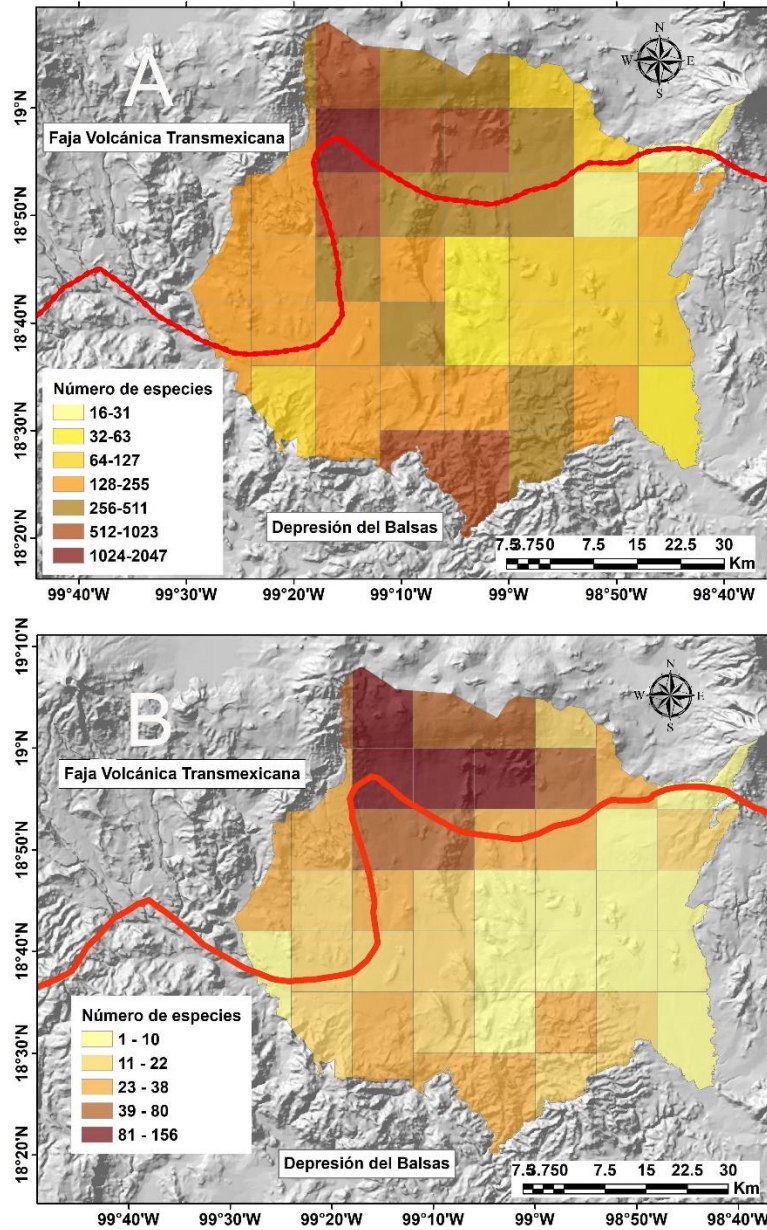


Figura 2. Riqueza de especies en Morelos en cada una de las celdas en que se dividió al estado. A) Especies de Magnoliophyta, B) especies de Asteraceae. La línea roja indica los límites entre las provincias florísticas de la Faja Volcánica Transmexicana y la Depresión del Balsas. La numeración de las celdas se muestra en la Figura 1.

Riqueza de especies de Asteraceae en Morelos

La riqueza de la familia Asteraceae en Morelos comprende un total de 370 especies, pertenecientes a 124 géneros (Anexo 1). El mayor número de especies se encuentra principalmente en la porción norte y noroeste, sin embargo, algunas celdas al sur de la entidad también registran un número considerable de especies. Así, el número de especies de Asteraceae al norte y noroeste fue de 156 (celda 8), 123 (celda 2), 121 (celda 10) y 107 (celda 9), mientras que celdas vecinas a éstas albergan 80 especies (celda 4), 79 (celda 3), 76 (celda 11), 61 (celda 15) y 55 (celda 14) (Figura 2B; Tabla 2). Asimismo, un par de celdas al oeste contienen también un número considerable de especies, albergando 38 y 27 especies en las celdas 13 y 7 respectivamente (Tabla 2). Esta región de alta riqueza en Morelos corresponde a la provincia de la Faja Volcánica Transmexicana (Figura 2B). De igual manera, tres celdas hacia el sur contienen 35 especies (celda 39), 32 (celda 42) y 30 (celda 36) (Tabla 2), región que se incluye dentro de la Depresión del Balsas (Figura 2B).

Los sitios en Morelos con un menor número de especies se encuentran principalmente al suroeste, centro y este. De esta manera, el suroeste de la entidad registró entre 4 (celda 27) y 21 especies (celda 35); mientras que en la región central tres celdas contienen 22 especies (celda 22), 17 (celda 37) y 13 (celda 30) y las celdas 38, 23 y 31 presentaron 8, 6 y 3 especies respectivamente (Tabla 2). Finalmente, el número de especies de Asteraceae en la porción este de la entidad varió entre 1 (celdas 12 y 18) y 10 especies (celda 26) (Tabla 2). Dicha región de baja riqueza de especies se encuentra en la DB (Figura 2B).

Variables biofísicas que explican de los patrones de riqueza florística

El Análisis de Redundancia permitió identificar las variables ambientales más importantes que ayudan a explicar los patrones de riqueza de especies en el estado de Morelos para los dos conjuntos de datos analizados. En el caso del patrón de riqueza de especies de Magnoliophyta, el modelo más parsimonioso indicó que diez variables explican 29 % ($p = 0.01$) del total de la varianza acumulada (Tabla 3), mientras que para el patrón de riqueza de especies de Asteraceae, 27 % ($p = 0.01$) de la varianza explicada por el modelo está asociado a nueve variables (Tabla 3).

Los resultados también indican que cuatro variables ambientales influyen en los patrones de riqueza de especies tanto de Magnoliophyta como de Asteraceae, es decir, se comparten entre ambos conjuntos de datos. Entre éstas destacan tres variables climáticas (estacionalidad de la temperatura, evapotranspiración real anual y precipitación del mes más seco) y una edafológica (sodio) (Tabla 4). Además de las variables compartidas, los patrones de la riqueza florística en Morelos se ven influenciados de manera importante por tres variables climáticas (isotermalidad, rango diurno medio y la temperatura anual), dos Índices Normalizados de Vegetación (NVI por sus siglas en inglés; de los meses secos y marzo) y una variable edafológica (radio de absorción de sodio) (Tabla 4). En tanto que las especies de Asteraceae están afectadas por dos variables edafológicas (calcio y materia orgánica) y tres topográficas (calentamiento anisotrópico diurno, rugosidad y orientación) (Tabla 4).

Tabla 3. Contribución de las variables ambientales que constituyen el modelo más parsimonioso en el Análisis de Redundancia (RDA).

Conjunto de datos	RDA	Df	Varianza	F	Pr(>F)
Especies	Modelo	10	0.29473	1.782	0.001
Magnoliophyta	Residual	32	0.52925		
Especies	Modelo	9	0.26753	1.6702	0.001
Asteraceae	Residual	33	0.58731		

Tabla 4. Variables ambientales que constituyen el modelo más parsimonioso en el Análisis de Redundancia (RDA) y que influyen en los patrones de riqueza de especies de los dos conjuntos de datos analizados. Los asteriscos representan el valor de significancia de cada variable; **= $p < 0.01$ y * = $p < 0.05$. Los acrónimos de las variables ambientales corresponden a los explicados en la Tabla 1.

Variables ambientales	Especies de Magnoliophyta	Especies de Asteraceae	Variables compartidas
Climáticas			
Bio01	**		1
Bio02	*		1
Bio03	**		1
Bio04	**	*	2
Bio14	**	**	2

Evaannual	**	*	2
Índices Normalizados de Vegetación			
Modismar	*		1
Seco modis	*		1
Edafológicas			
Ca		*	1
Mo		*	1
Na	**	*	2
Ras	**		1
Topográficas			
Aspect		*	1
Dah		*	1
Vrm		**	1
Total	10	9	

Discusión

Riqueza de especies de Magnoliophyta

El análisis llevado a cabo en este trabajo sitúa al estado de Morelos como una de las entidades con un número importante de especies en un reducido territorio geográfico. Se reporta un total de 3,197 especies que pertenecen a 1,088 géneros y 178 familias. Bonilla-Barbosa y Villaseñor (2003) elaboraron un catálogo de la flora de Morelos que registra la presencia de 3,138 especies, 957 géneros y 173 familias, existiendo una diferencia con respecto a los resultados aquí mostrados del 1.84 % en el número de especies, 12.04 % en los géneros y 2.8 % en las familias. Por otro lado, un estudio reciente sobre la diversidad de Angiospermas en el estado (Cerro-Tlatilpa *et al.*, 2020), señala que para la entidad se han reportado 2,877 especies, 951 géneros y 157 familias, lo cual indica una diferencia entre los resultados de estos autores con los del presente estudio del 10 % en número de especies, 12.5 % de géneros y 11.7 % de familias. Estas diferencias entre el número de especies, pueden deberse a la incorporación de nuevas recolectas en los periodos de tiempo transcurridos entre la generación de dichos trabajos y el presente estudio; también pueden resultar de la digitalización de dicha información en bases de datos disponibles en línea, las cuales representan un excelente complemento de la información proveniente de fuentes bibliográficas, además de facilitar el recuento de especies de un área de interés. Por esta

razón, nuestros hallazgos contribuyen de manera considerable a la actualización del conocimiento sobre la riqueza de plantas con flores en Morelos, así como de su distribución y los factores ambientales que la determinan.

Los resultados muestran que la porción norte-noroeste de Morelos registra la mayor riqueza de especies de Magnoliophyta. En esta región se encuentra la ciudad de Cuernavaca, ubicada en la celda (8) que se destaca por un elevado número de especies (1,225), seguida por otras localidades vecinas como Tepoztlán (celda 10), Huitzilac (celda 2) y Temixco (celda 14), que también registran una riqueza considerable (540, 762 y 622 especies respectivamente). Los sitios de alta riqueza de plantas con flores reportados en este trabajo coinciden geográficamente con los sitios encontrados por Cerros-Tlatilpa y colaboradores (2020), quienes reportaron que en la zona conurbada de Cuernavaca, así como en el municipio de Tepoztlán, se presenta el mayor número de especies del grupo (486 y 369 respectivamente). Sin embargo, nuestros resultados destacan una diferencia substancial en cuanto al número de especies registradas por estos autores, ya que se registran 739 especies más en Cuernavaca y 171 en Tepoztlán, mostrando una diferencia en las cifras de 60.32 % y 31.66 % respectivamente. Las discrepancias pueden explicarse en parte por el tamaño de celda empleado por dichos autores (cuadros de 5.26 x 5.53 km), debido a que a una escala más fina las celdas pueden presentar una riqueza de especies relativamente menor con respecto a escalas mayores. Otra posible explicación sea que el presente estudio incluyó especies que no habían sido digitalizadas en las bases de datos al momento que se llevaron a cabo estimaciones previas, omitiendo información de nuevas recolectas y/o registros.

Otra de las regiones que sobresale por su número de especies, ubicada en la porción sur de Morelos es la Sierra de Huautla, particularmente en su fracción central y oriental. Los resultados coinciden con lo reportado por Cerros-Tlatilpa y colaboradores (2020), quienes resaltan igualmente la porción centro y este de la Sierra de Huautla por su alto número de especies de angiospermas, en total 818 especies, destacándola como una región de alta riqueza de especies. Sin embargo, igualmente existen diferencias en el número de especies: los resultados aquí obtenidos reportan 910 especies para dicha región (aproximadamente 10.10 % más del total reportado por estos autores). Los resultados aquí

mostrados incrementan la riqueza de la región, que destaca por su diversidad de plantas con flores en la entidad.

Finalmente, una región al oeste de Morelos también sobresale por un número considerable de especies de Magnoliophyta, destacando la celda 13 por registrar 8 % (255 especies) del total de especies empleadas en este trabajo. En las regiones contiguas a esta celda de alta riqueza, se encuentran localidades como Cuentepec (celda 7), Miacatlán (celda 20), Tetecala (celda 20), Amacuzac (celda 35) y Puente de Ixtla (celda 28), las cuales comprenden un moderado número de especies (184, 172, 21 y 167 especies respectivamente) (Tabla 2). Nuestros resultados concuerdan de manera parcial con algunas regiones al oeste de la entidad reportadas como celdas de alta riqueza por Cerros-Tlatilpa y colaboradores (2020), compartiendo cuatro celdas al noreste y este de Miacatlán, una al norte de Tetecala y una celda al centro de Puente de Ixtla como aquellas que registran entre 59 a 93 especies de angiospermas. Sin embargo, estos autores muestran que las celdas adyacentes a las de alta riqueza presentan un bajo número de especies, registrándose entre 1 a 58 o en algunos casos, ninguna especie.

Galindo y Fernández (2002) realizaron un inventario florístico en el municipio de Amacuzac, registrando para dicha localidad la presencia de 471 especies de angiospermas (84 especies de liliópsidas y 387 magnoliópsidas), es decir, 5.34 % más de lo reportado en el presente trabajo. La principal diferencia entre el número de especies de estos autores y nuestros resultados radica en que ellos cuantificaron en su listado final, categorías taxonómicas a nivel de género como si fueran especies (p. ej. *Agave* sp., *Tillandsia* sp., *Tradescantia* sp., etc.), incrementando con ello el número de especies registradas para el municipio de Amacuzac. Si bien existen diferencias en cuanto al número de especies registradas para la región oeste de Morelos, nuestros análisis la resaltan como una región importante por su diversidad de Magnoliophyta.

Los resultados obtenidos muestran que la porción central, oriental y algunas zonas al noreste de Morelos, registran una baja riqueza de especies de Magnoliophyta, lo que concuerda con lo reportado por Cerros-Tlatilpa y colaboradores (2020), quienes mencionan que en dicha región no se registran más de 58 especies y que inclusive para algunas de las celdas que evaluaron, no se contó con registros de recolecta. En nuestro caso, si bien

indicamos que es una zona con un bajo número de especies, obtuvimos datos de recolecta para todas las celdas en las que dividimos a Morelos, registrando en las celdas 12 y 18 la presencia de 22 y 18 especies respectivamente. Entre las posibles explicaciones a esta baja riqueza de especies observada está el poco esfuerzo de recolecta en la región, a que la información compilada en las bases de datos digitales aún está incompleta, a la vocación agrícola de la región o bien, a que de manera natural sea un sitio de baja riqueza (Cerros-Tlatilpa *et al.*, 2020). Por estas razones, consideramos que en esta zona debe concentrarse un mayor esfuerzo de recolecta, para tener certeza de que los resultados reflejan realmente el patrón de distribución de la riqueza de Magnoliophyta en la entidad y no es simplemente un efecto del bajo esfuerzo de muestreo en estas zonas.

Riqueza de especies de Asteraceae

El patrón de riqueza observado en las especies de la familia Asteraceae, muestra que el mayor número de especies se concentra hacia el norte y noroeste del estado de Morelos, región en la que se ha documentado la presencia de bosques templados (incluyendo los bosques de *Abies*, *Pinus*, *Juniperus*, *Pinus-Quercus*, *Quercus* y húmedo de montaña) (Bonilla-Barbosa y Villaseñor, 2006; Ortiz-Hernández *et al.*, 2015). Estos resultados concuerdan con lo reportado por Villaseñor (2018), quién menciona que a nivel nacional la familia Asteraceae presenta un considerable número de especies en el bioma correspondiente a los bosques templados (1,906). El mismo fenómeno fue observado por Villagómez-Flores y colaboradores (2018), quienes reportaron que el mayor número de especies del género *Stevia* (Asteraceae) en Morelos se concentra en los bosques de pino-encino (21 especies) y encino (10), los cuales se sitúan al norte y noroeste de la entidad. Cabe señalar que esta región de alta riqueza de especies en el estado corresponde a una porción de la Faja Volcánica Transmexicana (FVT), siendo esta última señalada como una zona de alta riqueza de especies para algunos miembros de Asteraceae, como el género *Dahlia* (Carrasco-Ortiz *et al.*, 2019), la tribu Senecioneae (Villaseñor *et al.*, 2006), así como para especies de las tribus Astereae, Coreopsideae, Eupatorieae y Heliantheae (García-Sánchez *et al.*, 2014). De esta manera, nuestros hallazgos sitúan a la región templada de Morelos, perteneciente a la FVT, como un sitio de alta riqueza de especies de Asteraceae.

Las regiones centro, sur y este de la entidad, en contraste, registran una menor riqueza de especies de Asteraceae (entre 1 a 38) con respecto a la región templada del norte y noroeste; dichas zonas se caracterizan principalmente por la presencia de bosque tropical estacionalmente seco (Bonilla-Barbosa y Villaseñor, 2006; Ortiz-Hernández *et al.*, 2015). Tales resultados coinciden con lo reportado por Villaseñor (2018), quién menciona que la familia Asteraceae registra un mayor número de especies en regiones templadas pero esta diversidad tiende a disminuir hacia las regiones tropicales y húmedas. Cabe señalar, que siete celdas (35, 36, 37, 39, 40, 42 y 43) ubicadas al sur de la entidad, que registran entre 14 a 35 especies de la familia, se encuentran dentro de la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla (REBIOSH), posiblemente la zona mejor explorada de esa parte del estado.

Recientemente, Soriano (2020) reportó para la REBIOSH la presencia de 123 especies de Asteraceae, destacando a la familia como una de las más diversas en dicha Área Natural Protegida en Morelos. Tales resultados no concuerdan con nuestros hallazgos debido a que en nuestro estudio se observó un menor número de especies para la REBIOSH, con una diferencia de 88 especies. Las diferencias en el número de especies reportadas entre este trabajo y el estudio más reciente pueden explicarse porque son nuevas recolectas en la región, cuya disponibilidad de los registros de recolecta digitalizados para la zona de estudio no se encuentran todavía disponibles. Sin embargo, nuestros análisis posicionan a la porción sur de la entidad, donde se ubica la zona de estudio de Soriano (2020), como un sitio con una considerable riqueza de especies de Asteraceae.

La hipótesis propuesta acerca de que los patrones de distribución de la riqueza de especies de Magnoliophyta y de Asteraceae en el estado de Morelos son similares, se apoya. Ambos conjuntos de datos presentan regiones de alta y baja riqueza geográficamente coincidentes. Las zonas de mayor riqueza se sitúan al norte y noroeste de la entidad, coincidiendo completamente en la celda ocho, que se sitúa en una región de transición entre la Faja Volcánica Transmexicana y la Depresión del Balsas (Figura 1; Figura 2B). De igual manera, ambos grupos confluyen en su alto número de especies en la región central de la Sierra de Huautla, mientras que la porción central y oriental del estado, aunque presenta un bajo número de especies, muestra patrones de riqueza similares. Por lo tanto, en el presente trabajo la familia Asteraceae se considera como un buen subrogado de

la riqueza total de Magnoliophyta en Morelos, como ya ha sido discutido previamente (Villaseñor, 2018; Villaseñor *et al.*, 1998, 2005, 2007).

Variables biofísicas responsables de los patrones de riqueza de especies de Magnoliophyta

Las variables que más influyen en la explicación del patrón de riqueza de especies de Magnoliophyta en Morelos fueron la temperatura media anual, el rango diurno medio, la isotermalidad, la estacionalidad de la temperatura, la precipitación del mes más seco, la evapotranspiración real anual, los Índices Normalizados de Vegetación (NVI por sus siglas en inglés) de los meses secos y del mes de marzo, el sodio y el radio de absorción de sodio. Asimismo, los principales sitios de alta riqueza de especies se localizaron al norte y noroeste de la entidad, las cuales se encuentran inmersas en las regiones ecológicas de Sierra del Chichinautzin, Lomas del Norte y Glacis de Buenavista; al oeste en las regiones ecológicas de Sierras de Occidente y Lagos de Morelos; y al sur en la región ecológica conocida como Sierra de Huautla (Sorani y Rodríguez, 2020).

Particularmente las regiones de Sierra del Chichinautzin, Lomas del Norte y la porción norteña de Glacis de Buenavista se caracterizan por la dominancia de bosques templados (bosque de encino, bosques mixtos de encino-pino y pino-encino, bosques de pino, bosques de oyamel, bosque húmedo (mesófilo) de montaña), asociados a una diversidad climática (templado subhúmedo, frío, semifrío subhúmedo y semicálido subhúmedo), que en conjunto, hacen de estas regiones un área importante de recarga de acuíferos en el estado (Sorani y Rodríguez, 2020). Relacionado a esto, una de las explicaciones que se han planteado en el estudio de los factores ambientales que determinan la riqueza de especies de angiospermas, es la hipótesis del agua, la cual menciona que altos niveles de agua ambiental, o variables relacionadas con este factor, permiten la coexistencia de más especies (Francis y Currie, 2003; Hawkins *et al.*, 2003; Kreft y Jetz, 2007; Oliveira *et al.* 2021), siendo uno de los predictores más importantes en regiones tropicales, subtropicales y zonas templadas cálidas (Hawkins *et al.*, 2003).

Entre las variables ambientales importantes para explicar los patrones de riqueza de Magnoliophyta relacionadas con la hipótesis del agua, están la precipitación del mes más

seco y la evapotranspiración real anual. En el caso de la precipitación, se ha mencionado para Morelos que la mayor precipitación ocurre en la región norte, con un promedio de 1,328 mm anuales, mientras que la misma va disminuyendo hacia el sur, registrando una precipitación promedio de 906 mm por año (Contreras-McBeath *et al.*, 2006; Bolongaro y Torres, 2020). Esto coincide con nuestros resultados, confirmando que la disponibilidad de grandes cantidades de agua en la porción norte de la entidad permite una mayor concentración de especies de plantas con flores en esa zona. Por otro lado, en el caso de las áreas hacia el sur-sureste, que aunque registran un número considerable de especies, es menor comparado con la región norte de Morelos, donde la variable de precipitación del mes más seco podría interpretarse como una limitante para la riqueza de especies en la entidad (Wright, 1983; Hawkins *et al.*, 2003; Kreft y Jetz, 2007), al existir una menor disponibilidad de agua en esta región (Contreras-McBeath *et al.*, 2006).

En las mismas regiones ecológicas del norte se registra una evapotranspiración real total de entre 545 a 621 mm de agua, constituyendo un porcentaje de agua evaporada de casi la mitad del total (entre 41.3 y 54.1 %), quedando disponibles entre 45.9 y 58.7 % del agua para funciones de alimentación de manantiales e infiltración, así como para el sustento de los bosques (Bolongaro y Torres, 2020). Esto concuerda con nuestros resultados, en donde una variable explicativa de la riqueza de especies fue la evapotranspiración real anual, reforzando la idea de que una mayor disponibilidad de agua determina la gran diversidad de Magnoliophyta en esta porción de la entidad. Por otro lado, la Sierra de Huautla presenta una evapotranspiración real anual de aproximadamente 76.5 %, dejando un excedente de agua de 23.5 % para infiltración o escurrimiento superficial (Bolongaro y Torres, 2020). Esto se relaciona de igual manera con la poca disponibilidad de agua ambiental en la región sur de la entidad, generando una menor riqueza de especies de plantas con flores con respecto a la porción norte.

Se ha discutido que las dinámicas de agua-energía juegan un papel importante en los gradientes de biodiversidad (Hawkins *et al.*, 2003; Kreft y Jetz, 2007), destacando a su vez que un mayor suministro de energía permite más recursos, lo que posibilita la coexistencia de más especies (hipótesis de energía; Wright, 1983; Oliveira *et al.*, 2021). Entre las variables de estudio relacionadas con la energía y que resultaron importantes para explicar

los patrones de riqueza de Magnoliophyta en Morelos están la temperatura media anual, el rango diurno medio, la estacionalidad de la temperatura y la isotermalidad. Particularmente, la temperatura media anual se ha reportado en la literatura como un factor determinante para la riqueza de especies, debido particularmente a su efecto exponencial en las tasas de flujo de energía y potencialmente en las tasas de interacción biológica y diversificación (Kreft y Jetz, 2007), lo que pudiera explicar los patrones de alta riqueza encontrados en la entidad.

Las regiones norte y noroeste de Morelos registran temperaturas que oscilan en algunas porciones desde 5° hasta los 22° C, relacionadas con los tipos de clima dominantes en esta área: templado subhúmedo, semifrío subhúmedo y frío (Contreras-McBeath *et al.*, 2006; Bolongaro y Torres, 2020) y con los diferentes tipos de vegetación. En contraste, el centro y sur de la entidad constituyen regiones asociadas a climas cálidos subhúmedos que registran temperaturas medias anuales mayores de 22 °C, llegando a registrar hasta 38 °C (Contreras-McBeath *et al.*, 2006; Magaña y Galicia, 2020). La estabilidad en la temperatura de la entidad se ha documentado como una variable climática que modifica la distribución de los ecosistemas, lo cual permite determinar qué especies vegetales pueden establecerse en un sitio particular, cuyo cambio o modificación impactaría de manera directa sobre los ecosistemas presentes en Morelos (Bolongaro y Torres, 2020). De esta manera, dicho determinante climático podría estar influyendo también en su riqueza de especies.

Otro par de variables que resultaron relevantes para entender los patrones de riqueza encontrados en Morelos se relacionan directamente con la hipótesis edáfica, la cual postula que particularmente en regiones pobres en nutrientes, una mayor disponibilidad de nutrientes favorece la presencia de más especies de plantas (Oliveira *et al.*, 2021). Dentro de estas variables edáficas se encuentran el sodio por sí solo y el radio de absorción de sodio. Se ha reportado en la literatura que, en regiones áridas y semiáridas, donde la precipitación anual es insuficiente para satisfacer las necesidades de evapotranspiración de las plantas, los suelos pueden verse afectados por sodio y sales en general, que no se disuelven y se acumulan en cantidades que son perjudiciales para el crecimiento de las plantas, así como para los procesos de descomposición y disponibilidad de nutrientes,

inhibiendo la dinámica propia del suelo (Gasca *et al.*, 2011). Campo y colaboradores (2001) analizaron el intemperismo en un bosque tropical seco de México, con el fin de documentar su importancia en el ciclo de nutrientes de este bioma, tomando como una de las variables estudiadas el balance de sodio en el suelo. Estos autores señalaron que el sodio es un indicador relevante en el proceso de intemperismo del ecosistema analizado, el cual tiene una notable función en la economía de nutrimentos del bosque, al no ser reemplazadas totalmente las pérdidas con los ingresos desde la atmósfera (Campo *et al.*, 2001).

El radio de absorción de sodio es una variable que expresa una relación entre las concentraciones de sodio, magnesio y calcio que estima la tendencia del agua de propiciar la compactación del suelo (Krapivin, 2008; Cronan, 2018), lo que genera condiciones restrictivas para el establecimiento y desarrollo de las especies. Acorde con nuestros resultados, estas características edáficas asociadas a los nutrientes (Perry *et al.*, 2008) y a procesos biológicos del suelo, como es el caso del sodio, pueden influir como una limitante en los patrones de riqueza específica de angiospermas en la entidad, provocando un menor número de especies en regiones que registran altas concentraciones de salinidad, como es el caso de porciones al centro, este y sureste de Morelos, en donde dominan zonas agrícolas cuya dinámica de fertilización, fumigación o deshierbe, se lleva a cabo mediante el uso de agroquímicos que inciden de manera importante en la salinización de las tierras (Guzmán, 2020); en consecuencia es de esperar un mayor número de especies en zonas donde la salinidad es menor.

Las variables relacionadas con el Índice Normalizado de Vegetación de los meses secos y del mes de marzo ayudan a explicar mejor los patrones de riqueza de especies de Magnoliophyta en Morelos. En general, los NVI son transformaciones de imágenes satelitales que destacan algunos de los atributos fenológicos de la biomasa vegetal, diferenciando la vegetación vigorosa o activa de aquella senescente o enferma, a través del contraste de la cantidad de luz visible e infrarroja que es reflejada por la vegetación verde (López, 2012). Por esta razón, son ampliamente utilizados para el análisis de los cambios en la cubierta vegetal (p. ej. desarrollo agrícola, deforestación, urbanización, desastres naturales, reducción o crecimiento de cuerpo de agua, entre otros), así como indicadores de la salud de un ecosistema (López, 2012; Magaña y Galicia, 2020). De esta manera, la

relevancia de los NVI anteriormente mencionados, puede estar relacionada a la dinámica de los dos principales tipos de vegetación presentes en Morelos: el bosque tropical estacionalmente seco (BTES) en la porción centro y sur, que constituye la mayor parte de la entidad, así como los bosques templados (BT) en su porción norte (Bonilla-Barbosa y Villaseñor, 2003; Ortiz-Hernández *et al.*, 2015).

Particularmente el BTES en el estado se caracteriza por una marcada estacionalidad climática, presentando una época de lluvias (mediados de mayo-mediados de octubre) en la que la vegetación luce exuberantemente verde, en contraste con la época de sequía (mediados de noviembre-abril), en la que la mayoría de las especies vegetales pierden sus hojas (Contreras-McBeath *et al.*, 2006; Ortiz-Hernández *et al.*, 2015; Sorani *et al.*, 2020). Por el contrario, el BT se caracteriza por la presencia de árboles que mantienen sus hojas durante todo el año, es decir, que no las tiran en una época determinada (Ortiz-Hernández *et al.*, 2015). Así, la presencia de valores bajos de NVI (0.05-0.06) en la entidad corresponde a la distribución del BTES en el periodo de sequía, reflejando principalmente la ausencia de hojas en esa temporada, mientras que valores un poco más altos de NVI (0.78-0.80) coinciden con la principal distribución del BT en el mismo periodo, indicando que aún en condiciones de disminución en la precipitación, este tipo de vegetación mantiene su follaje, generando un grado de verdor mayor con respecto a aquellas regiones en donde la vegetación pierde sus hojas, dado que la estructura celular de las mismas refleja la radiación infrarroja y por lo tanto, mientras más hojas existan en una cubierta vegetal, mayor será la reflectancia en esta región del espectro (López, 2012).

Variables biofísicas responsables de los patrones de riqueza de especies de Asteraceae

Las variables ambientales relevantes para explicar el patrón de riqueza de especies de Asteraceae en Morelos fueron la precipitación del mes más seco, la evapotranspiración real anual, la estacionalidad de la temperatura, el calentamiento anisotrópico diurno, el calcio, la materia orgánica, el sodio, así como la orientación y rugosidad del terreno. Como en el caso de todas las Magnoliophyta, los principales sitios de alta riqueza de especies de Asteraceae se localizaron al norte y noroeste del estado, región que se caracteriza por la presencia de bosques templados, por presentar la mayor precipitación y por ello, ser la principal zona de recarga de acuíferos de la entidad (Contreras-McBeath *et al.*, 2006; Bolongaro y Torres,

2020; Sorani y Rodríguez, 2020). Por el contrario, los valores de precipitación en Morelos van disminuyendo hacia el sur, en dónde se reporta la presencia de bosque tropical estacionalmente seco; allí también se registran los valores más bajos de especies de la familia (Bonilla-Barbosa y Villaseñor, 2003; Ortiz *et al.*, 2015).

Algunos estudios han señalado que la estacionalidad de la precipitación es el factor más importante que explica la riqueza de especies en los bosques tropicales estacionalmente secos del centro de México (Flores-Tolentino *et al.*, 2021). Esta aseveración concuerda con nuestros resultados, ya que la precipitación del mes más seco resultó ser una de las variables determinantes de los patrones de riqueza de Asteraceae en Morelos. Cabe señalar que la mayor superficie de la entidad se encuentra dominada por la presencia de bosque tropical estacionalmente seco, en donde la cantidad de precipitación es considerablemente menor con respecto a los bosques templados de la región del norte, por lo que esta disminución en la disponibilidad de agua podría estar limitando el número de especies de la familia en este bioma.

Asimismo, se ha reportado que los valores más altos de riqueza de Asteraceae se asocian con condiciones de humedad relativamente altas y estables (Flores-Tolentino *et al.*, 2021). Este hecho se relaciona de nueva cuenta con nuestros resultados, debido a que otra de las variables importantes para los patrones de riqueza encontrados, fue la evapotranspiración real anual, variable que ha sido reportada como uno de los determinantes centrales de la riqueza de especies (Gaston, 2000; Kreft y Jetz, 2007), y que además se relaciona con la cantidad de humedad disponible en los sitios de alta riqueza de Asteraceae al norte y noroeste de Morelos. En esta región la presencia de bosques templados juega un importante papel en la captación de agua por precipitación, la cual es superior a la evaporación registrada, quedando disponible poco más de la mitad del agua para la formación de mantos freáticos que funcionan como reservorios de agua dulce (Granados-Sánchez *et al.*, 2007; Bolongaro y Torres, 2020). Por lo tanto, la presencia de una mayor humedad en la zona favorece la gran diversidad y coexistencia de especies de Asteraceae.

Se ha determinado que los componentes del suelo son factores relevantes para la distribución espacial de la riqueza de especies de Asteraceae, particularmente en bosques

tropicales estacionalmente secos (Flores-Tolentino *et al.*, 2021). Como se dijo previamente, ciertas características del suelo, como puede ser una mayor disponibilidad de nutrientes en una región determinada, favorece la presencia de más especies de plantas (Oliveira *et al.*, 2021). Tales postulados coinciden con nuestros hallazgos, ya que el calcio, la materia orgánica y el sodio, elementos asociados a los nutrimentos del suelo, resultaron importantes para explicar los patrones de riqueza de la familia en la entidad. Su balance en los suelos podría determinar la riqueza de Asteraceae en Morelos, actuando en algunos casos como limitantes (p. ej. en regiones con altas concentraciones de sodio y poca disponibilidad de materia orgánica), y en otros como impulsores del establecimiento, crecimiento y abundancia de las especies.

Otra de las variables que en el presente trabajo resultó como determinante en la riqueza observada fue la estacionalidad de la temperatura. Esta variable se ha reportado en la literatura como un factor determinante en la riqueza de especies de plantas (Zhang *et al.*, 2016), asociada específicamente a valores altos de diversidad de especies (Raes *et al.*, 2009). Si bien no se ha profundizado mucho en la manera en que la estacionalidad de la temperatura afecta la riqueza de especies de plantas, si se ha estudiado por ejemplo la relación exponencial en las tasas de flujo de energía con la temperatura media anual (Kreft y Jetz, 2007). Dicha relación favorece la generación de más recursos que posibilitan la presencia de más especies en una región (Wright, 1983; Oliveira *et al.*, 2021), lo que pudiera estar determinando la alta riqueza de Asteraceae en el estado.

La orientación y rugosidad del terreno fueron dos variables relevantes para explicar los patrones de riqueza de Asteraceae. Estos atributos se relacionan con la heterogeneidad del hábitat, factor que se ha reportado en la literatura como un determinante de gran relevancia para entender la riqueza de especies de plantas (Oliveira *et al.*, 2021). En este sentido, la heterogeneidad atribuida a estas variables causante de ambientes complejos, a su vez proporcionan más nichos ecológicos permitiendo la coexistencia de más especies (hipótesis de heterogeneidad del hábitat; Currie, 1991; Oliveira *et al.*, 2021). En el caso de Morelos, gran parte de su riqueza de especies de plantas se debe a diversos factores como su posición geográfica, su accidentada topografía y la heterogeneidad de climas y ecosistemas que presenta, originando una variedad de hábitats favorables para su desarrollo

(Contreras-MacBeath *et al.*, 2006), lo cual también podría influir en la alta diversidad de especies de Asteraceae en la entidad.

Con lo anteriormente expuesto, la hipótesis inicial acerca de que las variables ambientales que determinan los patrones de riqueza de especies, tanto de Magnoliophyta como de Asteraceae en Morelos serían similares, se cumple parcialmente (26.6 %), debido a que ambos conjuntos de datos comparten solamente cuatro de las 15 variables analizadas (estacionalidad de la temperatura, precipitación del mes más seco, evapotranspiración real anual y sodio). Lo anterior refleja que en general existen factores biofísicos que influyen de manera importante y selectiva en la distribución de las especies vegetales, como pueden ser aquellos relacionados con la temperatura, la precipitación y los nutrientes del suelo, los cuales han sido ampliamente mencionados en la literatura (Wright, 1983; Gaston, 2000; Hawkins *et al.*, 2003; Granados-Sánchez *et al.*, 2007; Kreft y Jetz, 2007; Perry *et al.*, 2008; Raes *et al.*, 2009; Zhang *et al.*, 2016; Bolongaro y Torres, 2020; Flores-Tolentino *et al.*, 2021; Oliveira *et al.*, 2021). Sin embargo, la dinámica de otros factores no considerados aquí relevantes, pueden también influir en la abundancia y diversidad de otros grupos taxonómicos o formas de crecimiento, aun cuando se encuentren en la misma región geográfica.

Consideraciones finales

Es importante mencionar que nuestro estudio resalta la similitud entre los patrones de distribución de la riqueza de especies de Magnoliophyta y de Asteraceae en el estado de Morelos, compartiendo los sitios de alta y baja riqueza. De igual manera, las variables ambientales reportadas en este trabajo como determinantes de la riqueza florística de Morelos no podrían explicar completamente los patrones aquí discutidos; sin embargo, sí proporcionan una aproximación de los principales factores que actúan en su conformación. Considerar otras variables directamente más relacionadas con la abundancia, la fisiología de las plantas, las interacciones intra e interespecíficas, abordar escalas de análisis más finas, e inclusive la dinámica histórica de dichos factores, podrían mejorar el entendimiento de los gradientes de riqueza presentes en la entidad, dado que las diferentes hipótesis de los factores que los determinan no son mutuamente excluyentes ni existe un único elemento,

sino una sinergia entre factores a distintas escalas espaciales (Hawkins *et al.*, 2003; Kreft y Jetz, 2007).

Referencias bibliográficas

Bolongaro, A. y V. Torres. 2020. El clima como integrador de ecosistemas. En: La biodiversidad de Morelos. Estudio de Estado 2. Volumen I. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, Ciudad de México. p. 299-309.

Bonilla-Barbosa, J. R. y J. A. Viana-Lases. 1997. Parque Nacional Lagunas de Zempoala, México. Listados florísticos de México XIV. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México, Ciudad de México.

Bonilla-Barbosa, J. R. y J. L. Villaseñor. 2003. Catálogo de la flora del estado de Morelos. Morelos: Centro de Investigaciones Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos. 129 p.

Bonilla-Barbosa, J. R. y J. L. Villaseñor. 2006. Tipos de vegetación en el estado de Morelos. En: Atlas municipal del estado de Morelos. Rueda, R. (coord.). Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Instituto de Geografía Tropical de la Habana, Praxis. México. 125-140.

Campo, J., J. M. Maass y L. de Pablo. 2001. Intemperismo en un bosque tropical seco de México. *Agrociencia* 35: 245-254.

Carrasco-Ortiz, M., G. Munguía-Lino, A. Castro-Castro, G. Vargas-Amado, M. Harker y A. Rodríguez. 2019. Riqueza, distribución geográfica y estado de conservación del género *Dahlia* (Asteraceae) en México. *Acta Botanica Mexicana* 126: 1-24.

Cerros-Tlatilpa, R. y A. Espejo-Serna. 1998. Contribución al estudio florístico de los Cerros El Sombrerito y Las Mariposas (Zoapapalotl) en el municipio de Tlayacapan, Morelos, México. *Polibotánica* 8: 29-46.

Cerros-Tlatilpa, R. y L. G. Galván-González. 2020. Resumen ejecutivo. Diversidad vegetal. En: *La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2. Volumen I.* Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, Ciudad de México. p. 417-418.

Cerros-Tlatilpa, R., L. G. Galván-González, E. Urzúa-Vázquez y A. Flores-Morales. 2020. Angiospermas. En: *La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2. Volumen I.* Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, Ciudad de México. p. 433-449.

Contreras-MacBeath, T., F. Jaramillo-Monroy y J. C. Boyás-Delgado. 2006. La diversidad biológica en Morelos. Estudio del estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. 156 p.

Cronan, C. S. 2018. Ecosystem biogeochemistry. Element cycling in the forest landscape. *Springer Textbooks in Earth, Sciences, Geography and Environment.* 203 p.

Cruz-Cárdenas, G., L. López-Mata, J. L. Villaseñor y E. Ortiz. 2014. Potential species distribution modeling and the use of principal component analysis as predictor variables. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 189-199.

Currie, D. J. 1991. Energy and large-scale patterns of animal- and plant- species richness. *The American Naturalist* 137: 27-49.

Escalante, T., D. N. Espinosa y J. Llorente-Bousquets. 2003. Métodos para la identificación, descubrimiento y comparación de patrones biogeográficos: ejemplos en México. En: *Una perspectiva latinoamericana de la biogeografía.* J. J. Morrone y J. Llorente (eds.). Las Prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM, México, D.F. p. 303-307.

Espinosa, J. 1962. Vegetación de una corriente de lava de formación reciente, localizada en el declive meridional de la Sierra de Chichinautzin. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 27: 67-114.

ESRI [Environmental Systems Research Institute]. 2010. ArcGIS 10.1. Redlands, California.

Estrada, Y. Q., R. A. Luna y T. Escalante. 2012. Patrones de distribución de los mamíferos en la Provincia Oaxaca-Tehuacanense, México. *THERYA* 3: 33-51.

ESRI [Environmental Systems Research Institute]. 2010. ArcGIS 10.1. Redlands, California.

Francis, A. P. y D. J. Currie. 2003. A globally consistent richness-climate relationship for angiosperms. *The American Naturalist* 161: 523-536.

Fernández-Nava, R., C. Rodríguez-Jiménez, M. L. Arreguín-Sánchez y A. Rodríguez-Jiménez. 1998. Listado florístico de la Cuenca del Río Balsas, México. *Polibotánica* 9: 1-151.

Ferrusquía-Villafranca, I. 1990. Provincias Bióticas con énfasis en criterios morfotectónicos. *Regionalización Biogeográfica, IV.8.10. Atlas Nacional de México. Vol. II. Escala 1: 4,000,000. México: Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México.*

Flores-Tolentino, M., L. Beltrán-Rodríguez, J. Morales-Linares, J. R. Ramírez, G. Ibarra-Manríquez, O. Dorado y J. L. Villaseñor. 2021. Biogeographic regionalization by spatial and environmental components: Numerical proposal. *PLoS ONE* 16: 1-19.

Galindo, G. y R. Fernández. 2002. Inventario florístico del municipio de Amacuzac, Morelos, México. *Polibotánica* 13: 107-133.

García, F. 2013. Inventario de especies leñosas de la Sierra Monte Negro en los municipios de Jiutepec y Emiliano Zapata, Morelos. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Facultad de Ciencias Biológicas.

García-Sánchez, C. A., A. Sánchez-González y J. L. Villaseñor. 2014. La familia Asteraceae en el Parque Nacional los Mármoles, Hidalgo, México. *Acta Botánica Mexicana* 106: 97-116.

Gasca, C., J. C. Menjivar y A. Torrente. 2011. Cambios en el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) y la relación de absorción de sodio (RAS) de un suelo y su influencia en la actividad y biomasa microbiana. *Acta Agronómica* 60: 27-38.

Gaston, K. J. 2000. Global patterns in biodiversity. *Nature* 405: 220-227.

Gaston, K. J. y T. M. Blackburn. 2000. *Pattern and process in macroecology*. Blackwell Science. Oxford. 377 p.

Granados-Sánchez, D., G. F. López-Ríos y M. A. Hernández-García. 2007. Ecología y silvicultura en bosques templados. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 13: 67-83.

Guzmán, E. 2020. Diversidad agrícola. En: *La biodiversidad de Morelos. Estudio de Estado 2. Volumen I. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad*. México, Ciudad de México. p. 149-157.

Hawkins, B. A., R. Field, H. V. Cornell, D. J. Currie, J. F. Guégan, D. M. Kaufan, J. T. Kerr, G. G. Mittelbach, T. Oberdorff, E. M. O'Brien, E. E. Porter y J. R. G. Turner. 2003. Energy, water, and broad-scale geographic patterns of species richness. *Ecology* 84: 3105-3117.

Hernández, P. 1945. La flora maravillosa de Tepoztlán. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 3: 13-15.

Hernández-Cárdenas, R. A., R. Cerros-Tlatilpa y A. Flores-Morales. 2014. Las plantas vasculares y vegetación de la barranca Tepecapa en el municipio de Tlayacapan, Morelos, México. *Acta Botánica Mexicana* 108: 11-38.

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: 1965-1978.

IUCN. (2012). *IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1*. International Union for Conservation of Nature. United Kingdom: IUCN. ISBN: 978-2-8317-1539-1.

Koleff, P., J. Soberón, H. T. Arita, P. Dávila, O. Flores-Villela, J. Golubov, G. Halffter, A. Lira-Noriega, C. E. Moreno, E. Moreno, M. Munguía, M. Murguía, A. G. Navarro-Sigüenza, O. Téllez, L. Ochoa-Ochoa, A. T. Peterson, P. Rodríguez. 2008. Patrones de diversidad espacial en grupos selectos de especies. En: *Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D. F. 323-364 p.

Krapivin, V. F. 2008. *Biogeochemical cycles in globalization and sustainable development*. Springer-Verlag. Berlin Heidelberg. 562 p.

Kreft, H. y W. Jetz. 2007. Global patterns and determinants of vascular plant diversity. *Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America* 104: 5925-5930.

Leyva-Castañeda, D., J. Sigala-Rodríguez y G. Ocampo. 2020. Estimación de la riqueza de especies de la familia Asteraceae en cuatro áreas prioritarias para la conservación del centro

de México utilizando métodos no paramétricos para medir la biodiversidad. *Botanical Sciences* 98: 317-327.

Li, L., Z. Wang, S. Zerbe, N. Abdusalih, Z. Tang, M. Ma, L. Yin, A. Mohammat, W. Han y J. Fang. 2013. Species richness patterns and water-energy dynamics in the drylands of northwest China. *PLoS ONE* 8: 1-11.

López, P. L. 2012. Tendencia del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada para una zona del centro de México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Querétaro. Facultad de Ciencias Naturales.

Magaña, R. y L. Galicia. 2020. Diversidad climática actual y futura. En: La biodiversidad de Morelos. Estudio de Estado 2. Volumen I. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, Ciudad de México. p. 37-50

Magurran, A. E. y B. J. McGill. 2011. Biological diversity. *Frontiers in measurement and assessment*. Oxford University Press. Nueva York, Estados Unidos de América. 345 p.

McCune, B., y J. B. Grace. 2002. *Analysis of ecological communities*. Glenden Beach, Oregon: MjM Software Design.

Mendenhall, W. M. y T. L. Sincich. 2016. *Statistics for Engineering and the Sciences* CRC Press.

Morrone, J. J. y T. Escalante. 2016. *Introducción a la biogeografía*. Las Prensas de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 320 p.

Oksanen, J., F. G. Blanchet, R. Kindt, P. Legendre, P. R. Minchin, R. B. O'Hara, G. L. Simpson, P. Solymos, M. H. H. Stevens, E. Szoecs y H. Wagner. 2015. *Vegan: Community ecology package*. R package version 2.5-6. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>

Oliveira, E. V. S., D. M. C. Alves, M. F. Landim y S. F. Gouveia. 2021. Sampling effort and the drivers of plant species richness in the Brazilian coastal regions. *Oecologia* 195: 163-171.

Ortiz-Bermúdez, E., J. L. Villaseñor y O. Téllez. 1998. La familia Asteraceae en el estado de Nayarit (México). *Acta Botánica Mexicana* 44: 25-57.

Ortiz-Hernández, M. L., E. Sánchez-Salinas, M. L. Castrejón-Godínez y M. Romero-Aguilar. 2015. Los indicadores ambientales como herramienta para la sustentabilidad. Estudio de caso en Morelos. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. 246 p.

Pérez, L. A., A. Flores y G. Soria. 1992. Clave para las familias de plantas con flores de la Sierra de Huautla, Morelos, México. *Ciencia y Tecnología* 2: 25-50.

Perry, G. L. W., N. J. Enright, B. P. Miller y B. B. Lamont. 2008. Spatial patterns in species-rich sclerophyll shrublands of southwestern Australia. *Journal of Vegetation Science* 19: 705-716.

Raes, N., M. C. Roos, J. W. F. Slik, E. E. Van Loon y H. t. Steege. 2009. Botanical richness and endemism patterns of Borneo derived from species distribution models. *Ecography* 32: 180-192.

Ramírez-Cantú, D. 1945. Algunas plantas notables de Tepoztlán, Morelos. *Anales del Instituto de Biología* 16: 353-357.

Ruggiero, A. 2001. Interacciones entre la biogeografía ecológica y la macroecología: Aportes para comprender los patrones espaciales en la diversidad biológica. En: Llorente-Bousquets, J., Morrone, J. J. eds. *Introducción a l Biogeografía en Latinoamérica: Teorías, conceptos, métodos y aplicaciones*. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 81-94 p.

Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa. México, Distrito Federal.

Sorani, V. y G. Rodríguez. 2020. Diversidad de regiones ecológicas. En: La biodiversidad de Morelos. Estudio de Estado 2. Volumen I. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, Ciudad de México. p. 29-36.

Sorani, V., G. Rodríguez y C. L. Roman. 2020. Diversidad de ecosistemas. En: La biodiversidad de Morelos. Estudio de Estado 2. Volumen I. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, Ciudad de México. p. 257-277.

Soria, G. 1986. Flora de Morelos (descripción de especies vegetales de la selva baja caducifolia del Cañón de Lobos, Mpio. De Yautepec). Serie de Ciencias Naturales y de la Salud. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos. 163 p.

Soriano, L. 2020. La familia Asteraceae en la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla, Morelos. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Facultad de Ciencias Biológicas.

Stein, A., K. Gerstner y H. Kreft. 2014. Environmental heterogeneity as a universal driver of species richness across taxa, biomes and spatial scales. *Ecology Letters* 17: 866-880.

Suárez-Mota, M. E., O. Téllez-Valdés, R. Lira-Saade y J. L. Villaseñor. 2013. Una regionalización de la Faja Volcánica Transmexicana con base en su riqueza florística. *Botanical Sciences* 91: 93-105.

Syfert, M. M., M. J. Smith y D. A. Coomes. 2013. The effects of sampling bias and model complexity on the predictive performance of MaxEnt species distribution models. *PLoS ONE* 8: 1-10.

Torres, C. y L. Galetto. 2011. Flowering phenology of co-occurring Asteraceae: a matter of climate, ecological interactions, plant attributes or of evolutionary relationships among species? *Organisms Diversity & Evolution* 11: 9-19.

Ulloa, C., P. Acevedo-Rodríguez, S. Beck, M. J. Belgrano, R. Bernal, P. E. Berry, L. Brako, M. Celis, G. Davidse, R. C. Forzza, S. R. Gradstein, O. Hokche, B. León, S. León-Yáñez, R. E. Magill, D. A. Neill, M. Nee, P. H. Raven, H. Stimmel, M. T. Strong, J. L. Villaseñor, J. L. Zarucchi, F. O. Zuloaga y P. M. Jørgensen. 2017. An integrated assessment of the vascular plant species of the Americas. *Science* 358: 1614-1617.

Vázquez, J. 1974. Contribución al estudio de las plantas del estado de Morelos (México). Catálogo de las plantas contenidas en el Herbario "L'Amagatall". *Ciencia* 29: 1-138.

Villagómez-Flores, E., O. Hinojosa-Espinosa y J. L. Villaseñor. 2018. El género *Stevia* (Eupatorieae, Asteraceae) en el estado de Morelos, México. *Acta Botánica Mexicana* 125: 7-36.

Villaseñor, J. L. 2003. Diversidad y distribución de las Magnoliophytas de México. *Interciencia* 28: 160-167.

Villaseñor, J. L. 2016. Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 87: 559-902.

Villaseñor, J. L. 2018. Diversidad y distribución de la familia Asteraceae en México. *Botanical Sciences* 96: 332-358.

Villaseñor, J. L. y E. Ortiz. 2014. Biodiversidad de las plantas con flores (División Magnoliophyta) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 134-142.

Villaseñor, J. L., G. Ibarra-Manríquez y D. Ocaña. 1998. Strategies for the conservation of Asteraceae in Mexico. *Conservation Biology* 12: 1066-1075.

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: 232-238.

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: 871-876.

Wright, D. H. 1983. Species-energy theory: an extension of species-area theory. *Oikos* 41: 496-506.

Yang, W., K. Ma y H. Kreft. 2013. Geographical sampling bias in a large distributional database and its effects on species richness-environment models. *Journal of Biogeography* 40: 1-12.

Zhang, M.-G., J. W. F. Slik y K.-P. Ma. 2016. Using species distribution modeling to delineate the botanical richness patterns and phytogeographical regions of China. *Scientific Reports* 6: 1-9.

Capítulo 3. Áreas de endemismo de Magnoliophyta en el estado de Morelos, México

Primera parte. Áreas de endemismo de dos provincias biogeográficas del centro de México con base en sus Asteraceae endémicas: una propuesta de conservación

Ana Susana Estrada-Márquez ^{a,*}, Juan J. Morrone ^b, José Luis Villaseñor ^a

^a Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología, Departamento de Botánica, Circuito Zona Deportiva s/n, Ciudad Universitaria, Coyoacán, 04510 Ciudad de México, Mexico.

^b Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología Evolutiva, Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera”, Circuito Exterior s/n, Ciudad Universitaria, Coyoacán, 04510 Ciudad de México, Mexico.

*Corresponding author: sambucusansu@yahoo.com.mx (A.S. Estrada-Márquez)

Cita: Estrada-Márquez, A. S., J. J. Morrone y J. L. Villaseñor. 2021. Areas of endemism of two biogeographic provinces in central Mexico base don their endemic Asteraceae: a conservation proposal. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 92: e923470.

Biogeography

Areas of endemism of two biogeographic provinces in central Mexico based on their endemic Asteraceae: a conservation proposal

Áreas de endemismo de dos provincias biogeográficas del centro de México con base en sus Asteraceae endémicas: una propuesta de conservación

Ana Susana Estrada-Márquez ^{a, *}, Juan J. Morrone ^b, José Luis Villaseñor ^a

^a Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología, Departamento de Botánica, Circuito Zona Deportiva s/n, Ciudad Universitaria, Coyoacán, 04510 Ciudad de México, Mexico

^b Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología Evolutiva, Museo de Zoología "Alfonso L. Herrera", Circuito Exterior s/n, Ciudad Universitaria, Coyoacán, 04510 Ciudad de México, Mexico

*Corresponding author: sambucusansu@yahoo.com.mx (A.S. Estrada-Márquez)

Received: 8 April 2020; accepted: 20 October 2020

Abstract

The Transmexican Volcanic Belt (TVB) and the Balsas Basin (BB), situated in central Mexico, stand out for their species richness and endemism. Documenting patterns of distribution of endemism is relevant, since species restricted to an area may become sensitive to the modification of their environment. The aim of this study was to identify areas of endemism within the TVB and the BB based on a set of species of Asteraceae endemic to these provinces. A Parsimony Analysis of Endemicity (PAE) and an Endemicity Analysis (EA) were carried out from a database with 901 records, using 30' latitude and longitude grid-cells, and hydrological sub-basins as units. Based on 148 endemic species, between 1 and 8 areas of endemism were identified in both biogeographic provinces. In particular, the TVB concentrates 79 endemic Asteraceae, which represent 53.3% of the total analyzed species. The areas of endemism identified are irreplaceable zones and stand out as important sites for the conservation of local endemism, which is an extremely important criterion for the definition of priority areas for conservation.

Keywords: Balsas Basin; Endemicity Analysis; NDM/VNDM; Parsimony Analysis of Endemicity; Transmexican Volcanic Belt; Winclada

Resumen

La Faja Volcánica Transmexicana (FVT) y la Cuenca del Balsas (CB), situadas en el centro de México, destacan por su riqueza de especies y endemismos. Documentar patrones de distribución de los endemismos es relevante, pues

algunas especies restringidas a una área podrían ser sensibles a la modificación de su ambiente. El objetivo de este trabajo fue identificar áreas de endemismo dentro de CB y FVT a partir de un conjunto de especies de Asteraceae, endémicas de dichas provincias. Se llevó a cabo un análisis de parsimonia de endemismos (PAE) y un análisis de endemicidad (AE) a partir de una base de datos de 901 registros y dividiendo el área de estudio en celdas de 30' de latitud y longitud, así como en las subcuencas hidrológicas que se incluyen dentro de su territorio. Considerando 148 especies endémicas, se identificaron entre 1 y 8 áreas de endemismo en ambas provincias biogeográficas. En especial, la TVB concentra 79 especies de Asteraceae endémicas, que representan 53.3% del total de especies analizadas. Las áreas de endemismo identificadas se consideran zonas irremplazables y constituyen sitios importantes para la conservación del endemismo local, el cual es un criterio de suma importancia para la definición de áreas prioritarias para la conservación.

Palabras clave: Cuenca del Balsas; Análisis de endemicidad; NDM/VNDM; Análisis de parsimonia de endemismos; Faja Volcánica Transmexicana; Winclada

Introduction

The family Asteraceae has one of its main diversification centers in Mexico and constitutes the family with the largest number of species in the country (Villaseñor, 1990, 2016, 2018). It shows a great ecological tolerance, since its species are found from the coastal vegetation to the high mountains (Ortiz-Bermudez et al., 1998; Villaseñor, 2018; Villaseñor et al., 1998). The family has an important center of diversification in central Mexico, with an important number of endemic species (1,988; Villaseñor, 2018). This region lies basically in 2 biogeographic provinces (Fig. 1), the Balsas Basin (BB) and the Transmexican Volcanic Belt (TVB) (Morrone, 2006, 2014a, 2019; Morrone et al., 2017).

The BB is located between the TVB and the Sierra Madre del Sur, mainly in the states of Guerrero, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Morelos, Oaxaca, and Puebla, at altitudes below 1,600 m (Morrone, 2006, 2019). Fernández-Nava et al. (1998) reported a total of 4,442 vascular plants species for this province, indicating that 537 are Asteraceae, 48 of them endemic to the province (Rodríguez-Jiménez et al., 2005). The TVB is located northwards of the BB and covers part of the states of Aguascalientes, Guanajuato, Jalisco, Mexico City, Michoacán, Oaxaca, Puebla, Estado de México, Tlaxcala, and Veracruz, being defined by altitudes above 1,600-1,800 m (Morrone, 2006, 2019). For this province, 5,229 species of vascular plants have been recorded (Bonilla-Barbosa & Villaseñor, 2003), 709 corresponding to Asteraceae and 20 of them being endemic to the province (Villaseñor & Ortiz, 2007).

One way to understand the distributional patterns of the species of Asteraceae is through the identification of their areas of endemism. An area of endemism is a non-random region of congruent distribution of 2 or more species or supra-specific taxa (Morrone, 1994). Although several

methods have been proposed for the identification of areas of endemism (Morrone, 2007), 2 stand out as the most robust approaches (Munguía-Lino et al., 2016): Parsimony Analysis of Endemicity (PAE; Morrone, 1994, 2014b; Rosen, 1988) and Endemicity Analysis (EA; Szumik & Goloboff, 2004; Szumik et al., 2002). PAE has been frequently used to evaluate biogeographic relationships and to identify areas of endemism and generalized tracks, whereas EA has been used explicitly for the recognition of areas of endemism (Morrone, 2014a; Munguía-Lino et al., 2016). Several discussions have arisen on which of these methods is better for the identification of areas of endemism; however, Escalante et al. (2013) consider that both methods offer different advantages, and their results can be complementary. EA can recognize areas of endemism and PAE allows to organize them hierarchically. Our objective was to identify areas of endemism within the BB and TVB based on the species of Asteraceae endemic to these provinces. It was expected that these areas of endemism provide relevant information on the biogeographic history of the region and for future studies aimed at the conservation of their floristic richness.

Materials and methods

The study area corresponds to the biogeographic provinces BB and TVB (Morrone, 2006, 2014, 2019; Morrone et al., 2017). The BB is located between the TVB and the Sierra Madre del Sur, and it is characterized especially by the occurrence of seasonally dry tropical forests at altitudes below 1,800 m (Morrone, 2006). The TVB is located towards the center of the country, being characterized by the occurrence of temperate forests at altitudes above 1,800 m (Morrone, 2006).

To carry out the analyzes, the aforementioned provinces were divided first into units of defined size with the same surface (grid-cells), and later according to the

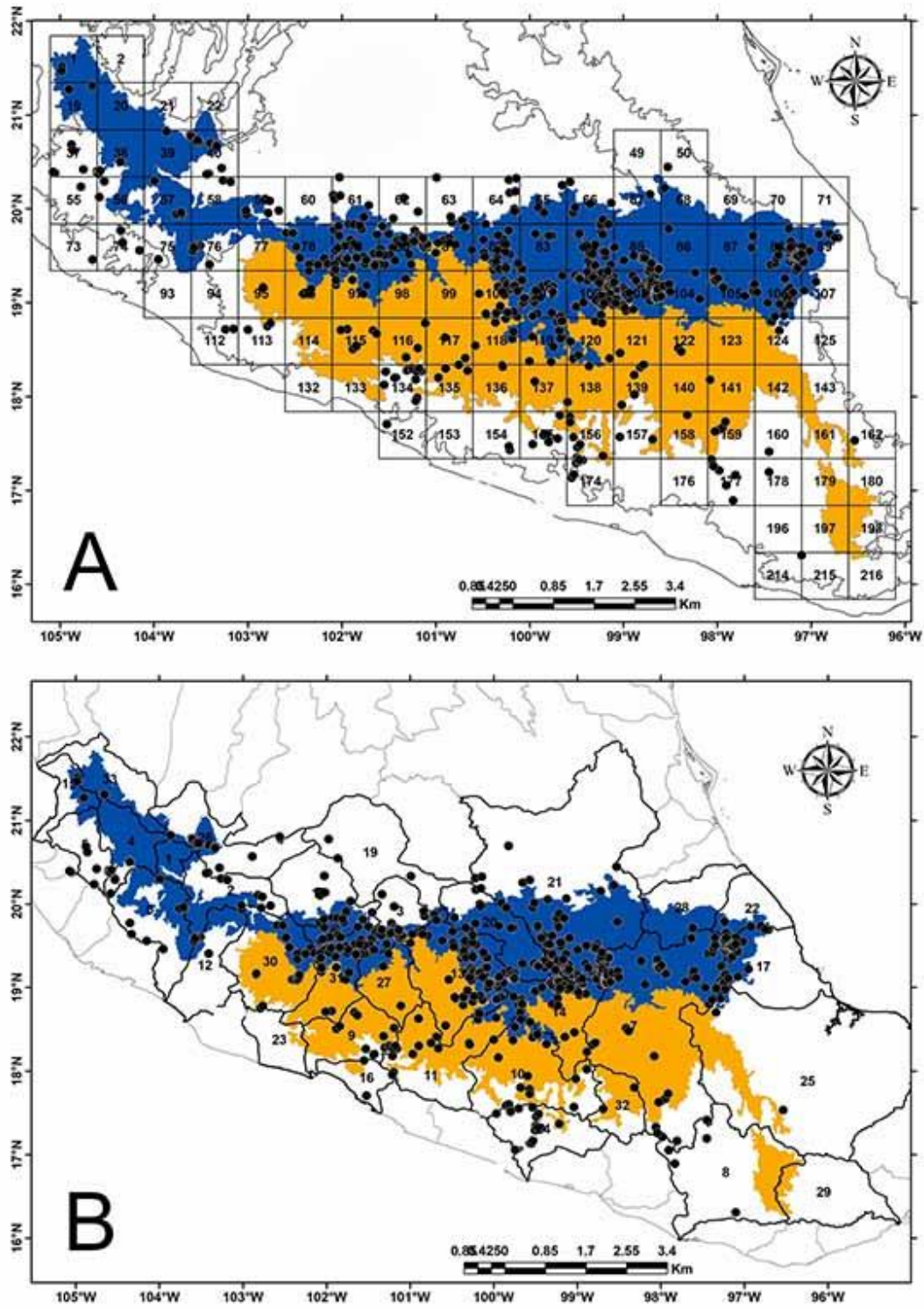


Figure 1. Collecting localities of 151 species of Asteraceae endemic to the BB (orange) and TVB (blue). The study area was divided in grid-cells of 30' latitude and longitude (A) and according to the hydrological basins (B).

hydrological sub-basins (Conabio, 1998) in which these provinces are encompassed. The sub-basins were used in order to know if the Asteraceae endemism patterns are maintained in the geographic space, regardless of the size or scale of areas used in the analysis. The use of hydrological sub-basins allows to circumscribe more naturally the distribution of endemic Asteraceae species to the BB and TVB provinces, constituting predefined areas of endemism that allow determining the relationships between the areas (Morrone, 2014b).

In this way, 216 grid-cells of 30' latitude and longitude were obtained (with an approximate area of 3,000 km²), of which only 53 grids-cells contained records of endemic species of Asteraceae. In addition, both provinces correspond to 33 hydrological sub-basins, 27 of them with information about endemic species (Fig. 1, Table 1). The grid-cell size used was determined following the strategy of Suárez-Mota et al. (2013), based on IUCN recommendations (IUCN, 2012), and representing about 10% of the total distance between the extreme points of the total surface under study.

We analyzed the distribution data of 148 species of Asteraceae endemic both to BB and TVB. Of these species, 79 are distributed only in TVB, 39 occur only in BB and 30 are shared between both provinces (Table 2). To carry out the analyses, the collection records occurring within a maximum distance of 2 contiguous cells (approximately 111 km), out of the study biogeographic provinces limits were considered, with the aim of including the full records of the endemic species in order to fulfill their complete distribution. The information about the species and their collection sites come from the personal database of one of the authors (JLV), although most of the records are available in public data bases, such as GBIF (www.gbif.org), UNIBIO of the Instituto de Biología, UNAM (www.unibio.unam.mx), and SNIB of the Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio, www.conabio.gob.mx). However, the database and matrices with which this study was carried out will be available from the authors upon request. In total, 901 unique records were evaluated, to which geographic coordinates were assigned when the records lacked them, in addition to corroborating that the georeferenced records were within the biogeographic provinces analyzed or no more than 2 cells away from them.

The EA was performed using NDM/VNDM version 3.0 (Szumik & Goloboff, 2004), which uses an optimality criterion and calculates an endemism index (*E*), that takes into account the number of endemics and the distributional restriction of the taxa in a given area. In this way, areas with a higher index value are postulated as areas of endemism (Escalante, 2009, 2015; Szumik & Goloboff, 2004; Szumik

Table 1

Hydrological sub-basins occurring within of the BB and the TVB.

Identifer	Hydrological subbasin
1	La Vega-Cocula
2	Lago Chapala
3	Lago de Pátzcuaro-Cuitzeo y Lago de Yuriria
4	Río Ameca-Atenguillo
5	Río Ameca-Ixtapa
6	Río Armería
7	Río Atoyac-A
8	Río Atoyac-B
9	Río Balsas-Infiernillo
10	Río Balsas-Mezcala
11	Río Balsas-Zirándalo
12	Río Coahuayana
13	Río Cutzamala
14	Río Grande de Amacuzac
15	Río Huicicila-San Blas
16	Río Ixtapa y otros
17	Río Jamapa y otros
18	Río Lerma-Chapala
19	Río Lerma-Salamanca
20	Río Lerma-Toluca
21	Río Moctezuma
22	Río Nautla y otros
23	Río Nexpe y otros
24	Río Papagayo
25	Río Papaloapan
26	Río Santiago Guadalajara
27	Río Tacámbaro
28	Río Tecoluitla
29	Río Tehuantepec
30	Río Tepalcatepec
31	Río Tepalcatepec-Infiernillo
32	Río Tlapaneco
33	Santiago-Aguamilpa

et al., 2002). Individually, a taxon will have a maximum *e* value (= 1) if it is present in all the grid-cells evaluated; on the contrary, if the taxon is found only in 1 or few of the evaluated cells, the *e* value will be lower. The value of *E* depends on the number of taxa included in the study area; that is, the more taxa that are considered endemic (high

Table 2

Species of Asteraceae endemic to the BB and the TVB biogeographic provinces analyzed in this study.

	Species*	Endemic	
		BB	TVB
1	<i>Acourtia lepidopoda</i> (B.L. Rob.) Reveal & R.M. King	X	X
2	<i>Acourtia michoacana</i> (B.L. Rob.) Reveal & R.M. King	X	X
3	<i>Acourtia pringlei</i> (B.L. Rob. & Greenm.) Reveal & R.M. King		X
4	<i>Ageratina arsenei</i> (B.L. Rob.) R.M. King & H. Rob.		X
5	<i>Ageratina colimana</i> B.L. Turner		X
6	<i>Ageratina enixa</i> (B.L. Rob.) R.M. King & H. Rob.		X
7	<i>Ageratina iltisii</i> B.L. Turner		X
8	<i>Ageratina jocotepecana</i> B.L. Turner		X
9	<i>Ageratina lasia</i> (B.L. Rob.) R.M. King & H. Rob.	X	X
10	<i>Ageratina moorei</i> B.L. Turner		X
11	<i>Ageratina neohintoniorum</i> B.L. Turner	X	X
12	<i>Ageratina pendula</i> Panero & Villaseñor	X	
13	<i>Ageratina perezii</i> B.L. Turner		X
14	<i>Ageratina photina</i> (B.L. Rob.) R.M. King & H. Rob.	X	X
15	<i>Ageratina spooneri</i> B.L. Turner		X
16	<i>Ageratum platypodium</i> B.L. Rob.		X
17	<i>Aldama subcanescens</i> (S.F. Blake) E.E. Schill. & Panero		X
18	<i>Alloispermum longiradiatum</i> (Urbatsch & B.L. Turner) B.L. Turner	X	
19	<i>Archibaccharis simplex</i> S.F. Blake		X
20	<i>Archibaccharis veracruzana</i> G.L. Nesom		X
21	<i>Astranthium laetificum</i> De Jong		X
22	<i>Astranthium reichei</i> Rzed.		X
23	<i>Baccharis erosoricola</i> Rzed.		X
24	<i>Baccharis macrocephala</i> Sch. Bip. ex Greenm.		X
25	<i>Bidens colimana</i> Melchert		X
26	<i>Bidens gracillima</i> Sherff	X	
27	<i>Bidens gypsophila</i> Miranda	X	
28	<i>Bidens hintonii</i> (Sherff) Melchert	X	
29	<i>Bidens ocellatus</i> (Greenm.) Melchert	X	X
30	<i>Bidens pringlei</i> Greenm.	X	X

Table 2. Continued

	Species*	Endemic	
		BB	TVB
31	<i>Bidens purpurorum</i> Bitter & Petersen		X
32	<i>Brickellia huahuapana</i> B.L. Turner	X	
33	<i>Brickellia jimenezii</i> Hinojosa & Cruz-Durán	X	
34	<i>Brickellia leonis</i> Rzed. & Calderón		X
35	<i>Brickellia serboana</i> B.L. Turner	X	
36	<i>Carminatia papagayana</i> B.L. Turner	X	
37	<i>Cirsium cernuum</i> Lag.		X
38	<i>Cirsium jorullense</i> (Kunth) Spreng.		X
39	<i>Cirsium liebmannii</i> (Sch. Bip. ex Klatt) Petr.		X
40	<i>Cirsium lomatolepis</i> (Hemsl.) Petr.		X
41	<i>Cirsium nivale</i> (Kunth) Sch. Bip.		X
42	<i>Cirsium pascuarensense</i> (Kunth) Spreng.		X
43	<i>Coreocarpus ixtapanus</i> B.L. Turner	X	X
44	<i>Cosmos deficiens</i> (Sherff) Melchert		X
45	<i>Cosmos jaliscensis</i> Sherff		X
46	<i>Cosmos landii</i> Sherff		X
47	<i>Cosmos longipetiolatus</i> Melchert		X
48	<i>Cosmos nitidus</i> Paray	X	
49	<i>Cosmos pseudoperfoliatus</i> Art. Castro, Harker & Aarón Rodr.		X
50	<i>Cosmos ramirezianus</i> Art. Castro, Harker & Aarón Rodr.		X
51	<i>Chaptalia hintonii</i> Bullock	X	X
52	<i>Chionolaena lavandulifolia</i> (Kunth) Benth. & Hook. f. ex B.D. Jacks.		X
53	<i>Chrysanthellum involutum</i> Paul G. Wilson	X	
54	<i>Dahlia barkeriae</i> Knowles & Westc.		X
55	<i>Dahlia brevis</i> P.D. Sorensen		X
56	<i>Dahlia parvibracteata</i> Saar & P.D. Sorensen	X	X
57	<i>Dahlia rudis</i> P.D. Sorensen		X
58	<i>Davilanthus huajuapanus</i> (Panero & Villaseñor) E.E. Schill. & Panero	X	
59	<i>Davilanthus veracruzanus</i> B.L. Turner		X
60	<i>Dendroviguiera guerrerana</i> (Panero & E.E. Schill.) E.E. Schill. & Panero	X	
61	<i>Dendroviguiera mirandae</i> (Panero & E.E. Schill.) E.E. Schill. & Panero	X	X
62	<i>Dendroviguiera splendens</i> (Panero & E.E. Schill.) E.E. Schill. & Panero	X	X

Table 2. Continued

Species*	Endemic	
	BB	TVB
63 <i>Electranthera nutica</i> (DC.) Mesfin, D.J. Crawford & Pruski		X
64 <i>Eremosis solorzanoana</i> (Rzed. & Calderón) Pruski		X
65 <i>Erigeron annuactis</i> G.L. Nesom		X
66 <i>Erigeron morelensis</i> Greenm.		X
67 <i>Eryngiophyllum pinnatisectum</i> Paul G. Wilson	X	
68 <i>Flaveria kochiana</i> B.L. Turner	X	
69 <i>Grindelia nelsonii</i> Steyerm.		X
70 <i>Grindelia sublanuginosa</i> Steyerm.		X
71 <i>Guardiola pappifera</i> Paul G. Wilson	X	
72 <i>Guardiola thompsonii</i> Van Faasen	X	X
73 <i>Gutierrezia dumalii</i> (Speng.) G.L. Nesom	X	X
74 <i>Heliopsis brachactis</i> Standl. ex T.R. Fisher	X	
75 <i>Hymenostephium woronowii</i> (S.F. Blake) E.E. Schill. & Panero	X	X
76 <i>Hymenothrix greenmanii</i> (Heiser) B.L. Turner	X	
77 <i>Jaegeria robustior</i> Rzed.	X	X
78 <i>Jaegeria sterilis</i> McVaugh		X
79 <i>Lagascea heteropappus</i> Hemsl.	X	X
80 <i>Lasianthaea squarrosa</i> (Greenm.) K.M. Becker	X	
81 <i>Leiboldia guerreroana</i> (S.B. Jones) H. Rob.	X	
82 <i>Liabellum hintoniorum</i> (B.L. Turner) H. Rob.	X	
83 <i>Mexerion sarmentosum</i> (Klatt) G.L. Nesom	X	X
84 <i>Microspermum debile</i> Benth.		X
85 <i>Microspermum flaccidum</i> Paul G. Wilson	X	X
86 <i>Nelsonianthus tapianus</i> (B.L. Turner) C. Jeffrey		X
87 <i>Neurolaena balsana</i> B.L. Turner	X	
88 <i>Oritrophium orizabense</i> G.L. Nesom		X
89 <i>Pectis exilis</i> D.J. Keil	X	
90 <i>Pectis holochaeta</i> (S.F. Blake) D.J. Keil	X	
91 <i>Pectis leavenworthii</i> Standl.	X	
92 <i>Perymenium episcopale</i> J.J. Fay	X	
93 <i>Perymenium garciaruzii</i> Rzed.		X
94 <i>Perymenium ibarrarum</i> Rzed. & Calderón		X
95 <i>Perymenium paneroi</i> B.L. Turner		X

Table 2. Continued

Species*	Endemic	
	BB	TVB
96 <i>Perymenium reticulatum</i> J.J. Fay		X
97 <i>Perymenium rognacvaughii</i> Rzed. & Calderón	X	
98 <i>Philactis fayi</i> A.M. Torres		X
99 <i>Piqueria glandulosa</i> B.L. Turner	X	X
100 <i>Porophyllum warnockii</i> R.R. Johnson	X	X
101 <i>Psacalium hintonii</i> (Pippen) H. Rob. & Brettell		X
102 <i>Psacalium matudae</i> H. Rob. & Brettell	X	X
103 <i>Psacalium napellifolium</i> (Schauer) H. Rob. & Brettell		X
104 <i>Pseudognaphalium altamiranum</i> (Greenm.) Anderb.		X
105 <i>Pseudognaphalium oxyphyllum</i> (DC.) Kirp.		X
106 <i>Roldana glinophylla</i> H. Rob. & Brettell	X	
107 <i>Roldana hederifolia</i> (Hemsl.) H. Rob. & Brettell	X	X
108 <i>Roldana hintonii</i> H. Rob. & Brettell		X
109 <i>Rumfordia revealii</i> H. Rob.	X	
110 <i>Selloa plantaginea</i> Kunth		X
111 <i>Senecio mulgediifolius</i> S. Schauer		X
112 <i>Senecio orizabensis</i> Sch. Bip. ex Hemsl.		X
113 <i>Senecio procumbens</i> Kunth		X
114 <i>Senecio roseus</i> Sch. Bip.		X
115 <i>Simsia tenuis</i> (Fernald) S.F. Blake	X	
116 <i>Stevia cordifolia</i> Benth.		X
117 <i>Stevia hintonii</i> (Grashoff) B.L. Turner	X	
118 <i>Stevia hypomalaca</i> B.L. Rob.	X	X
119 <i>Stevia macvaughii</i> Grashoff		X
120 <i>Stevia mascotensis</i> Soejima & Yahara		X
121 <i>Stevia mitopoda</i> B.L. Rob.	X	
122 <i>Stevia totalcoana</i> B.L. Turner		X
123 <i>Stevia vernicosa</i> Greenm.		X
124 <i>Tridax trilobata</i> (Cav.) Hemsl.	X	X
125 <i>Trigonospermum alexandri</i> Rzed., Calderón & Pérez-Calix		X
126 <i>Trigonospermum auriculatum</i> B.L. Turner	X	
127 <i>Trixis alata</i> D. Don	X	
128 <i>Verbesina calzadae</i> Panero & Villaseñor	X	
129 <i>Verbesina cuautlensis</i> McVaugh		X

Table 2. Continued

Species*	Endemic	
	BB	TVB
130 <i>Verbesina fusiformis</i> McVaugh		X
131 <i>Verbesina juxtlahuacensis</i> Panero & Villaseñor	X	
132 <i>Verbesina linearis</i> (McVaugh) B.L. Turner		X
133 <i>Verbesina machucana</i> B.L. Turner		X
134 <i>Verbesina paneroi</i> B.L. Turner		X
135 <i>Verbesina pietatis</i> McVaugh	X	X
136 <i>Verbesina pterocaula</i> DC.	X	X
137 <i>Verbesina reyesii</i> Panero & Villaseñor	X	
138 <i>Verbesina seatonii</i> S.F. Blake		X
139 <i>Verbesina stenophylla</i> Greenm.	X	X
140 <i>Verbesina villasenorii</i> B.L. Turner	X	
141 <i>Verbesina xicoana</i> B.L. Turner		X
142 <i>Viguiera moreliana</i> B.L. Turner		X
143 <i>Viguiera sultepecana</i> Paray	X	
144 <i>Viguiera tepoxtlensis</i> Paray	X	X
145 <i>Villanova achillaeoides</i> (Less.) Less.		X
146 <i>Wedelia cordiformis</i> McVaugh		X
147 <i>Wedelia keilii</i> B.L. Turner	X	X
148 <i>Wedelia simsoides</i> McVaugh		X

* The database and matrices with which this table was built will be available from the authors upon request.

e values), the greater the value of *E* (Noguera-Urbano & Escalante, 2015; Szumik & Goloboff, 2004). EA requires that the study area is divided into grids previously defined by the user. In this way, the areas (sets of grid-cells) that are congruent with the distribution of as many species as possible are evaluated (Munguia-Lino et al., 2016). The surface of BB and TVB, as well as the surface of the hydrological sub-basins that include these provinces, were divided into grid-cells of 30' latitude and longitude (Fig. 1). In summary, NDM/VNDM generated 216 cells for both provinces and 242 cells considering hydrological sub-basins.

NDM/VNDM also requires a list of species with their respective geographic coordinates. Such a list is automatically transformed into a matrix of presences (1) and absences (0) with respect to each of the grid-cells of the study area (Szumik & Goloboff, 2004; Szumik et al., 2002). The configuration of the program was carried out following the recommendations of Munguia-Lino et al.

(2016). The areas of endemism were selected using the search ran 1,000 times and keeping overlapping as subsets when 98% of species superposition was recorded as unique; in addition, the edge effect was activated. From the subsets of areas obtained, those species with a minimum score of 0.6 were chosen and the consensus of these selected areas were calculated considering 30% species similarity under a strict consensus.

To carry out the PAE, a matrix of 151 species (columns) by 53 grid-cells (rows) was generated. For the analysis using hydrological sub-basins a matrix of 148 species (columns) by 27 sub-basins (rows) was generated. Once the matrices were prepared, they were introduced into the TNT (Goloboff & Catalano, 2016) program to generate the PAE, instructing the program to carry out the analysis through a Wagner network, with a value of 10 in the random seed and to perform 100 replicas. The rest of the parameters were assigned by default. The cladograms obtained with the TNT program were saved and a strict consensus visualized with Winclada 1.00.08 (Nixon, 2002). Results were represented as maps using ArcMap 10.1 (ESRI, 2010).

Results

Areas of endemism identified with the EA by grid-cells

The analysis based on grid-cells identified 8 areas of endemism and 7 consensus areas located along the TVB and towards the central and east of the BB (Table 3, Fig. 2). The endemicity index (*E*) values vary from 1.8 to 4.63 and 25 species (16.5% from total) showed high *e* values, characterizing such areas of endemism (Table 3). Figure 2 shows the placement of the consensus areas, which are described as follows:

Western TVB. In the western portion of the TVB coincided 2 consensus areas (2 and 3), including 9 grid-cells supported by 7 TVB strict endemic species (*Ageratina jocotepecana* B.L. Turner, *Ageratum platypodium* B.L. Rob., *Cosmos ramirezianus* Art. Castro, Harker & Aarón Rodr., *C. deficiens* (Sherff) Melchert, *C. longipetiolatus* Melchert, *Grindelia sublanuginosa* Steyerl., and *Stevia mascotensis* Soejima & Yahara).

Central-Eastern TVB. In this area coincided 3 consensus areas (4, 5 and 7), which included 17 grid-cells located at central and eastern TVB. This area is supported by 13 species, 7 of them TVB strict endemics, 1 BB strict endemic, and 5 shared by both provinces (Table 3).

Central BB. This area comprises 6 consensus areas including 5 grid-cells situated at the central part of BB and is supported by 2 strict endemic species to this province (*Chrysanthellum involutum* Paul G. Wilson and *Eryngiophyllum pimatisectum* Paul G. Wilson).

Eastern BB. This area includes one consensus area comprising 5 grid-cells located in the eastern part of BB and is supported by 3 strict endemic species of this province: *Dendroviguiera guerrerana* (Panero & E.E. Schill.) E.E. Schill. & Panero, *Lasiantha squarrosa* (Greenm.) K.M. Becker, and *Stevia mitopoda* B.L. Rob.

Areas of endemism identified with the EA by hydrological sub-basins

The analysis based on hydrological sub-basins revealed the occurrence of 5 areas of endemism and 5 consensus areas (Table 3, Fig. 2B). The Endemicity index values vary from 2.23 to 3.63 and 18 species characterizing such areas of endemism showed high *e* values (Fig. 2B). Figure 2 displays the placement of the consensus areas, which are described as follows:

Eastern-Central area. This area includes 16 grid-cells located in the eastern-central part of the study area and comprises 3 consensus areas (1, 3 and 4). Such grids comprise part of 11 hydrological sub-basins (Río Atoyac-A, Río Balsas-Mezcala, Río Grande de Amacuzac, Río Moctezuma, as well as small parts of the Río Balsas-Zirándalo, Río Cutzamala, Río Jamapa, Río Lerma-Toluca, Río Papagayo, Río Tecolutla and Río Tlapaneco [Fig. 2B]). Eleven species defining this consensus area of which 4 are strict endemics of the TVB, 3 are strict endemics of BB and 4 are shared by both provinces (Table 3).

Western-Central area. This area includes 9 cell grids located at the western-central portion of the study area and comprises 2 consensus areas (2 and 5). These grid cells occupy parts of 10 hydrological sub-basins (Lago de Pátzcuaro-Cuitzeo and Lago de Yuriria, Río Coahuayana, Río Lerma-Chapala, Río Tepalcatepec, Río Tepalcatepec-Infiernillo, as well as small parts of the Río Cutzamala, Río Lerma-Salamanca, Río Lerma-Toluca, Río Nexpe, and Río Tacámbaro). The area is supported by 7 species, 4 of them TVB strict endemics (*Astranthium laetificum* De Jong, *Brickellia leonis* Rzed. & Calderón, *Eremosis solorzanoana* (Rzed. & Calderón) Pruski, and *Viguiera moreliana* B.L. Turner), 2 BB strict endemics (*Pectis leavenworthii* Standl. and *Roldana glinophylla* H. Rob. & Brettell) and 1 distributed both in BB and TVB (*Acourtia michoacana* (B.L. Rob.) Reveal & R.M. King).

Areas of endemism identified with PAE by grid-cells

A number of 50 equally parsimonious trees based on 151 species and 87 grid-cells were obtained, all them with a TBR score of 194 (Fig. 3A). The strict consensus of these trees recovered a single area of endemism with 4 exclusive species (Fig. 2C). This area records 4 TBV strict endemic species (*Cosmos deficiens*, *C. jaliscensis*, *C. longipetiolatus*, and *Stevia mascotensis*). In addition,

the analysis showed 1 candidate grid-cell to be considered a "micro-area of endemism" because it contains at least 2 TBV strict endemic species (*Cosmos ramirezianus* and *Grindelia sublanuginosa*) (Table 4, Fig. 2C). This micro-area of endemism is located at the western part of the province, close to the previous area of endemism (Fig. 2C).

Areas of endemism identified with PAE by hydrological sub-basins

The PAE analysis using the 27 sub-basins resulted in 100 parsimonious trees, recovering 3 areas of endemism supported by 7 endemic species (Table 4, Fig. 3B). One area of endemism is located in the western section of the studied region, corresponding to the Río Ameca-Atenguillo and Río Ameca-Ixtapa sub-basins (Fig. 2D). Both basins share 2 TBV strict endemic species (*Cosmos jaliscensis* and *C. longipetiolatus*). A second area of endemism comprises 2 sub-basins placed at the western-central portion, corresponding to the Río Tepalcatepec and Río Tepalcatepec-Infiernillo sub-basins (Fig. 2D); this area is supported by 3 species, 2 of them BB strict endemics (*Pectis leavenworthii* and *Simsia tenuis*) and 1 shared by both biogeographic provinces (*Piqueria glandulosa*) (Table 4). Finally, at the middle of the analyzed sub-basins, is located the third area of endemism, forming part of the Río Cutzamala and Río Grande de Amacuzac sub-basins, supported by 2 endemic species distributed both in BB and TVB provinces (Table 4; Fig. 2D).

Discussion

The BB and TVB biogeographic provinces have been recognized as rich in Asteraceae endemic species restricted to them. Rodríguez-Jiménez et al. (2005) reported 48 endemic species to BB, while Rzedowski (2020) reported 116 endemic species to TVB. A critical review of the endemism in both provinces updated the figures to 39 for the former and 79 for the latter (Table 2). Several discrepancies among the species included in this paper and those former publications will be evident; taxonomic changes, but especially as result of recent fieldwork and species formerly considered strict endemics to one province, are now recorded as part of a wider area. An example of changes in taxonomic circumscription is *Wedelia cronquistii* B.L. Turner, a species accepted by Rzedowski (2020) but now considered a synonym of *W. greenmanii* B.L. Turner by Strother (1991), a species reaching northern Mexico in its distribution. One example of endemic species of wider distribution is *Coreopsis rhyacophila* Greenm., cited by Rodríguez-Jiménez et al. (2005) as endemic to BB, but known to occur at the Sierra

Table 3

Consensus areas identified by the endemism analysis using the species of Asteraceae endemic to the BB and the TVB. First the results using the grids-cells are indicated and later those obtained using the hydrological sub-basins.

Grid-cells of the TVB				
Consensus area		Number of species defining the area	Maximum score	Endemic species and endemism value (e)
Western	2	3	2.5	<i>Cosmos deficiens</i> (0.750) <i>Cosmos longipetiolatus</i> (0.750) <i>Stevia mascotensis</i> (0.750)
	3	4	3.05	<i>Ageratina jocotepecana</i> (0.7) <i>Ageratum platypodum</i> (0.7) <i>Cosmos ramirezianus</i> (0.7) <i>Grindelia sublanuginosa</i> (0.7)
Central-Eastern	4	4	3.38	<i>Ageratina enixa</i> (0.658) <i>Chionolaena lavandulifolia</i> (0.848) <i>Senecio procumbens</i> (0.875) <i>Senecio roseus</i> (0.759)
	5	7	4.63	<i>Bidens ocellatus</i> (0.750) <i>Cosmos nitidus</i> (0.833) <i>Dahlia rudis</i> (0.694) <i>Gutierrezia dunalii</i> (0.875) <i>Roldana hintonii</i> (0.833) <i>Stevia hypomalaca</i> (0.833) <i>Viguiera tepoxtlensis</i> (0.750)
	7	2	1.8	<i>Verbesina pietatis</i> (0.750) <i>Viguiera moreliana</i> (0.8)
Grid-cells of the BB				
Central	6	2	1.95	<i>Chrysanthellum involutum</i> (1.0) <i>Eryngiophyllum pinnatisectum</i> (0.7) <i>Dendroviguiera guerrerana</i> (0.7)
Eastern	1	3	2.42	<i>Lasianthaea squarrosa</i> (0.771) <i>Stevia mitopoda</i> (0.7)
Hydrological subbasins				
Eastern-Central	1	5	3.63	<i>Acourtia lepidopoda</i> (0.635) <i>Ageratina photina</i> (0.667) <i>Bidens ocellatus</i> (0.667) <i>Gutierrezia dunalii</i> (0.750) <i>Senecio mulgediifolius</i> (0.667)
	3	3	2.55	<i>Dendroviguiera guerrerana</i> (0.7) <i>Lasianthaea squarrosa</i> (0.9) <i>Stevia mitopoda</i> (0.7)
	4	3	2.23	<i>Baccharis macrocephala</i> (0.688) <i>Cirsium lomatolepis</i> (0.688) <i>Senecio procumbens</i> (0.609)
Western-Central	2	3	2.32	<i>Acourtia michoacana</i> (0.786) <i>Pectis leavenworthii</i> (0.643) <i>Roldana glinophylla</i> (0.643)
	5	4	3.30	<i>Astranthium laetificum</i> (0.833) <i>Brickellia leonis</i> (0.833) <i>Eremosis solorzanoana</i> (0.694) <i>Viguiera moreliana</i> (0.694)

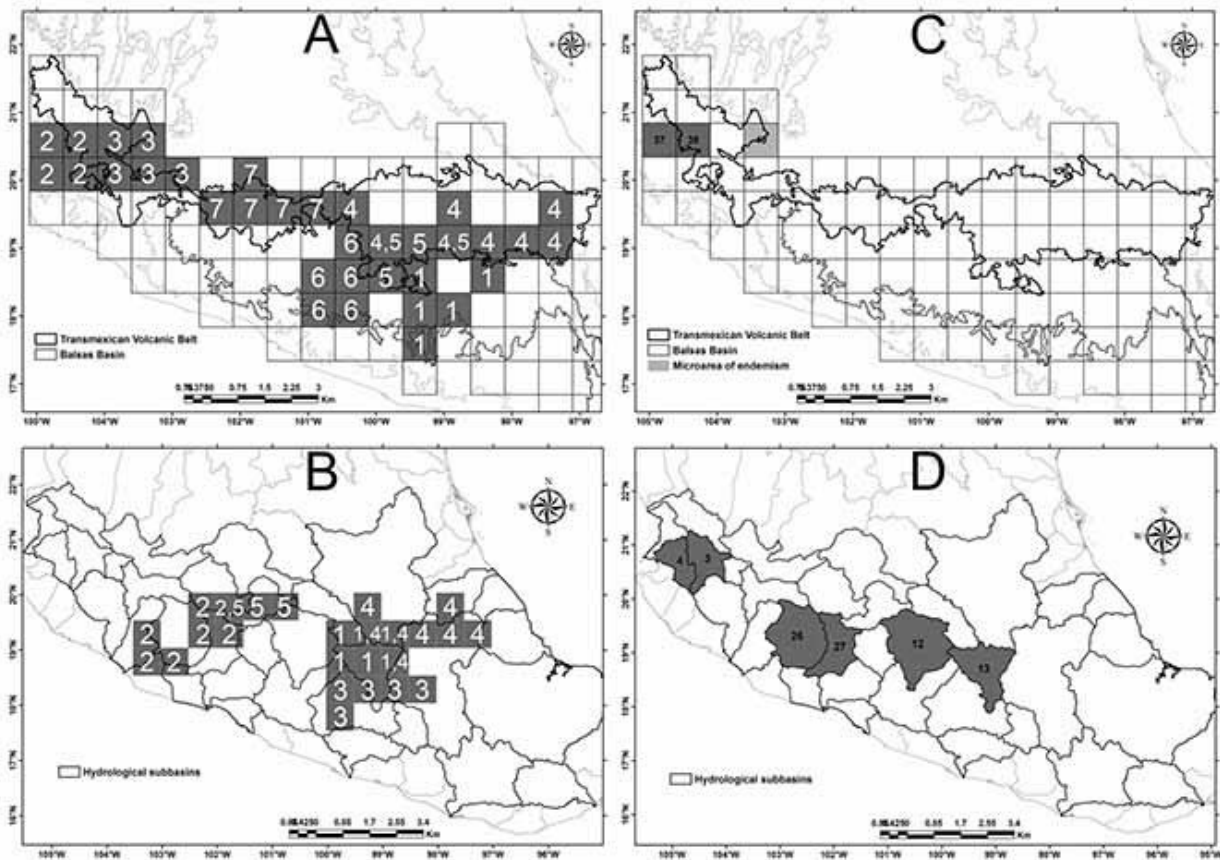


Figure 2. Areas of endemism identified in the biogeographic provinces BB and TVB. A and B show the results obtained with the endemicity analysis (EA) and C and D those obtained with the parsimony analysis of endemicity (PAE). In some cases, there is spatial coincidence between the areas of endemism, for which the overlapping areas are indicated separated by a “comma”.

Table 4

Areas of endemism and micro-endemism (*) identified with a parsimony analysis of endemicity (PAE) of the BB and the TVB. The species supporting the areas of endemism are also indicated.

Areas of endemism by grids		
Grid cell	Number of species	Endemic species
37, 38	4	<i>Cosmos deficiens</i> , <i>C. jaliscensis</i> , <i>C. longipetiolatus</i> , <i>Stevia mascotensis</i>
40*	2	<i>Cosmos ramirezianus</i> , <i>Grindelia sublanuginosa</i>
Areas of endemism by hydrological subbasins		
Endemism area	Number of species	Endemic species
Río Ameca-Atenguillo and Río Ameca-Ixtapa	2	<i>Cosmos jaliscensis</i> , <i>C. longipetiolatus</i>
Río Cutzamala And Río Grande de Amacuzac	2	<i>Acourtia lepidopoda</i> , <i>Porophyllum warnockii</i>
Río Tepalcatepec and Río Tepalcatepec-Infiernillo	3	<i>Pectis leavenworthii</i> , <i>Piqueria glandulosa</i> , <i>Simsia tenuis</i>

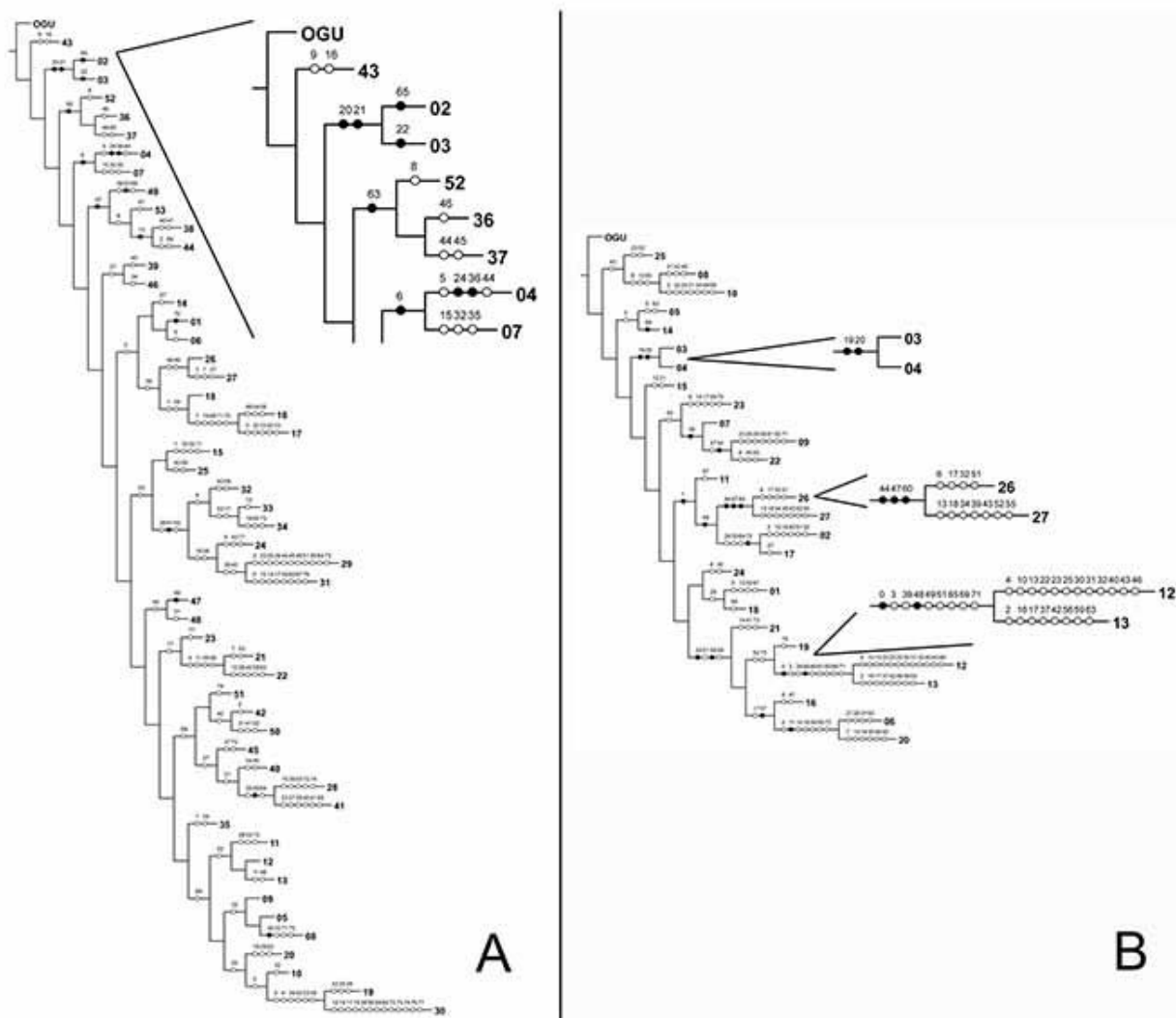


Figure 3. Cladograms obtained with the parsimony analysis of endemism (PAE) rooted on Operative Geographic Units (OGU's). A) Strict consensus from 50 equally parsimonious trees using 87 grid-cells. A close-up of the branches of interest is shown on the right. B) The tree obtained using the 30 hydrological sub-basins. A close-up of the branches of interest is shown on the right. In bold the species restricted to the grid-cells are indicated; the white circles represent homoplasy. Above the branches the numerical identifier of the species as cited in Table 1 are shown.

Madre Oriental and the xerophytic regions of Hidalgo and Querétaro.

TVB is a mountain chain covered mostly by temperate forests (*Pinus*, *Pinus-Quercus*, and *Quercus* forests) and in some protected ravines the occurrence of humid mountain forests is also recorded (Flores & Gerez, 1994; Rzedowski, 1978). Species of Asteraceae are favored by the presence of such biomes, concentrating the greatest proportion of endemic species. In contrast, only 39 species distribute exclusively in the Balsas Basin, which is predominantly covered by seasonally dry tropical forests (Fernández-

Nava et al., 1998; Pineda-García et al., 2007; Rodríguez-Jiménez et al., 2005). A non-negligible number of endemic species (30) is shared between both provinces, without a clearly defined ecological preference (Table 2).

Relations between areas of endemism by AE and PAE

Even using the same data of the Asteraceae species endemic to the biogeographic provinces under study, differences were obtained both in the EA and in the PAE, in the number of areas of endemism identified as well as in the number of species that support them (Morrone, 2014b).

However, both methods identified areas of endemism in the western portion of the TVB, when carrying out the EA by cells (Fig. 2A), and when analyzing the data with the PAE by cells and hydrological sub-basins (Fig. 2C, D). It should be noted that Estrada-Márquez et al. (2020) mentioned that the volcanic activity of the TVB has occurred asynchronously along its surface, beginning in its western portion and continuing more recently to the east, highlighting it as an older area in the TVB, a region in which both methods identified the areas of endemism previously indicated.

Particularly, endemism analysis with both grid-cells and hydrological sub-basins, revealed important sites as areas of endemism. Although they are not characterized by a large number of species (Table 3), they show coincidences in specific areas at the center and west of the study area, specifically in the portion corresponding to the TVB (Fig. 2A, B). PAE identified a single area of endemism based on grid-cells division; however, the analysis carried out allowed to identify one so-called micro-area of endemism, which contains 2 endemic species not shared with contiguous grid-cells. This micro-area is located at the western portion of the study area, near to the only identified area of endemism through the PAE (Fig. 2C).

Areas of endemism in the Transmexican Volcanic Belt province

The placement of most of the areas of endemism towards the eastern portion of the TVB, coincides with other results, for example those obtained by Gámez et al. (2012) studying the mastofauna of the region. Similar results were reported by Villaseñor et al. (2006) with mosses and Senecios (*Asteraceae*). The high richness localities identified by these authors show important geographic congruence with the areas of endemism identified in this study. The areas of endemism here found are included within the East biogeographic district proposed by Escalante et al. (2007) based on mammal data.

At the western and central portions of the TVB, the areas of endemism identified form part of those found by Estrada-Márquez et al. (2020) with a set of Magnoliophyta species. These authors identified such areas of endemism towards the center of the country, particularly in the BB and TVB provinces, and highlighted the relevance of *Asteraceae* species in identifying them. Likewise, Rodríguez et al. (2018) pointed out the existence of areas of endemism and centers of high species richness for several groups of angiosperms in the western portion of TVB, coinciding several of them with the areas of endemism found in this study. In the same way, the regions of high vascular plant species richness found by Rzedowski (2020) in Jalisco and Michoacán, coincide with the areas of endemism here

identified. In summary, the Transmexican Volcanic Belt has been recognized as an area rich in endemic mammals and other groups (Ceballos & Navarro, 1991), as well as a center of diversification, endemism and biogeographic transition (Gámez et al., 2012). Similarly, Villaseñor and Ortiz (2007), studying the family *Asteraceae*, coincide that the TVB is a center of diversity and endemism for the family.

Areas of endemism in the Balsas Basin province

Our results support previous findings, pointing out the central-eastern portion of the BB as an important area of endemism. In a similar way, the studies of Castro-Torreblanca et al. (2014) with birds reported the eastern region as of the 3 highest species concentration centers. Rodríguez-Jiménez et al. (2005) pointed out that states that concentrate more than 50% of BB's endemic vascular plant species are Guerrero, Estado de México and Michoacán, which coincide in part with the area of endemism identified in this region. Montañó-Arias et al. (2018) discussed the high endemism values found in the tropical dry forests of the western portion of the BB. The BB areas of endemism found in this study agree with such statement, placing the western part of the BB as the richest in endemic species. Finally, the areas of endemism found towards the central portion of BB coincide with the results of Sosa and De-Nova (2012), who identified one area of endemism towards the center of the BB province based on a set of Mexican angiosperm species.

Natural Protected Areas and areas of endemism

Within the study area, 45 Natural Protected Areas (NPAs) include all or part of their territory, 35 in the TVB, 5 to the BB and 5 sharing surfaces between both provinces (Table 5, Fig. 4). Most of the NPAs are located towards the center and east of the TVB, while in BB a single area is located towards its west part and the other concentrated towards its east portion (Fig. 4). The areas of endemism identified with both EA and PAE indicate that 38 NPAs include portions of the endemism areas (Table 5).

Based on the EA by grid-cells, 33 NPAs matched with them, while for the analysis using hydrological subbasins, 29 NPAs matched with their surface (Table 5). In contrast, the area of endemism identified with PAE using grid cells, as well as the micro-area of endemism matched with 2 NPAs; the same analysis based on hydrological subbasins matched with 19 NPAs (Table 5). A figure of 14 NPAs coincided in 3 out of 4 analyses carried out to identify the areas of endemism (Table 5); among them stand out the Corredor Biológico Chichinautzin, El Tepozteco, Insurgente José María Morelos, Sierra de Huautla and Z.P.F.T.C.C. de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tlilostoc y Temascaltepec (Table 5).

Table 5

Natural Protected Areas (NPAs) including part of the areas of endemism identified with the endemicity analysis (EA) and the parsimony analysis of endemicity (PAE). The asterisks indicate if it is an NPA of the TVB (*), the BB (**), the BB (***) or share part of both (***).

	Natural protected areas	Areas of endemism by EA		Areas of endemism by PAE		Total areas of endemism
		Grid-cells	Hydrological sub-basins	Grid-Cells	Hydrological sub-basins	
1	*Barranca de Metztitlán					0
2	*Barranca del Cupatitzio	7	2		26, 27	3
3	**Boquerón de Tonalá					0
4	*Bosque de la Primavera	4			12, 13	2
5	*C.A.D.N.R. 043 Estado de Nayarit	2, 3		37, 38	4, 3	3
6	*Cañón del Río Blanco	4				1
7	*Cerro de Garmica	7	5		12, 13	3
8	*Cerro de La Estrella	4, 5	1, 4			2
9	*Ciénegas del Lerma	5	1, 4			2
10	*Cofre de Perote o Nauhcampatépetl	4	4			2
11	***Corredor Biológico Chichinautzin	4, 5	1, 4		12, 13	3
12	*Cumbres del Ajusco		1, 4		12, 13	2
13	*Desierto de los Leones	5	1, 4			2
14	*Desierto del Carmen o de Nixcongo	5	1		12, 13	3
15	*El Histórico Coyoacán		1, 4			1
16	*El Jabalí					0
17	*El Tepeyac		1, 4			1
18	***El Tepozteco	4, 5	1, 4		12, 13	3
19	*Fuentes Brotantes de Tlalpan	5	1, 4			2
20	**Grutas de Cacahuamilpa	1	1		12, 13	3
21	***Insurgente José María Morelos	7	5		12, 13	3
22	*Insurgente Miguel Hidalgo y Costilla	5	1, 4			2
23	*Iztaccihuatl-Popocatepetl	4, 5	1, 4		12, 13	3
24	*La Montaña Malinche o Matlalcuéyatl	4	4			2
25	*La Primavera	3		40		2
26	*Lagunas de Zempoala	5	1, 4		12, 13	3
27	*Lomas de Padierna	5	1, 4			2
28	*Los Remedios		1, 4			1
29	*Mariposa Monarca	4			12, 13	2
30	*Molino de Flores Netzahualcóyotl	4	1, 4			2
31	*Nevado de Toluca	4, 5	1		12, 13	3
32	*Pico de Orizaba	4	4			2
33	*Pico de Tancitaro	7	2		26, 27	3
34	*Rayón	4				1
35	*Sacromonte	4, 5	1, 4			2
36	***Sierra de Huautla	1	1, 3		12, 13	3
37	*Sierra de Quila	2, 3			4, 3	2

Table 5. Continued

	Natural protected areas	Areas of endemism by EA		Areas of endemism by PAE		Total areas of endemism
		Grid-cells	Hydrological sub-basins	Grid-Cells	Hydrological sub-basins	
38	**Tehuacán-Cuicatlán	4				1
39	*Tula					0
40	*Volcán Nevado de Colima					0
41	*Xicoténcatl	4	4			2
42	**Yagul					0
43	***Z.P.F.T.C.C. de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec	4, 6	1		12, 13	3
44	*Z.P.F.V. la Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa					0
45	**Zicuirán-Infiernillo				26, 27	1
	Total NPAs	33	29	2	19	38

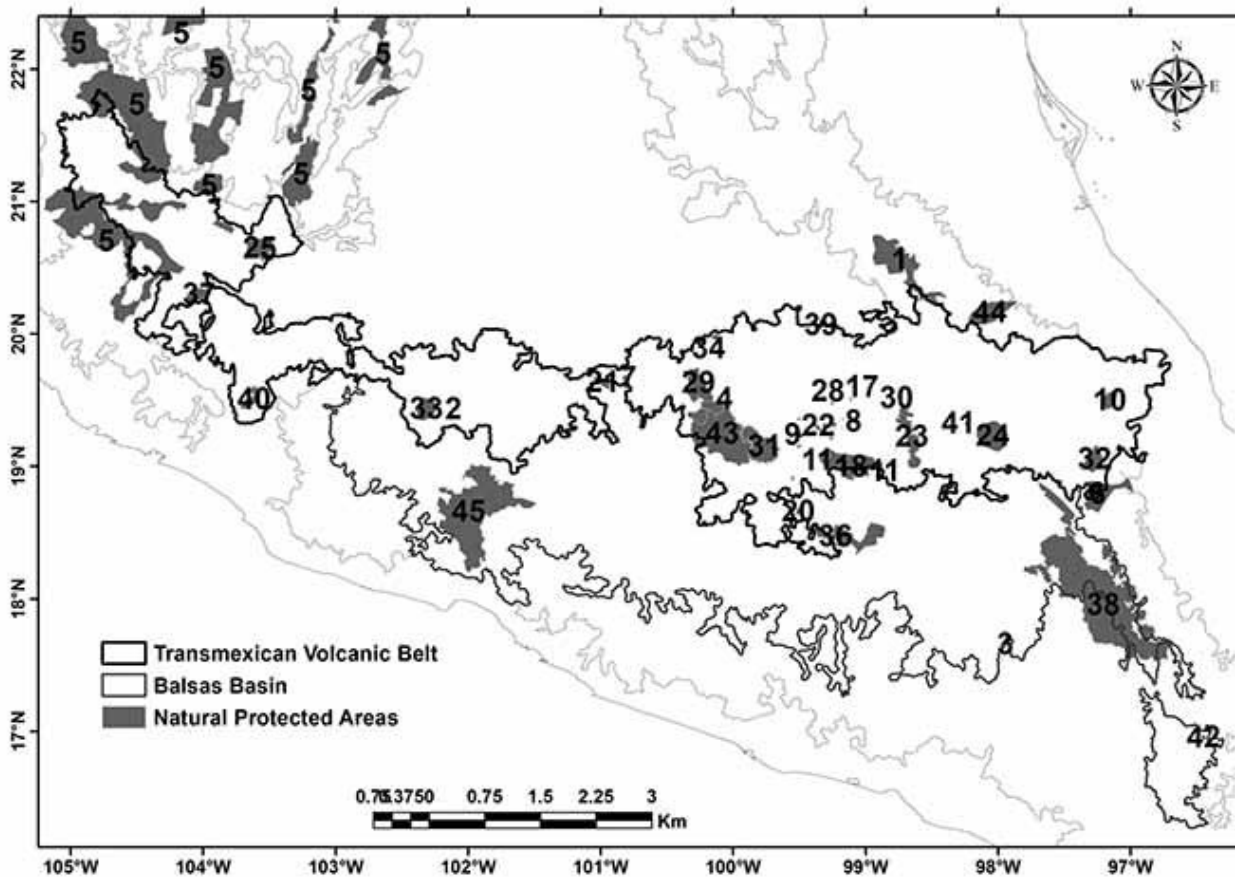


Figure 4. Natural protected areas (NPAs) circumscribed to the biogeographic provinces BB and TVB.

Implications for the conservation of Asteraceae

Endemism has been of particular relevance for the design and delimitation of protected areas. Due to their geographic restriction, endemic species are sensitive to the modification of their environment, particularly if it is due to anthropogenic agents (Alcántara & Paniagua, 2007). The Asteraceae family does not only stand out for its endemism, but because it is well known taxonomically, it is easy to sample, it has representatives of all types of growth forms, and it is distributed over a wide range of habitats. It has also turned out to be a good surrogate for country's biodiversity (Villaseñor et al., 1998, 2007). Thus, conservation of its species as well as the ecosystems in which they are found would also contribute to conserve much of the Mexican plant diversity, especially that threatened by several anthropogenic and natural factors.

Despite the fact that 84% of the NPAs already established inside the study region matched with several of the areas of endemism identified in this study, there are still important regions to be considered due to their endemism and actually not protected by any NPA. Such is the case of the central and southeast portion of the BB, as well as some regions of its western portion; the same situation can be observed within the TVB in its western portion, where there are not enough NPAs (Fig. 4). For this reason, we propose that those areas of endemism whose surface does not have any official protection, have some strategies for their conservation especially due to their coincidence with regions identified as important for different biotic groups (plants, birds and mammals), highlighting them as potentially irreplaceable areas, one of the utmost criteria for the definition of priority areas for conservation (Méndez-Larios et al., 2005).

Acknowledgments

The first author thanks the Posgrado en Ciencias Biológicas of the Universidad Nacional Autónoma de México and Conacyt for the financial support (grant 330014) to carry out her graduate studies. We appreciate the technical support provided by Enrique Ortiz in different aspects of the work. The constructive comments of Leonardo Beltrán-Rodríguez are also appreciated.

References

Alcántara, O., & Paniagua, M. (2007). Patrones de distribución y conservación de las plantas endémicas. In: I. Luna, J. J. Morrone & D. Espinosa (Eds.), *Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana*. (pp. 421–438). Mexico City: Universidad Nacional Autónoma de México.

Bonilla-Barbosa, J. R., & Villaseñor, J. L. (2003). *Catálogo de la flora del estado de Morelos*. Cuernavaca: Centro de

Investigaciones Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

Castro-Torreblanca, M., Blancas-Calva, E., Rodríguez-Mirón, G. M., & Espinosa-Organista, D. N. (2014). Patrones espaciales de distribución y diversidad de la avifauna en la provincia del Balsas. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, 823–830. <https://doi.org/10.7550/rmb.43461>

Ceballos, M. D., & Navarro, D. (1991). Diversity and conservation of Mexican mammals. In M. A. Mares, & D. Schmidly (Eds.), *Topics in Latin American Mammalian Biology: ecology, conservation and education* (pp. 166–197). Norman: Oklahoma University Press.

Conabio (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). (1998). Subcuencas hidrológicas. In Secretaría de Recursos Hidráulicos, Jefatura de Irrigación y control de Ríos, Dirección de Hidrología (Eds.), *Boletín hidrológico (1970). Subcuencas hidrológicas en mapas de regiones hidrológicas*. Escala más común 1:1000000. México D.F.

Escalante, T. (2009). Un ensayo sobre regionalización biogeográfica. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 80, 551–560. <http://dx.doi.org/10.22201/ib.20078706e.2009.002.627>

Escalante, T. (2015). Parsimony analysis of endemism and analysis of endemism: a fair comparison. *Systematics and Biodiversity*, 13, 413–418. <http://dx.doi.org/10.1080/1477200.2015.1046966>

Escalante, T., Morrone, J. J., & Rodríguez-Tapia, G. (2013). Biogeographic regions of North American mammals based on endemism. *Biological Journal of the Linnean Society*, 110, 485–499. <https://doi.org/10.1111/bij.12142>

Escalante, T., Rodríguez, G., Gámez, N., León-Paniagua, L., Barrera, O., & Sánchez-Cordero, V. (2007). Biogeografía y conservación de los mamíferos. In I. Luna, J. J. Morrone, & D. Espinosa (Eds.), *Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana* (pp. 485–502). Mexico City: Universidad Nacional Autónoma de México.

Estrada-Márquez, A. S., Villaseñor, J. L., & Escalante, T. (2020). Áreas de endemismo de Magnoliophyta en el estado de Morelos, México. *Botanical Sciences*, 98, 377–392. <http://dx.doi.org/10.17129/botsci.2492>

ESRI (Environmental Systems Research Institute). (2010). *ArcGIS 10.0*. Redlands: California.

Fernández-Nava, R., Rodríguez, C., Arreguín, M. L., & Rodríguez, A. (1998). Listado florístico de la Cuenca del Río Balsas, México. *Polibotánica*, 9, 1–151.

Flores, O., & Gerez, P. (1994). *Biodiversidad y conservación en México: vertebrados, vegetación y uso del suelo*. Mexico City: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Universidad Nacional Autónoma de México.

Gámez, N., Escalante, T., Rodríguez, G., Linaje, M., & Morrone, J. J. (2012). Caracterización biogeográfica de la Faja Volcánica Transmexicana y análisis de los patrones de distribución de su mastofauna. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83, 258–272. <http://dx.doi.org/10.22201/ib.20078706e.2012.1.786>

Goloboff, P. A., & Catalano, S. A. (2016). TNT version 1.5, including a full implementation of phylogenetic morpho-

- metries. *Cladistics*, 32, 221–230. <http://dx.doi.org/10.1111/cla.12160>
- IUCN. (2012). IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1. International Union for Conservation of Nature. London: IUCN.
- Méndez-Larios, L., Villaseñor, J. L., Lira, R., Morrone, J. J., Dávila, P., & Ortiz, E. (2005). Toward the identification of a core zone in the Tehuacán-Cuicatlán Biosphere Reserve, Mexico, based on parsimony analysis of endemicity of flowering plant species. *Interciencia*, 30, 267–274.
- Montaño-Arias, G., Luna-Vega, I., Morrone, J. J., & Espinosa, D. (2018). Biogeographical identity of the Mesoamerican dominion with emphasis on seasonally dry tropical forests. *Phytotaxa*, 376, 277–290. <https://doi.org/10.3732/ajb.1600326>
- Morrone, J. J. (1994). On the identification of areas of endemism. *Systematic Biology*, 43, 438–441. <http://dx.doi.org/10.2307/2413679>
- Morrone, J. J. (2006). Biogeographic areas and transition zones of Latin America and the Caribbean Islands based on panbiogeographic and cladistic analyses of the entomofauna. *Annual Review of Entomology*, 51, 467–494. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.50.071803.130447>
- Morrone, J. J. (2007). Hacia una biogeografía evolutiva. *Revista Chilena de Historia Natural*, 80, 509–520. <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2007000400011>
- Morrone, J. J. (2014a). Biogeographical regionalization of the Neotropical region. *Zootaxa*, 3782, 1–110. <http://dx.doi.org/10.11646/zootaxa.3782.1.1>
- Morrone, J. J. (2014b). Parsimony analysis of endemicity (PAE) revisited. *Journal of Biogeography*, 41, 842–854. <http://dx.doi.org/10.1111/jbi.12251>
- Morrone, J. J. (2019). Regionalización biogeográfica y evolución biótica de México: enreujada de la biodiversidad del Nuevo Mundo. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 90, 1–68. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2019.90.2980>
- Morrone, J. J., Escalante, T., & Rodríguez-Tapia, G. (2017). Mexican biogeographic provinces: Map and shapefiles. *Zootaxa*, 4277, 277–279. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4277.2.8>
- Munguía-Lino, G., Escalante, T., Morrone, J. J., & Rodríguez, A. (2016). Areas of endemism of the North American species of Tigridaeae (Iridaceae). *Australian Systematic Botany*, 29, 142–156. <https://dx.doi.org/10.1071/SB16002>
- Nixon, K. (2002). WinClada version 1.00.08. Cornell University, New York. Retrieved on July 27, 2020 from: <http://www.cladistics.com/>
- Noguera-Urbano, E. A., & Escalante, T. (2015). Áreas de endemismo de los mamíferos (Mammalia) neotropicales. *Acta Biológica Colombiana*, 20, 47–65. <https://doi.org/10.15446/abc.v20n3.46179>
- Ortiz-Bermúdez, E., Villaseñor, J. L., & Téllez, O. (1998). La familia Asteraceae en el estado de Nayarit (México). *Acta Botanica Mexicana*, 44, 25–57. <https://doi.org/10.21829/abm44.1998.805>
- Pineda-García, F., Arredondo-Amezcuca, L., & Ibarra-Manríquez, G. (2007). Riqueza y diversidad de especies leñosas del bosque tropical caducifolio El Tarimo, Cuenca del Balsas, Guerrero. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 78, 129–139. <http://dx.doi.org/10.22201/ib.20078706e.2007.001.396>
- Rodríguez, A., Castro-Castro, A., Vargas-Amado, G., Vargas-Ponce, O., Zamora-Tavares, P., González-Gallegos, J. et al. (2018). Richness, geographic distribution patterns, and areas of endemism of selected angiosperm groups in Mexico. *Journal of Systematics and Evolution*, 5, 537–549. <https://dx.doi.org/10.1111/jse.12457>
- Rodríguez-Jiménez, C., Fernández, R., Arreguín, M. L., & Rodríguez, A. (2005). Plantas vasculares endémicas de la Cuenca del Río Balsas, México. *Polibotánica*, 20, 73–99.
- Rosen, B. R. (1988). From fossils to earth history: applied historical biogeography. In A. A. Myers, & P. Giller (Eds.), *Analytical biogeography: an integrated approach to the study of animal and plant distributions* (pp. 437–481). London: Chapman and Hall.
- Rzedowski, J. (1978). *Vegetación de México*. Mexico City: Limusa.
- Rzedowski, J. (2020). *Catálogo preliminar de especies de plantas vasculares de distribución restringida al eje volcánico transversal*. Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes, Fascículo Complementario XXXIV. Pátzcuaro, Michoacán: Instituto de Ecología A.C.
- Sosa, V., & De-Nova, A. (2012). Endemic angiosperm lineages in Mexico: hotspots for conservation. *Acta Botanica Mexicana*, 100, 293–315. <https://dx.doi.org/10.21829/abm100.2012.38>
- Strother, J. L. (1991). Taxonomy of *Complaya*, *Elaphandra*, *Jogeton*, *Jefea*, *Wamalchitania*, *Wedelia*, *Zexmenia*, and *Zyzyxia* (Compositae-Heliantheae-Ecliptinae). *Systematic Botany Monographs*, 33, 1–111. <https://dx.doi.org/10.2307/25027802>
- Suárez-Mota, M. E., Téllez-Valdés, O., Lira-Saade, R., & Villaseñor, J. L. (2013). Una regionalización de la Faja Volcánica Transmexicana con base en su riqueza florística. *Botanical Sciences*, 91, 93–105. <https://dx.doi.org/10.17129/botsci.405>
- Szumik, C. A., Cuezco, F., Goloboff, P. A., & Chalup, A. E. (2002). An optimality criterion to determine Areas of Endemism. *Systematic Biology*, 51, 806–816. <https://dx.doi.org/10.1080/10635150290102483>
- Szumik, C. A., & Goloboff, P. A. (2004). Areas of endemism: an improved optimality criterion. *Systematic Biology*, 53, 968–977. <https://dx.doi.org/10.1080/10635150490888859>
- Villaseñor, J. L. (1990). The genera of Asteraceae endemic to Mexico and adjacent regions. *Journal of Systematic and Evolutionary Botany*, 12, 685–692. <https://dx.doi.org/10.5642/aliso.19901204.04>
- Villaseñor, J. L. (2016). Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87, 559–902. <https://dx.doi.org/10.1016/j.rmb.2016.06.017>
- Villaseñor, J. L. (2018). Diversidad y distribución de la familia Asteraceae en México. *Botanical Sciences*, 96, 332–358. <http://dx.doi.org/10.17129/botsci.1872>
- Villaseñor, J. L., Delgadillo, C., & Ortiz, E. (2006). Biodiversity hotspots from a multigroup perspective: mosses and Senecios

- in the Transmexican Volcanic Belt. *Biodiversity and Conservation*, 15, 4045–4058. <http://dx.doi.org/10.1007/s10531-005-3056-6>
- Villaseñor, J. L., Ibarra, G., & Ocaña, D. (1998). Strategies for the conservation of Asteraceae in Mexico. *Conservation Biology*, 12, 1066–1075. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1998.97171.x>
- Villaseñor, J. L., Maeda, P., Rosell, J. A., & Ortiz, E. (2007). Plants families as predictors of plant biodiversity in Mexico. *Diversity and Distributions*, 13, 871–876. <https://dx.doi.org/10.1111/j.1472-4642.2007.00385.x>
- Villaseñor, J. L., & Ortiz, E. (2007). La familia Asteraceae. In: I. Luna, J. J. Morrone & D. Espinosa (Eds.), *Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana* (pp. 289–310). Mexico City: Universidad Nacional Autónoma de México.

Capítulo 3. Áreas de endemismo de Magnoliophyta en el estado de Morelos, México

Segunda parte. Áreas de endemismo de Magnoliophyta en el estado de Morelos, México (Artículo requisito)

Ana Susana Estrada-Márquez^{1*}, José Luis Villaseñor¹, Tania Escalante²

¹ Instituto de Biología, Departamento de Botánica, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.

² Grupo de Biogeografía de la Conservación, Departamento de Biología Evolutiva, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.

*Autor de correspondencia: sambucusansu@yahoo.com.mx

Cita: Estrada-Márquez, A. S., J. L. Villaseñor y T. Escalante. 2020. Áreas de endemismo de Magnoliophyta en el estado de Morelos, México. *Botanical Sciences* 98(2): 377-392.



ÁREAS DE ENDEMISMO DE MAGNOLIOPHYTA EN EL ESTADO DE MORELOS, MÉXICO AREAS OF ENDEMISM OF MAGNOLIOPHYTA IN THE STATE OF MORELOS, MEXICO

ANA SUSANA ESTRADA-MÁRQUEZ^{1*}, JOSÉ LUIS VILLASEÑOR¹, TANIA ESCALANTE²

¹Instituto de Biología, Departamento de Botánica, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.

²Grupo de Biogeografía de la Conservación, Departamento de Biología Evolutiva, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.

*Autor de correspondencia: sambucusansu@yahoo.com.mx

Resumen

Antecedentes: Las provincias florísticas Cuenca del Balsas (CB) y Faja Volcánica Trans-Mexicana (FVT) coinciden en el estado de Morelos y destacan por su riqueza y endemismo florístico. Documentar la distribución de su flora endémica aportaría elementos para evaluar su sensibilidad a la modificación de su entorno.

Preguntas: ¿El análisis de la distribución de especies de Magnoliophyta endémicas de México permite identificar áreas de endemismo en el estado de Morelos? ¿La distribución espacial de estas especies en Morelos posibilita identificar áreas de endemismo a escala fina?

Objetivos: Identificar áreas de endemismo a nivel nacional y Morelos utilizando especies de Magnoliophyta endémicas de México y presentes en la CB y la FVT.

Especies en estudio: 874 especies de Magnoliophyta endémicas de México.

Sitio de estudio: México y Morelos.

Métodos: Se analizaron 13,791 registros de 874 especies de Magnoliophyta y utilizando el programa NDM/VNDM se realizó un Análisis de Endemicidad para identificar áreas de endemismo en el país y el estado de Morelos.

Resultados: Cuatro áreas de endemismo fueron identificadas en el centro del país, Morelos formó parte de ellas. En Morelos también se encontraron cuatro áreas de endemismo, que concentran 17 % del endemismo empleado en el análisis. Tres áreas se ubicaron dentro de la FVT y otra en la CB.

Conclusiones: La flora de Morelos forma parte de una gran área de endemismo en el centro de México. Las áreas de endemismo identificadas en Morelos concentran especies cuya conservación es prioritaria, pues no se registran para las áreas naturales protegidas decretadas.

Palabras clave: Cuenca del Balsas, Distribución de especies, Especies endémicas, Faja Volcánica Trans-Mexicana, NDM/VNDM.

Abstract

Background: The Balsas Basin (BB) and Trans-Mexican Volcanic Belt (TMVB) provinces stand out for their floristic richness and endemism. Documenting the distribution of its endemic flora will provide elements to assess its sensitivity to the modification of their environment.

Questions: Does the distribution analysis of the endemic Magnoliophyta species in Mexico identify areas of endemism in the Morelos state? Does the spatial distribution of these species in Morelos make it possible to identify areas of endemism on a finer scale?

Objectives: Identify areas of endemism at a national level and Morelos using Magnoliophyta species endemic to Mexico and occurring in the BB and the TMVB.

Species under study: 874 species of Magnoliophyta endemic to Mexico.

Study site: Mexico and the state of Morelos.

Methods: 13,791 records of 874 Magnoliophyta species were used, and through the NDM/VNDM program an Endemicity Analysis was carried out to identify areas of endemism in the country and the Morelos state.

Results: Four areas of endemism located in the center of the country were identified, Morelos being part of them. In Morelos, four areas of endemism were also found, which concentrate 17 % of the endemism used in the analysis. Three areas were located within the TMVB and another in the BB.

Conclusions: The flora of Morelos is part of a large area of endemism in central Mexico. The areas of endemism identified in Morelos concentrate species whose conservation should be a priority since they are not registered for the decreed protected natural areas.

Key words: Balsas basin, endemic species, NDM/VNDM, species distribution, Trans-Mexican Volcanic Belt.



Áreas de endemismo en Morelos

Uno de los objetivos de la biogeografía es evaluar la distribución coincidente entre las especies (Morrone 2001), en especial los endemismos. Brown & Gibson (1983) definen al provincialismo o regionalización como la actividad de identificación de áreas con interés biogeográfico. Esto implica dividir un territorio en porciones que comparten, en este caso, especies en común (provincias) que no se observan en otras áreas del mismo territorio.

Los esquemas de regionalización tradicionalmente emplean criterios faunísticos, florísticos, ecológicos, fisiográficos o paleontológicos y en muchos casos estos sistemas están basados en la similitud faunística o florística (Escalante 2009). Por ejemplo, tomando en cuenta las afinidades geográficas de la flora mundial, así como la distribución de sus endemismos, Takhtajan (1986) dividió al mundo en 35 regiones florísticas. De forma similar, Rzedowski (1978) separó a México en cuatro regiones y 17 provincias florísticas.

Las Serranías Meridionales y la Cuenca del Balsas (CB) destacan entre las 17 provincias florísticas por su número de especies y endemismos. La provincia de las Serranías Meridionales incluye la Faja Volcánica Trans-Mexicana (FVT), que corre transversalmente de Nayarit, Jalisco y Colima a Veracruz, la Sierra Madre del Sur (Guerrero, Jalisco, Michoacán y Oaxaca) (Morrone 2019) y el complejo montañoso del norte de Oaxaca (Sierra de Juárez) (Rzedowski 1978). En esta provincia se encuentran las elevaciones más altas del país, así como áreas montañosas aisladas, lo cual propicia el desarrollo de numerosos endemismos (Rzedowski 1978). Por su parte, la CB se intercala entre la FVT y la Sierra Madre del Sur e incluye partes de Jalisco, Michoacán, Estado de México, Guerrero, Morelos, Puebla y Oaxaca e incluye igualmente un número importante de especies endémicas (Rzedowski 1978, Fernández-Nava *et al.* 1998). Bonilla-Barbosa & Villaseñor (2003) reportan, para la porción de las Serranías Meridionales que corresponde a la FVT, un número de 5,229 especies de plantas vasculares; por su parte, Fernández-Nava *et al.* (1998) reportan la presencia de 4,939 especies en la provincia CB.

Los análisis de regionalización biogeográfica indican que, como resultado tanto de procesos históricos como ecológicos comunes (Gámez *et al.* 2012), existen patrones en la distribución de distintas especies, por lo que se observan en un mismo espacio y tiempo (Morrone 2009). Documentar patrones en la distribución de la biodiversidad es parte fundamental para la priorización de áreas para su conservación y manejo sustentable (Villaseñor *et al.* 2007). Considerar los elementos endémicos es de suma importancia, ya que al ser dependientes de una sola área, son grupos de especies muy sensibles a la modificación de su entorno, sobre todo por agentes antropogénicos

(Alcántara & Paniagua 2007). Por tal motivo, se considera relevante evaluar la distribución espacial de las especies de plantas con flores (Magnoliophyta) y sus endemismos. Uno de los diversos enfoques para tal evaluación es mediante la identificación de áreas de endemismo.

El área de endemismo se define como aquella región que muestra la distribución congruente de dos o más especies endémicas dentro de sus límites (Platnick 1991, Morrone 1994). La congruencia geográfica no requiere la completa coincidencia dentro de sus límites en todas las escalas de mapeo posibles, pero sí donde exista una simpatria relativamente amplia en alguna escala (Platnick 1991). Bajo este contexto, las áreas de endemismo identificadas indicarían la coincidencia en la distribución de un conjunto de especies. En este trabajo se propone identificar las áreas de endemismo de especies selectas de Magnoliophyta dentro de porciones de las provincias florísticas CB y FVT. Para llevar a cabo dicho análisis, se empleó como caso de estudio al estado de Morelos, ya que presenta características que lo convierten en una unidad de muestreo adecuada y representativa.

En su superficie (4,950 km²), Morelos alberga alrededor de 3,219 especies de plantas con flor (Villaseñor & Ortiz 2014, Villaseñor 2016). Dicha riqueza se explica parcialmente por su posición geográfica, ya que en la entidad convergen dos de las provincias morfotectónicas más ricas en diversidad vegetal del país (Bonilla-Barbosa & Villaseñor 2003, Fernández-Nava *et al.* 1998): la FVT y la Sierra Madre del Sur (Ferrusquía-Villafranca 1990). A su vez, Morelos se encuentra inmerso en las provincias florísticas CB y Serranías Meridionales, que incluye la FVT y la Sierra Madre del Sur (Rzedowski 1978). Con base en estudios de la flora de Morelos, se estima que contiene alrededor del 48 % (2,490 especies) del total de especies de plantas vasculares registradas para la FVT y aproximadamente 58 % (2,886 especies) de las mencionadas para la CB (Bonilla-Barbosa & Villaseñor 2003, 2006, Villaseñor 2003, Contreras-MacBeath *et al.* 2006, Villaseñor & Ortiz 2014). En consecuencia, Morelos representa una adecuada unidad de estudio, donde se expresa de manera importante la riqueza florística de las dos provincias florísticas por analizar.

Los objetivos de este trabajo fueron 1) evaluar si la distribución espacial de un conjunto de especies de Magnoliophyta endémicas de México y registradas en Morelos, posicionaban al estado como un área de endemismo; la hipótesis a probar fue que al contar Morelos con especies endémicas de México, se le debe ubicar como un área de endemismo a nivel nacional; 2) identificar áreas de endemismo dentro de Morelos que permitan reconocer sitios de coincidencia en las distribuciones geográficas de dos o más especies. La identificación de áreas de endemismo aporta información relevante en la historia

biogeográfica de la región y sirve de apoyo a futuros estudios encaminados a la conservación de su riqueza florística (Munguía-Lino *et al.* 2016).

Materiales y métodos

La fuente principal de información fue una base de datos con 13,791 registros pertenecientes a 96 familias, 384 géneros y 874 especies de Magnoliophyta endémicas de México, distribuidas a lo largo del territorio mexicano incluyendo la CB, la FVT y registradas en el estado de Morelos (Supplementary data 1). De este conjunto de registros, 8,549 corresponden a localidades dentro de Morelos. La base de datos compiló registros del SNIB [Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad de México], de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, www.conabio.gob.mx), del Portal de Datos Abiertos de la Universidad Nacional Autónoma de México (datosabiertos.unam.mx), así como los registros de *Chusquea circinata*, obtenidos del trabajo de Ruíz-Sánchez *et al.* (2020). Los registros obtenidos fueron revisados para eliminar duplicados y uniformizar los nombres científicos válidos, los cuales fueron corroborados en tropicos (www.tropicos.org). Además, se verificó la información de las localidades, que en caso de carecer de coordenadas geográficas fueron calculadas con la ayuda de Google Earth (earth.google.com) y en otros casos se validó las que ya estaban georreferenciadas empleando ArcMap 10.1 (ESRI 2010).

Análisis de Endemicidad. A través del programa NDM/VNDM versión 3.0 (Szumik & Goloboff 2004), se aplicó el método de Análisis de Endemicidad (AE) para identificar áreas potenciales de endemismo a nivel nacional y en Morelos. Dicho método emplea un criterio de optimización, en el cual mediante un índice de endemicidad (E), se evalúa el número de endemismos y la restricción distribucional de los taxones en un área dada, de manera que las áreas con un valor mayor del índice serán postuladas como áreas de endemismo (Szumik *et al.* 2002, Szumik & Goloboff 2004, Escalante 2009, 2015). De forma individual, un taxón tendrá un valor *e* máximo de 1 si se encuentra presente en todas las celdas evaluadas y ausente en el resto de las celdas de la cuadrícula; por el contrario, si el taxón se encuentra solamente en algunas de las celdas evaluadas, el valor de *e* será menor. El valor de E depende del número de taxones incluidos en el área de estudio; es decir, mientras más taxones se consideren como endémicos, mayor será su valor (Szumik & Goloboff 2004, Noguera-Urbano & Escalante 2015).

El método de estimación de AE requiere que el área de estudio sea dividida en una cuadrícula definida previamente por el usuario, para evaluar áreas (conjunto de celdas) que

sean congruentes con la distribución de tantas especies como sea posible (Munguía-Lino *et al.* 2016). Por esta razón, en un primer análisis se dividió a México en una cuadrícula de 1° de latitud y 1° de longitud, obteniendo un total de 253 celdas (con superficie aproximada de 12,000 km²), con el fin de identificar áreas de endemismo a lo largo del territorio. Posteriormente, en un segundo análisis, se dividió a Morelos en una cuadrícula de 6' de latitud y 6' de longitud, obteniendo un total de 43 celdas (con superficie aproximada de 110 km²), con el propósito de reconocer áreas de endemismo dentro del estado.

El programa NDM/VNDM requiere una lista de especies con sus respectivas coordenadas geográficas, las cuales transforma automáticamente en una matriz de presencias (1) y ausencias (0) con respecto a cada una de las celdas del área de estudio (Szumik *et al.* 2002, Szumik & Goloboff 2004).

La configuración del programa se basó en las recomendaciones propuestas por Munguía-Lino *et al.* (2016), de manera que la superposición de subconjuntos se mantuvo si el 98 % de las especies que los definían eran únicas, además de que cada búsqueda se ejecutó empleando el efecto de borde. Del conjunto de áreas obtenidas, se eligieron aquellas especies con un puntaje mínimo de 0.6 y se calcularon las áreas de consenso considerando un 30 % de similitud bajo un consenso estricto.

Familias de Magnoliophyta y Áreas Naturales Protegidas presentes en las áreas de endemismo. Con el propósito de conocer la diversidad de familias de Magnoliophyta dentro de cada una de las áreas de endemismo identificadas, tanto a nivel nacional como en Morelos, se cuantificó la frecuencia en la repetición de familias por área de endemismo. Asimismo, se estimó la superficie de las áreas de endemismo identificadas dentro de Morelos y se superpuso con las Áreas Naturales Protegidas (ANP), con la intención de conocer cuántas especies están protegiendo dichas ANP.

Resultados

Análisis de Endemicidad. El primer análisis con los registros de las 874 especies de Magnoliophyta endémicas de México, distribuidas a lo largo del territorio mexicano, incluyendo la CB y la FVT así como el estado de Morelos, reveló la existencia de cinco áreas de endemismo ubicadas principalmente hacia el centro del país. Una de ellas se situó hacia el oeste, abarcando parte del territorio de Jalisco, Colima y el centro de Michoacán, mientras que las cuatro áreas restantes se situaron hacia el centro, comprendiendo porciones desde Michoacán hasta Hidalgo, incluyendo partes del Estado de México, Ciudad de México, Morelos, norte de Guerrero, suroeste de Puebla y Tlaxcala (Figura 1). Al aplicar el análisis de consenso estricto (con 30 % de

Áreas de endemismo en Morelos

similitud), se obtuvieron cuatro áreas de consenso, cuyos valores máximos de endemidad variaron entre 2.65 y 40.67 ([Supplementary data 2](#)).

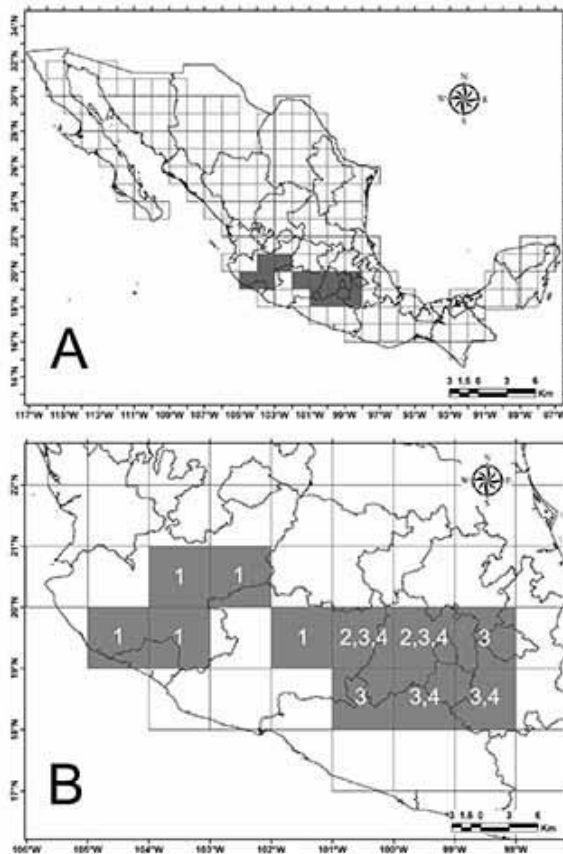


Figura 1. (A) Mapa que muestra las celdas de 1° de latitud y longitud con información (162 celdas) de las 874 especies de Magnoliophyta endémicas de México distribuidas en todo el territorio, incluyendo la Cuenca del Balsas y la Faja Volcánica Trans-Mexicana, así como el estado de Morelos, empleadas en el Análisis de Endemidad a nivel nacional. (B) Áreas de consenso identificadas a nivel nacional. En algunos casos existe coincidencia espacial entre las áreas de consenso, por lo cual las áreas sobrepuestas se indican separadas con una “coma”.

El número de especies que caracterizaron las áreas de consenso varió entre 3 y 62. El área de consenso 4 ubicada al centro del país registró el mayor número de especies endémicas (62), seguida por el área 3 (61) y el área 2 (12), mientras que el área 1, localizada hacia el oeste, se caracterizó por tres especies ([Supplementary data 2](#)).

Es importante señalar que, en este primer análisis de identificación de áreas de endemismo a nivel nacional, sí se recuperó a Morelos como parte de un área de endemismo.

Su territorio incluye tres de las cuatro áreas de endemismo identificadas (áreas 2, 3 y 4). Estas tres áreas de endemismo concentraron un número importante de especies de Magnoliophyta endémicas del país (12 a 62).

Una vez identificada la relevancia de Morelos como una región importante de endemismo, se llevó a cabo un AE al interior del estado. Para ello, del total de registros de la base de datos, se consideraron únicamente aquellos reportados para Morelos (8,549 registros), reportando la distribución de las 874 especies de Magnoliophyta endémicas al país dentro del estado. Dicho análisis identificó la existencia de 10 áreas de endemismo dentro de Morelos, seis de ellas ubicadas al norte y oeste del estado y tres más ubicadas al sur. Otra área identificada y situada al centro, fue descartada de los análisis posteriores ya que contenía únicamente una especie (*Bursera submoniliformis*), lo cual no cumple con el supuesto de considerar al menos dos especies para identificar un área de endemismo. Al aplicar el análisis de consenso estricto (con 30 % de similitud), se obtuvieron cuatro áreas de consenso, cuyos valores máximos de endemidad variaron entre 8.12 y 78.66 ([Tabla 1](#)). Solamente 154 especies (17.6 %) de las 874 empleadas para el análisis, presentaron valores de endemidad importantes para el reconocimiento de las áreas de endemismo ([Tabla 1](#)).

El número de especies que caracterizaron las cuatro áreas de consenso varió de 10 a 129. El área de consenso 1, ubicada al noroeste de Morelos, contuvo el mayor número de especies endémicas (129), mientras que el área 2, ubicada al sur del estado, se caracterizó únicamente por 10 especies ([Tabla 1](#); [Figura 2](#)). A continuación, se describen las áreas de consenso identificadas para Morelos, indicando las especies que las caracterizan en la [Tabla 1](#).

Área Noroeste. En la región norte y noroeste del estado coincidieron tres áreas de consenso (1, 3 y 4), las cuales en conjunto albergaron 145 especies (16.5 %) que no se compartieron con el resto de las áreas de consenso identificadas. El área 1 comprendió seis celdas cuya superficie se encontró mayoritariamente hacia la provincia de la FVT y una mínima fracción hacia la CB ([Figura 2](#)). Esta área contuvo 129 especies (14.7 % del total), que pertenecen a 38 familias ([Tabla 1](#)).

El área de consenso 3 abarcó cinco celdas, tres de ellas ubicadas al norte del estado, en la porción correspondiente a la provincia de la FVT, mientras que las dos celdas restantes se posicionaron hacia el oeste, situándose la mayor parte de su superficie en la provincia de la CB ([Figura 2](#)). Ésta área se definió por 15 especies (1.71 % del total) que pertenecen a 11 familias, de las cuales ninguna de ellas se compartió con otra área de consenso ([Tabla 1](#)). El área de consenso 4 comprendió cuatro celdas situadas al noroeste de Morelos, inmersas en la porción correspondiente a la FVT, salvo una

Tabla 1. Áreas de consenso de las Magnoliophyta de Morelos identificadas en el Análisis de Endemicidad (total de especies analizadas: 874). Los números de las áreas de endemismo corresponden a los de la [Figura 2](#).

Área de consenso	Número de especies que la conforman	Máxima puntuación	Especies endémicas y valores de endemicidad
Noroeste	1	129	78.66
			Apiaceae
			<i>Eryngium bonplandii</i> (0.750)
			<i>Eryngium columnare</i> (0.8)
			<i>Eryngium monocephalum</i> (0.833)
			<i>Eryngium subacaule</i> (0.875)
			<i>Rhodosciadium toluense</i> (0.750)
			Apocynaceae
			<i>Gonolobus grandiflorus</i> (1.0)
			<i>Matelea chrysantha</i> (0.733)
			Asparagaceae
			<i>Agave horrida</i> (0.8)
			<i>Agave inaequidens</i> (1.0)
			<i>Echeandia durangensis</i> (0.750)
			<i>Echeandia mexicana</i> (0.667)
			<i>Furcraea parmentieri</i> (0.750)
			Asteraceae
			<i>Acourtia cuernavacana</i> (0.750)
			<i>Ageratina lucida</i> (0.667)
			<i>Ageratina oreithales</i> (0.833)
			<i>Ageratina rhomboidea</i> (0.750)
			<i>Ageratina rubricaulis</i> (0.875)
			<i>Aldama excelsa</i> (0.6)
			<i>Aldama morelensis</i> (0.667)
			<i>Bidens anthemoides</i> (0.875)
			<i>Bidens serrulata</i> (0.750)
			<i>Brickellia pendula</i> (0.6)
			<i>Cirsium jorullense</i> (0.833)
			<i>Coreopsis rhyacophila</i> (0.733)
			<i>Dahlia rudis</i> (0.667)
			<i>Desmanthodium ovatum</i> (0.750)
			<i>Dyssodia pinnata</i> (0.667)
			<i>Gutierrezia alamanii</i> (1.0)
			<i>Melampodium repens</i> (0.750)
			<i>Oteiza acuminata</i> (0.6)
			<i>Packeria sanguisorbae</i> (0.6)
			<i>Piqueria pilosa</i> (0.6)
			<i>Psacalium peltatum</i> (0.8)
			<i>Psacalium silphifolium</i> (0.7)
			<i>Pseudognaphalium inornatum</i> (0.750)
			<i>Roldana albonervia</i> (0.875)
			<i>Roldana candicans</i> (0.7)
			<i>Roldana chapalensis</i> (0.667)
			<i>Roldana platanifolia</i> (0.6)
			<i>Roldana reticulata</i> (0.750)
			<i>Senecio mulgediifolius</i> (0.667)
			<i>Solidago paniculata</i> (0.750)
			<i>Stevia iltisiana</i> (0.750)
			<i>Stevia purpusii</i> (0.6)
			<i>Steviopsis adenosperma</i> (0.750)
			<i>Trixis michuacana</i> (0.750)

Áreas de endemismo en Morelos

Área de consenso	Número de especies que la conforman	Máxima puntuación	Especies endémicas y valores de endemicidad
			<i>Verbesina klattii</i> (0.833)
			<i>Verbesina pterocaula</i> (0.667)
			<i>Verbesina seatonii</i> (0.6)
			<i>Viguiera tepoxtlensis</i> (0.667)
			Bromeliaceae
			<i>Pitcairnia pteropoda</i> (0.667)
			<i>Tillandsia prodigiosa</i> (0.750)
			<i>Tillandsia violacea</i> (0.750)
			Caprifoliaceae
			<i>Valeriana densiflora</i> (0.6)
			<i>Valeriana naidae</i> (0.667)
			Convolvulaceae
			<i>Ipomoea simulans</i> (0.833)
			Crassulaceae
			<i>Echeveria obtusifolia</i> (0.667)
			<i>Echeveria secunda</i> (0.750)
			<i>Sedum bourgaei</i> (0.833)
			<i>Sedum oxypetalum</i> (1.0)
			Cucurbitaceae
			<i>Cyclanthera tannoides</i> (0.6)
			Cyperaceae
			<i>Eleocharis densa</i> (0.750)
			Dioscoreaceae
			<i>Dioscorea ulinei</i> (0.667)
			Ericaceae
			<i>Comarostaphylis polifolia</i> (0.6)
			Fabaceae
			<i>Astragalus micranthus</i> (0.833)
			<i>Dalea obreniformis</i> (0.750)
			<i>Dalea reclinata</i> (0.750)
			<i>Desmodium densiflorum</i> (0.750)
			<i>Marina nutans</i> (0.6)
			Gentianaceae
			<i>Gentiana bicuspidata</i> (0.750)
			<i>Gentiana spathacea</i> (0.833)
			Geraniaceae
			<i>Geranium latum</i> (0.875)
			<i>Geranium potentillifolium</i> (0.7)
			Iridaceae
			<i>Sisyrinchium angustissimum</i> (0.6)
			<i>Tigridia multiflora</i> (0.667)
			Lamiaceae
			<i>Cumila lythrifolia</i> (0.875)
			<i>Salvia concolor</i> (0.750)
			<i>Salvia oreopola</i> (1.0)
			<i>Salvia protracta</i> (0.833)
			<i>Salvia prunelloides</i> (0.750)
			<i>Salvia remota</i> (0.667)
			Liliaceae
			<i>Calochortus cernuus</i> (0.6)
			Linaceae
			<i>Linum orizabae</i> (0.750)
			Loranthaceae

Área de consenso	Número de especies que la conforman	Máxima puntuación	Especies endémicas y valores de endemidad
			<i>Cladocolea grahamii</i> (0.667)
			<i>Cladocolea microphylla</i> (0.833)
			Lythraceae
			<i>Cuphea bustamanta</i> (0.7)
			<i>Cuphea paucipetala</i> (0.833)
			Melanthiaceae
			<i>Anticlea frigida</i> (0.750)
			<i>Schoenocaulon pringlei</i> (0.750)
			Onagraceae
			<i>Oenothera deserticola</i> (0.875)
			Orchidaceae
			<i>Cyclopogon saccatus</i> (0.667)
			<i>Deiregyne albobaginata</i> (0.667)
			<i>Deiregyne densiflora</i> (0.750)
			<i>Malaxis ochreatea</i> (0.667)
			<i>Malaxis rosilloi</i> (0.6)
			<i>Maxillaria lezarzana</i> (0.667)
			<i>Oncidium unguiculatum</i> (0.667)
			<i>Prosthechea punctulata</i> (0.667)
			<i>Rhynchosstele aptera</i> (0.750)
			<i>Rhynchosstele cervantesii</i> (0.733)
			<i>Stelis oestlundiana</i> (0.667)
			<i>Trichocentrum pachyphyllum</i> (0.6)
			Orobanchaceae
			<i>Castilleja gracilis</i> (0.667)
			<i>Castilleja moranensis</i> (0.750)
			<i>Lamourouxia gracilis</i> (0.875)
			<i>Lamourouxia nelsonii</i> (0.833)
			<i>Pedicularis mexicana</i> (0.750)
			Pentaphragaceae
			<i>Cleyera integrifolia</i> (0.6)
			Plantaginaceae
			<i>Penstemon imberbis</i> (0.875)
			<i>Penstemon miniatus</i> (0.750)
			Poaceae
			<i>Peyritschia koelerioides</i> (0.875)
			<i>Trisetum virletii</i> (0.833)
			Polygalaceae
			<i>Monnina ciliolata</i> (0.8)
			Rosaceae
			<i>Fragaria mexicana</i> (0.750)
			<i>Potentilla candicans</i> (0.6)
			<i>Rubus pumilus</i> (0.750)
			Rubiaceae
			<i>Didymaea floribunda</i> (0.833)
			Salicaceae
			<i>Salix paradoxa</i> (1.0)
			Saxifragaceae
			<i>Heuchera orizabensis</i> (0.833)
			Smilacaceae
			<i>Smilax pringlei</i> (0.6)
			Solanaceae
			<i>Cestrum nitidum</i> (0.667)

Áreas de endemismo en Morelos

Área de consenso	Número de especies que la conforman	Máxima puntuación	Especies endémicas y valores de endemidad
			<i>Lycianthes rzedowskii</i> (0.833) <i>Physalis coztomatl</i> (0.667) <i>Physalis orizabae</i> (0.8) <i>Solanum cardiophyllum</i> (0.667) <i>Solanum iopetalum</i> (0.750) <i>Solanum verrucosum</i> (0.875) Verbenaceae <i>Verbena recta</i> (0.875) Violaceae <i>Viola hookeriana</i> (0.750)
3	15	9.53	Amaryllidaceae <i>Hymenocallis graminifolia</i> (1.0) Apocynaceae <i>Funastrum elegans</i> (1.0) Asteraceae <i>Acourtia dugesii</i> (0.8) <i>Acourtia glomeriflora</i> (0.794) <i>Montanoa bipinnatifida</i> (0.714) <i>Verbesina sphaerocephala</i> (0.706) Boraginaceae <i>Lithospermum exsertum</i> (0.714) Cactaceae <i>Opuntia auberi</i> (0.857) Convolvulaceae <i>Cuscuta gracillima</i> (0.706) Euphorbiaceae <i>Euphorbia umbellulata</i> (0.688) Fabaceae <i>Acaciella igualensis</i> (0.7) <i>Inga eriocarpa</i> (1.0) Myrtaceae <i>Eugenia crenularis</i> (0.857) Orchidaceae <i>Schiedeella affinis</i> (0.714) Piperaceae <i>Piper leucophyllum</i> (0.8)
4	97	67.27	Apiaceae <i>Eryngium bonplandii</i> (0.750) <i>Eryngium columnare</i> (0.8) <i>Eryngium monocephalum</i> (0.833) <i>Eryngium subacaule</i> (0.875) <i>Rhodosciadium toluense</i> (0.750) Apocynaceae <i>Gonolobus grandiflorus</i> (1.0) Asparagaceae <i>Agave horrida</i> (0.8) <i>Agave inaequidens</i> (1.0) <i>Echeandia durangensis</i> (0.750) <i>Furcraea parmentieri</i> (0.750) Asteraceae <i>Acourtia cuernavacana</i> (0.778) <i>Ageratina oreithales</i> (0.833)

Área de consenso	Número de especies que la conforman	Máxima puntuación	Especies endémicas y valores de endemidad
------------------	-------------------------------------	-------------------	---

			<i>Ageratina rhomboidea</i> (0.750)
			<i>Ageratina rubricaulis</i> (0.875)
			<i>Aldama morelensis</i> (0.6)
			<i>Bidens anthemoides</i> (0.875)
			<i>Bidens serrulata</i> (0.750)
			<i>Cirsium jorullense</i> (0.833)
			<i>Coreopsis rhyacophila</i> (0.6)
			<i>Desmanthodium ovatum</i> (0.778)
			<i>Gutierrezia alamanii</i> (1.0)
			<i>Melampodium repens</i> (0.750)
			<i>Oteiza acuminata</i> (0.6)
			<i>Packera sanguisorbae</i> (0.6)
			<i>Piqueria pilosa</i> (0.6)
			<i>Psacalium silphifolium</i> (0.7)
			<i>Pseudognaphalium inornatum</i> (0.778)
			<i>Roldana albonervia</i> (0.875)
			<i>Roldana candicans</i> (0.7)
			<i>Roldana chapalensis</i> (0.6)
			<i>Roldana platanifolia</i> (0.6)
			<i>Roldana reticulata</i> (0.750)
			<i>Senecio mulgediifolius</i> (0.667)
			<i>Solidago paniculata</i> (0.750)
			<i>Stevia iltisiana</i> (0.750)
			<i>Stevia purpusii</i> (0.6)
			<i>Steviopsis adenosperma</i> (0.778)
			<i>Verbesina klattii</i> (1.0)
			<i>Verbesina seatonii</i> (0.6)
			Bromeliaceae
			<i>Tillandsia prodigiosa</i> (0.667)
			<i>Tillandsia violacea</i> (0.778)
			Caprifoliaceae
			<i>Valeriana densiflora</i> (0.6)
			Convolvulaceae
			<i>Ipomoea simulans</i> (1.0)
			Crassulaceae
			<i>Echeveria obtusifolia</i> (0.778)
			<i>Echeveria secunda</i> (0.750)
			<i>Sedum bourgaei</i> (0.833)
			<i>Sedum oxypetalum</i> (1.0)
			Cyperaceae
			<i>Eleocharis densa</i> (0.750)
			Dioscoreaceae
			<i>Dioscorea ulinei</i> (0.667)
			Fabaceae
			<i>Astragalus micranthus</i> (1.0)
			<i>Dalea obreniformis</i> (0.778)
			<i>Dalea reclinata</i> (0.750)
			<i>Desmodium densiflorum</i> (0.750)
			<i>Marina mutans</i> (0.6)
			Gentianaceae
			<i>Gentiana bicuspidata</i> (0.750)
			<i>Gentiana spathacea</i> (0.833)
			Geraniaceae

Áreas de endemismo en Morelos

Área de consenso	Número de especies que la conforman	Máxima puntuación	Especies endémicas y valores de endemidad
			<i>Geranium latum</i> (0.875)
			<i>Geranium potentillifolium</i> (0.7)
			Iridaceae
			<i>Sisyrinchium angustissimum</i> (0.6)
			<i>Tigridia multiflora</i> (0.667)
			Lamiaceae
			<i>Cunila lythrifolia</i> (0.875)
			<i>Salvia concolor</i> (0.750)
			<i>Salvia oreopola</i> (1.0)
			<i>Salvia protracta</i> (1.0)
			<i>Salvia prunelloides</i> (0.6)
			Linaceae
			<i>Linum orizabae</i> (0.6)
			Loranthaceae
			<i>Cladocolea microphylla</i> (1.0)
			Lythraceae
			<i>Cuphea bustamanta</i> (0.7)
			<i>Cuphea paucipetala</i> (1.0)
			Melanthiaceae
			<i>Anticlea frigida</i> (0.6)
			<i>Schoenocaulon pringlei</i> (0.750)
			Onagraceae
			<i>Oenothera deserticola</i> (0.875)
			Orchidaceae
			<i>Deiregyne densiflora</i> (0.778)
			<i>Rhynchostele aptera</i> (0.6)
			<i>Rhynchostele cervantesii</i> (0.6)
			Orobanchaceae
			<i>Castilleja moranensis</i> (0.750)
			<i>Lamourouxia gracilis</i> (0.875)
			<i>Lamourouxia nelsonii</i> (1.0)
			<i>Pedicularis mexicana</i> (0.750)
			Plantaginaceae
			<i>Penstemon imberbis</i> (0.875)
			<i>Penstemon miniatus</i> (0.750)
			Poaceae
			<i>Peyritschia koelerioides</i> (0.875)
			<i>Trisetum virletii</i> (1.0)
			Polygalaceae
			<i>Momina ciliolata</i> (0.8)
			Rosaceae
			<i>Fragaria mexicana</i> (0.750)
			<i>Potentilla candicans</i> (0.6)
			<i>Rubus pumilus</i> (0.750)
			Rubiaceae
			<i>Didymaea floribunda</i> (1.0)
			Salicaceae
			<i>Salix paradoxa</i> (1.0)
			Saxifragaceae
			<i>Heuchera orizabensis</i> (1.0)
			Solanaceae
			<i>Lycianthes rzedowskii</i> (1.0)
			<i>Physalis coztomatl</i> (0.667)

Área de consenso	Número de especies que la conforman	Máxima puntuación	Especies endémicas y valores de endemidad
			<i>Physalis orizabae</i> (0.8) <i>Solanum iopetalum</i> (0.750) <i>Solanum verrucosum</i> (0.875) Verbenaceae <i>Verbena recta</i> (0.875) Violaceae <i>Viola hookeriana</i> (0.750)
Sur	2	10	8.12 Acanthaceae <i>Carlowrightia pectinata</i> (1.0) Asteraceae <i>Pittocaulon bombycophole</i> (1.0) <i>Pittocaulon filare</i> (0.875) Convolvulaceae <i>Ipomoea intrapilosa</i> (0.833) Cucurbitaceae <i>Schizocarpum reflexum</i> (0.875) Fabaceae <i>Phaseolus microcarpus</i> (0.750) Malpighiaceae <i>Callaeum coactum</i> (1.0) <i>Heteropterys cotinifolia</i> (1.0) Orobanchaceae <i>Lamourouxia rhinanthifolia</i> (1.0) Rubiaceae <i>Randia tetraacantha</i> (0.750)

mínima fracción de la misma que se encontró en la CB (Figura 2). Dicha área contuvo 97 especies (11 %) pertenecientes a 32 familias de Magnoliophyta, todas ellas compartidas con el área de consenso 1 (Tabla 1).

Área Sur. Hacia la porción sur de Morelos, se situó el área de consenso 2, la cual albergó 10 (1.14 %) de las 874 especies analizadas, pertenecientes a ocho familias de Magnoliophyta (Tabla 1). Dicha área comprendió cuatro celdas ubicadas completamente dentro de la Cuenca del Balsas (Figura 2).

Familias de Magnoliophyta presentes en las áreas de endemismo. Las familias de Magnoliophyta más frecuentes en las áreas de endemismo identificadas a nivel nacional (presentes en tres de las cuatro áreas) fueron Amaryllidaceae y Poaceae, compartidas entre las áreas 1, 3 y 4; Apiaceae, Asteraceae, Crassulaceae, Euphorbiaceae, Lamiaceae, Onagraceae y Oxalidaceae, se compartieron entre las áreas 2, 3 y 4. Dentro de las familias menos frecuentes, restringidas a dos de las cuatro áreas de endemismo reconocidas en el análisis, se encontraron Bromeliaceae, Fabaceae y Orchidaceae, compartidas entre las áreas 3 y 4 (Figura 3; Supplementary data 2).

Las áreas de endemismo ubicadas al centro del país registraron en conjunto 25 familias, entre las que destacan

Amaryllidaceae, Apiaceae y Asteraceae; en contraste, el área situada al oeste del país se caracterizó por la presencia de las familias Amaryllidaceae, Poaceae y Vitaceae, de las cuales Vitaceae no se incluyó en las áreas anteriormente señaladas (Supplementary data 2).

En el caso particular de las áreas de endemismo reconocidas en Morelos, las familias que más frecuentemente se encontraron fueron Asteraceae, Fabaceae y Convolvulaceae (registradas en las cuatro áreas). Adicionalmente, Orchidaceae se comparte entre las áreas 1, 3 y 4; Orobanchaceae y Rubiaceae, compartidas entre las áreas 1, 2 y 4. Dentro de las familias menos frecuentes, registradas en dos de las cuatro áreas, se encontraron Bromeliaceae, Lamiaceae, Poaceae y Solanaceae, compartidas entre el área 1 y 4, en tanto que Euphorbiaceae solamente se registró en el área 3 (Figura 3; Supplementary data 2).

El área de endemismo ubicada al noroeste del estado de Morelos albergó 44 familias, entre las que destacaron Asteraceae, Fabaceae y Convolvulaceae (Tabla 1). Por otra parte, el área de endemismo situada al sur del estado se caracterizó por la presencia de ocho familias, de las cuales Acanthaceae y Malpighiaceae solamente se registraron de esta área (Tabla 1).

Áreas Naturales Protegidas y áreas de endemismo. La superficie total estimada para las cuatro áreas de endemismo identificadas en Morelos fue de 1,456.83 km², de la cual

Áreas de endemismo en Morelos

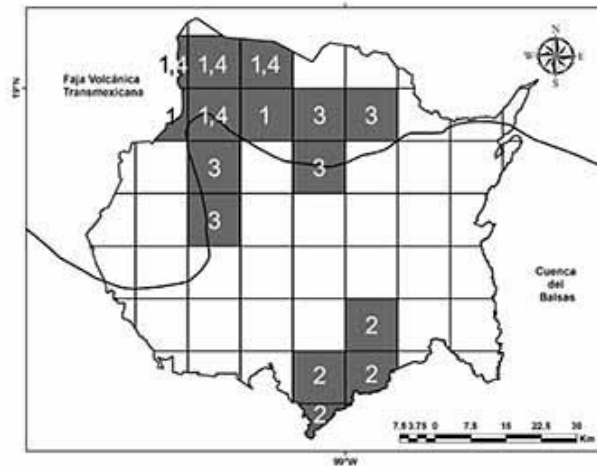


Figura 2. Áreas de consenso de las Magnoliophyta en el estado de Morelos. Los números dentro de las celdas indican el área de consenso a la cual pertenece. En algunos casos existe coincidencia espacial entre las áreas de consenso, por lo cual las áreas sobrepuestas se indican separadas con una “coma”.

678.25 km² se localizan dentro de las ANP federales (Corredor Biológico Chichinautzin, El Tepozteco, Lagunas de Zempoala y Sierra de Huautla) y 2.25 km² en una pequeña porción de ANP estatales (El Texcal y La Sierra de Montenegro) (Figura 4). Dentro de las cuatro áreas de endemismo incluidas en las ANP, se encontraron 154 especies de Magnoliophyta que corresponden al 17.6 % del total de especies analizadas en el estudio.

Discusión

El AE realizado con información geográfica de 96 familias de Magnoliophyta incluyó 874 especies endémicas de México distribuidas a lo largo del país y la zona de estudio (CB, FVT, Morelos). Los resultados a nivel nacional revelaron la existencia de sitios con distribución coincidente de un porcentaje importante de dichas especies (8 %). El análisis a escala nacional recuperó a Morelos como parte de un área de endemismo, identificando igualmente con la flora evaluada áreas de congruencia hacia el oeste del país, en territorio que corresponde a la FVT y hacia el centro del territorio mexicano, en donde se comparte superficie entre la CB y la FVT.

Tanto la CB como la FVT se han reportado como centros de alta riqueza de especies de plantas vasculares (Fernández-Nava *et al.* 1998, Bonilla-Barbosa & Villaseñor 2003). En este trabajo se identifican igualmente como áreas de endemismo importantes y dentro de ellas se encuentra inmerso el estado de Morelos, el cual también ha destacado por su particular riqueza de plantas vasculares, así como por sus características geográficas y ambientales (Bonilla-Barbosa & Villaseñor 2003, Villaseñor & Ortiz 2014, Villaseñor 2016). Los resultados del presente estudio ubican

al estado como una región de endemismo que merece análisis más detallados.

El AE dentro de Morelos reveló la existencia de áreas de endemismo soportadas por 154 de 874 especies. Se identificaron áreas hacia el norte y noroeste del estado, en territorio que corresponde a la FVT, donde se ubican principalmente los bosques templados y algunas pequeñas porciones con bosque húmedo de montaña (Rzedowski 1978, Flores-Villela & Geréz 1994, Bonilla-Barbosa & Villaseñor 2006). En esta región Asteraceae es una de las familias más importantes para la caracterización de las áreas de endemismo, la cual destaca por su preferencia hacia ambientes templados de regiones montañosas (Rzedowski 1978, Villaseñor 1990, Ramamoorthy *et al.* 1993).

Otra de las áreas de congruencia identificadas se sitúa principalmente hacia el sur del estado, en territorio que corresponde a la CB, cuya superficie se caracteriza principalmente por un ambiente cálido-semiseco, acentuándose más la condición de aridez hacia el este (Villaseñor 1987, Fernández-Nava *et al.* 1998). En dicha región también destaca la familia Asteraceae por el número de especies involucradas en la identificación de las áreas de endemismo (2). Estudios previos han discutido la correlación entre la riqueza de Asteraceae en un sitio con los otros componentes de la flora, como la riqueza total de especies (Villaseñor *et al.* 2007). Lo anterior indica que la identificación de un sitio con alta coincidencia de especies de esta familia permite suponer una alta riqueza de otros componentes de la flora estatal y los resultados aquí mostrados apoyan tal correlación. Lo mismo sucedió con otras dos familias que resultaron frecuentes en varias de las áreas de endemismo identificadas, Fabaceae y Poaceae (Figura 3), las cuales han sido también consideradas como

grupos predictores de riqueza de especies de plantas vasculares en diversas regiones de nuestro país (Villaseñor *et al.* 2007). La diversidad taxonómica evaluada (Tabla 1) es amplia (45 familias) y las áreas de endemismo identificadas muestran concentraciones de elementos florísticos de dicha diversidad.

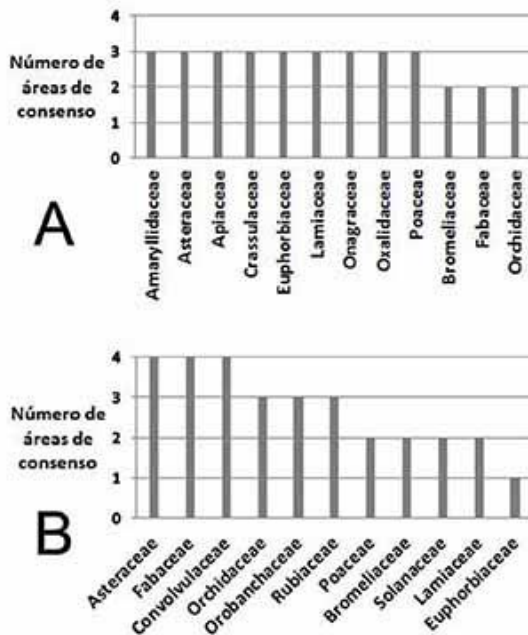


Figura 3. Familias de Magnoliophyta más frecuentes en las áreas de consenso identificadas a nivel nacional (A) y en Morelos (B).

La FVT está formada por un cinturón de volcanes que comenzaron a formarse durante el Oligoceno y el Mioceno temprano, hace aproximadamente 33.9 millones de años (Becerra 2005, Velasco *et al.* 2007). La actividad de sus volcanes ha ocurrido de manera asincrónica a lo largo de su territorio, comenzando en la porción oeste y continuando de manera más reciente hacia el este (Gámez *et al.* 2012); por tal motivo, la porción oeste de la FVT es considerada una formación más antigua (Marshall & Liebherr 2000). De igual manera, dentro de la FVT se ha observado que la edad de sus rocas también varía en orientación norte a sur, siendo más antigua por su composición la región norte, donde el intemperismo y la erosión han actuado intensamente, dando como consecuencia un relieve irregular, que se manifiesta en la presencia de numerosos valles y barrancas con fuertes pendientes (Velasco *et al.* 2007).

Por su parte, la CB es una región con pocas superficies planas, encontrando en ella una franja de rocas volcánicas de diversos tipos y estructuras, como derrames lávicos, tobas, brechas y cenizas volcánicas que fueron emitidas de

manera sucesiva por volcanes durante el Cenozoico y que actualmente forman una gruesa y extensa capa superpuesta en las rocas del Mesozoico (Fernández-Nava *et al.* 1998). De manera más particular, se han realizado dataciones de rocas de la porción de Morelos que se ubica en la CB, reportando que las regiones noroeste, centro y parte del sur contienen las rocas más antiguas, que datan del Terciario (aproximadamente 66 millones de años) al Cuaternario. En contraste, la región con rocas más jóvenes se ubica al noreste y este del estado (SPP 1981).

En general, las áreas de endemismo identificadas en Morelos que se ubican en la porción sur de la CB corresponden a zonas con mayor antigüedad considerando su historia geológica. Lo mismo ocurre con las áreas reconocidas en la porción norte y noroeste del estado, que conciernen a la porción de la FVT, una de las zonas más antiguas dentro del área de estudio. De las especies incluidas en el análisis, algunas se distribuyen hacia el oeste tanto de la FVT como de la CB, es decir, hacia las regiones más antiguas de dichas provincias. Tomando en cuenta únicamente su distribución, la cual se superpone con formaciones geológicas antiguas, tales especies probablemente no constituyan endemismos recientes (Noguera-Urbano 2017). Resultados similares fueron encontrados por Sosa *et al.* (2018), quienes identificaron áreas paleoendémicas al oeste de la Faja Volcánica Trans-Mexicana y de la Cuenca del Balsas, es decir, sitios cuyos taxa son antiguos y se restringen a un área geográfica pero que inicialmente presentaron amplias áreas de distribución, además de que son taxones que divergieron muy temprano y tienen distribuciones que se superponen con formaciones geológicas antiguas (Noguera-Urbano 2017). Ejemplos de especies distribuidas preferentemente hacia la porción occidental de la FVT son *Acourtia lepidopoda* (Guerrero, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Morelos y Puebla), *Ageratina perezii* (Guerrero, Estado de México, Michoacán y Morelos), *Habenaria rosulifolia* (Guerrero, Estado de México, Morelos y Puebla), *Malaxis lyonnetii* (Guerrero, Estado de México y Morelos), *Pectis exilis* (Guerrero, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Morelos y Puebla), *Stevia vernicosa* (Colima, Guerrero, Jalisco, Estado de México, Morelos y Puebla) o *Thalictrum cuernavacatum* (Guerrero, Estado de México y Morelos). Entre las especies que se distribuyen particularmente hacia el este de la FVT, en las regiones geológicamente consideradas recientes (Noguera-Urbano 2017), se pueden citar a *Mesadenus tenuissimus* (Estado de México, Guerrero, Morelos, Oaxaca y Puebla) y *Verbesina pterocaula* (Guerrero, Hidalgo, Estado de México, Morelos, Oaxaca, Puebla y Veracruz).

Implicaciones para la conservación del endemismo en el estado de Morelos. El endemismo, debido a su restricción geográfica ha sido relevante para el diseño y la delimitación

Áreas de endemismo en Morelos

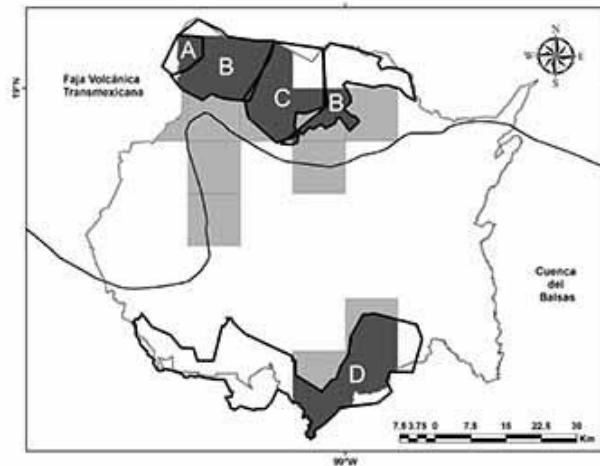


Figura 4. Mapa que indica las Áreas Naturales Protegidas Federales de Morelos. **A** = Lagunas de Zempoala, **B** = Corredor Biológico Chichinautzin, **C** = El Tepozteco, **D** = Sierra de Huautla. En gris claro se muestra la superficie de las áreas de consenso. En gris oscuro se indica la superficie de dichas áreas incluidas en las ANP's.

de áreas protegidas. Las especies endémicas constituyen un grupo de especies sensibles a la modificación de su entorno, en particular por agentes antropogénicos (Alcántara & Paniagua 2007). Las áreas de endemismo son sitios importantes para la conservación, donde la congruencia en la distribución de especies, en especial las endémicas, se hace evidente y las destacan como sitios potencialmente irremplazables, un criterio importante en la definición de zonas prioritarias para la conservación (Méndez-Larios *et al.* 2005).

Aproximadamente 25 % de la superficie total de Morelos (1,261.1 km²) corresponde a Áreas Naturales Protegidas (ANP) ya establecidas, tanto a nivel federal como estatal. Las cuatro áreas de endemismo cubren un área total estimada en 1,456.8 km² y alrededor del 46.6 % de dicha superficie (680.4 km²) se localiza dentro de las ANP (Figura 4). En dicha región, se registran alrededor de 154 especies de Magnoliophyta, que corresponden al 17.6 % del total de especies analizadas en este estudio.

Como muestran los resultados, las áreas de endemismo reconocidas en este trabajo coincidieron en parte con ANP ya establecidas hacia el norte y sur del estado. Sin embargo, menos de la mitad de su área total se encuentra bajo alguna protección y su papel en la conservación del endemismo no es satisfactorio, pues menos del 18 % de las especies estarían sujetas a algún esquema de protección dentro de su territorio.

Existen regiones hacia el oeste del estado identificadas como sitios de endemismo que no se encuentran bajo alguna categoría de protección. Ortiz-Hernández *et al.* (2015) destacan la riqueza de vertebrados en estas zonas; ellos reportan allí la presencia de alrededor del 35 % de los vertebrados registrados para el estado, mismo que no han

sido incluidos dentro de alguna ANP. En particular para el género *Bursera*, Hernández-Pérez *et al.* (2011) señalan que en el centro y sur de Morelos se registra entre 5 a 10 especies, encontrando otros sitios también importantes hacia el norte, en la Sierra de Tepoztlán. Resultados similares son observados en un análisis de la riqueza de Magnoliophyta (Estrada-Márquez *et al.* en preparación).

Gómez *et al.* (2012), al analizar los patrones de riqueza de la mastofauna de la Faja Volcánica Trans-Mexicana, encuentran que la porción este concentra el mayor número de especies (101-116). En dicha región se encuentra inmersa la porción noroeste de Morelos. De la misma manera, Feria & Peterson (2002), resaltan que la porción este de la CB alberga una riqueza de especies de aves (entre 1 a 19) y endemismos (16), cuya región incluye más de la mitad del territorio del estado.

La información conjunta de plantas y animales deberá considerarse en futuros estudios locales o regionales, encaminados a proponer estrategias de conservación en Morelos. Las amenazas constantes y crecientes de la biodiversidad de Morelos son patentes por actividades antropogénicas (agricultura, incendios provocados, turismo y urbanización) y más recientemente el cambio climático (Ortiz-Hernández *et al.* 2015). Por esta razón, se requiere de información más detallada del componente endémico para acciones de conservación más eficaces.

Agradecimientos

La primera autora agradece al Posgrado en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México y a CONACYT por el apoyo económico (beca 330014) para realizar sus estudios de posgrado. También se

agradece el apoyo técnico brindado por Enrique Ortiz en diferentes facetas del trabajo y los comentarios constructivos de los compañeros del grupo de discusión semanal del cubículo A-218.

Supplementary data

Supplemental material for this article can be accessed here: <https://doi.org/10.17129/botsai.2492>

Literatura citada

- Alcántara O, Paniagua M. 2007. Patrones de distribución y conservación de las plantas endémicas. In: Luna I, Morrone JJ, Espinosa D, eds. *Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana*. Distrito Federal: Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 421-438. ISBN: 978-970-32-4871-1
- Becerra JX. 2005. Timing the origin and expansion of the Mexican tropical dry forest. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **102**: 10919-10923. DOI: <https://dx.doi.org/10.1073/pnas.0409127102>
- Bonilla-Barbosa JR, Villaseñor JL. 2003. *Catálogo de la flora del estado de Morelos*. Morelos, México: Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. ISBN: 968-878-116-7
- Bonilla-Barbosa JR, Villaseñor JL. 2006. Tipos de vegetación en el estado de Morelos. In: Rueda-Hurtado R. coord. *Atlas Municipal del Estado de Morelos*. México: Instituto de Geografía Tropical de la Habana - Praxis, pp. 126-140. ISBN: 970-682-277-1
- Brown JH, Gibson AC. 1983. *Biogeography*. St. Louis: Mosby. ISBN: 0-8016-0824-4
- Contreras-MacBeath T, Jaramillo-Monroy F, Boyás-Delgado JC, eds. 2006. *La diversidad biológica en Morelos. Estudio del Estado*. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. ISBN: 970-9000-033-0
- Escalante T. 2009. Un ensayo sobre regionalización biogeográfica. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **80**: 551-560. DOI: <http://dx.doi.org/10.22201/ib.20078706e.2009.002.627>
- Escalante T. 2015. Parsimony analysis of endemism and analysis of endemism: A fair comparison. *Systematics and Biodiversity* **13**: 413-418. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/14772000.2015.1046966>
- ESRI [Environmental Systems Research Institute]. 2010. ArcGIS 10.1. Redlands, California.
- Feria TP, Peterson T. 2002. Prediction of bird community composition based on point-occurrence data and inferential algorithms: a valuable tool in biodiversity assessments. *Diversity and Distributions* **8**: 49-56. DOI: <http://dx.doi.org/10.1046/j.1472-4642.2002.00127.x>
- Fernández-Nava R, Rodríguez-Jiménez C, Arreguín-Sánchez ML, Rodríguez-Jiménez A. 1998. Listado florístico de la Cuenca del Río Balsas, México. *Polibotánica* **9**: 1-151.
- Ferrusquia-Villafranca I. 1990. *Provincias Bióticas con énfasis en criterios morfotectónicos. Regionalización Biogeográfica, IV.8.10. Atlas Nacional de México. Vol II. Escala 1: 4,000,000*. México: Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Flores-Villela O, Geréz P. 1994. *Biodiversidad y conservación en México: vertebrados, vegetación y uso del suelo*. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Universidad Nacional Autónoma de México. ISBN: 968-36-3992-5
- Gámez N, Escalante T, Rodríguez G, Linaje M, Morrone JJ. 2012. Caracterización biogeográfica de la Faja Volcánica Transmexicana y análisis de los patrones de distribución de su mastofauna. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **83**: 258-272. DOI: <http://dx.doi.org/10.22201/ib.20078706e.2012.1.786>
- Hernández-Pérez E, González-Espinosa M, Trejo I, Bonfil C. 2011. Distribución del género *Bursera* en el estado de Morelos, México y su relación con el clima. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **82**: 964-976. DOI: <http://dx.doi.org/10.22201/ib.20078706e.2011.3.694>
- Marshall CJ, Liebherr JK. 2000. Cladistic biogeography of the Mexican transition zone. *Journal of Biogeography* **27**: 203-216. DOI: <https://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2699.2000.00388.x>
- Méndez-Larios I, Villaseñor JL, Lira R, Morrone JJ, Dávila P, Ortiz E. 2005. Toward the identification of a core zone in the Tehuacán-Cuicatlan Biosphere Reserve, Mexico, based on parsimony analysis of endemism of flowering plant species. *Interciencia* **30**: 267-274.
- Morrone JJ. 1994. On the identification of Areas of Endemism. *Systematic Biology* **43**: 438-441. DOI: <http://dx.doi.org/10.2307/2413679>
- Morrone JJ. 2001. *Sistemática, biogeografía, evolución. Los patrones de la biodiversidad en tiempo-espacio*. México, DF: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias. ISBN: 978-968-36-8600-8
- Morrone JJ. 2009. *Evolutionary biogeography: An integrative approach with case studies*. Nueva York: Columbia University Press. ISBN: 978-0-231-14378-3
- Morrone JJ. 2019. Regionalización biogeográfica y evolución biótica de México: encrucijada de la biodiversidad del Nuevo Mundo. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **90**: 1-68. DOI: <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2019.90.2980>

Áreas de endemismo en Morelos

- Munguía-Lino G, Escalante T, Morrone JJ, Rodríguez A. 2016. Areas of endemism of the North American species of Tigridaeae (Iridaceae). *Australian Systematic Botany* **29**: 142-156. DOI: <https://dx.doi.org/10.1071/SB16002>
- Noguera-Urbano EA. 2017. El endemismo: diferenciación del término, métodos y aplicaciones. *Acta Zoológica Mexicana* **33**: 89-107.
- Noguera-Urbano EA, Escalante T. 2015. Áreas de endemismo de los mamíferos (Mammalia) Neotropicales. *Acta Biológica Colombiana* **20**: 47-65. DOI: <http://dx.doi.org/10.15446/abc.v20n3.46179>
- Ortiz-Hernández ML, Sánchez-Salinas E, Castrejón-Godínez ML, Romero-Aguilar M. 2015. *Los indicadores ambientales como herramienta para la sustentabilidad. Estudio de caso en Morelos*. Morelos: Universidad Autónoma del Estado de Morelos. ISBN: 978-607-8434-13-8
- Platnick NI. 1991. On areas of endemism. *Australian Systematic Botany* **4**: 11-12.
- Ramamoorthy TP, Bye R, Lot A, Fa J. 1993. *Biological diversity of Mexico: origins and distribution*. Nueva York: Oxford University Press. ISBN: 0-19-506674-X
- Ruíz-Sánchez E, Munguía-Lino G, Vargas-Amado G, Rodríguez A. 2020. Diversity, endemism and conservation status of native Mexican Woody bamboos (Poaceae: Bambusoideae: Bambuseae). *Botanical Journal of the Linnean Society* **192**: 281-295. DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/botlinnean/boz062>
- Rzedowski J. 1978. *Vegetación de México*. México DF: Limusa. ISBN: 968-18-0002-8
- Sosa V, De-Nova A, Vásquez-Cruz M. 2018. Evolutionary history of the flora of Mexico: Dry forests cradles and museums of endemism. *Journal of Systematics and Evolution* **56**: 523-536. DOI: <https://dx.doi.org/10.1111/jse.12416>
- SPP [Secretaría de Programación y Presupuesto]. 1981. *Síntesis geográfica de Morelos*. México. CDMX: Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática. ISBN: 968-809-258-4
- Szumik CA, Cuezco F, Goloboff PA, Chalup AE. 2002. An optimality criterion to determine areas of endemism. *Systematic Biology* **51**: 806-816. DOI: <https://dx.doi.org/10.1080/10635150290102483>
- Szumik CA, Goloboff PA. 2004. Areas of endemism: an improved optimality criterion. *Systematic Biology* **53**: 968-977. DOI: <https://dx.doi.org/10.1080/1063515049088859>
- Takhtajan A. 1986. *Floristic regions of the world*. Berkeley: University of California Press. ISBN: 0-520-04027-9
- Velasco P, Arellano J, Silva-Pineda A, Guarneros S. 2007. Aspectos geológicos y paleontológicos. In: Luna I, Morrone JJ, Espinosa D. eds. *Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana*. Distrito Federal: Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 25-38. ISBN: 978-970-032-4871-1
- Villaseñor JL. 1987. Clave genérica para las compuestas de la cuenca del río Balsas. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **47**: 65-86.
- Villaseñor JL. 1990. The genera of Asteraceae endemic to Mexico and adjacent regions. *Aliso: A Journal of Systematic and Evolutionary Botany* **12**: 685-692. DOI: <https://dx.doi.org/10.5642/aliso.19901204.04>
- Villaseñor JL. 2003. Diversidad y distribución de las Magnoliophytas de México. *Interciencia* **28**: 160-167.
- Villaseñor JL, Maeda P, Rosell JA, Ortiz E. 2007. Plant families as predictors of plant biodiversity in Mexico. *Diversity and Distributions* **13**: 871-876. DOI: <https://dx.doi.org/10.1111/j.1472-4642.2007.00385.x>
- Villaseñor JL, Ortiz E. 2014. Biodiversidad de las plantas con flores (División Magnoliophyta) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **85**: 134-142. DOI: <https://dx.doi.org/10.7550/rmb.31987>
- Villaseñor JL. 2016. Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **87**: 559-902. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.rmb.2016.06.017>

Editor de sección: Eduardo Ruíz Sánchez

Contribución de los autores: ASEM y JLV diseñaron el estudio y escribieron el manuscrito. ASEM llevó a cabo los análisis bajo la supervisión de TE. Todos los autores revisaron y aceptaron la versión final del documento.

Capítulo 4. Patrones espaciales de riqueza de especies usando bases de datos de colecciones científicas y variables ambientales

Resumen

Documentar la distribución espacial de la riqueza de especies es una pregunta importante en ecología y conservación, y los registros de recolecta de especies provenientes de colecciones científicas constituyen una poderosa herramienta para su estudio. A partir de un conjunto de especies de Magnoliophyta buscamos responder ¿cómo es la distribución espacial de su riqueza de especies?, ¿los patrones espaciales varían en función de la escala de análisis, grupo taxonómico o forma de crecimiento?, ¿qué variables ambientales explican esta distribución espacial? Debido a que los datos de colecciones científicas pueden presentar sesgos geográficos o taxonómicos derivados de una estrategia no aleatoria de muestreo, hipotetizamos que el patrón espacial será agregado y que los factores abióticos que lo determinan serán diferentes a lo largo del área de estudio. Utilizando el Índice de Morisita (MI), los patrones se estimaron a diferentes escalas espaciales, para diferentes grupos taxonómicos y distintas formas de crecimiento. Mediante un Análisis de Redundancia (RDA) se identificaron las variables ambientales que influyen significativamente en los patrones resultantes. El MI indicó que, independientemente de la escala de análisis, el patrón de distribución de la riqueza de especies es aleatorio, al igual que en Fabaceae y Poaceae. En contraste, Asteraceae, Orchidaceae, el conjunto de especies trepadoras y los géneros y especies evaluados mostraron un patrón agregado sin importar la escala de análisis. Para el resto de las jerarquías biológicas se observó un cambio en el patrón espacial según la escala de análisis. El RDA mostró que la estacionalidad de la precipitación, la precipitación anual, la evapotranspiración real anual y el radio de absorción de sodio son las variables ambientales que influyen de manera significativa en los patrones observados. Nuestro estudio muestra que la escala de análisis, los atributos biofísicos y las estrategias ecológicas de los grupos taxonómicos estudiados son importantes para entender los patrones de distribución espacial de la riqueza de plantas con flores, hallazgos que podrían replicarse a una escala geográfica más amplia para analizar los procesos y mecanismos implícitos en su dinámica ecológica.

Palabras clave: Análisis de redundancia, Centro de México, Distribución geográfica, Escala espacial, Índice de Morisita, Jerarquía taxonómica, Magnoliophyta

Introducción

Un tema central en ecología y biogeografía es el estudio de los patrones de distribución de las especies, es decir, la superficie geográfica que actual o históricamente ha ocupado un taxón en un proceso continuo de interacciones no efímeras en el ecosistema. Generalmente tales patrones se observan como una serie de contracciones y expansiones espaciales a lo largo del tiempo (Rapoport, 1975; Zunino y Palestrini, 1991; Brown, 1995; Condit *et al.*, 2000; Gaston y Blackburn, 2000; Argáez *et al.*, 2005; Koleff *et al.*, 2008; Law *et al.*, 2009; Maciel-Mata *et al.*, 2015).

La dinámica de ocupación de los taxones en el espacio geográfico está influenciada por la interacción de factores históricos (e. g. longevidad del clado o linaje, aparición de una barrera geográfica), ecológicos (e. g. competencia, disponibilidad de recursos, clima, suelo) y fisiológicos (e. g. fenología, germinación, termorregulación), que varían a lo largo de la distribución de cada especie, sometiéndolas a diferentes condiciones bióticas y abióticas (Argáez *et al.*, 2005; Maciel-Mata *et al.*, 2015). Asimismo, la distribución de las especies no es homogénea ni azarosa, sino que suele agruparse en parches, formando gradientes u otro tipo de estructuras espaciales (Legendre y Fortin, 1989; Espinosa *et al.*, 2008; Koleff *et al.*, 2008) que responden a distintos factores, actuales y pasados (Espinosa *et al.*, 2008; Koleff *et al.*, 2008). Generalmente, la disposición en la distribución suele formar patrones, es decir, organizaciones repetitivas, no aleatorias (Brown y Gibson, 1983), que pueden ser detectadas y descritas, y a menudo indican procesos y estructuras subyacentes como lo son algunas características intrínsecas o extrínsecas de las especies (Fortin y Dale, 2005; Grimm *et al.*, 2005).

Se reconocen tres tipos de patrones de distribución espacial: 1) aleatorio, 2) uniforme y 3) agregado (Hubbell, 2001; Tannure *et al.*, 2002; Sánchez-Gutiérrez *et al.*, 2019). Existen diversos métodos cuantitativos que permiten analizar, detectar y describir estos patrones, los cuales se expresan en forma de índices (Lotwick y Silverman, 1982; Rozas y Camarero, 2005; Perry *et al.*, 2006; Szmyt, 2014; Velázquez *et al.*, 2016). Entre los más robustos se encuentra el índice de Morisita (MI, Morisita, 1959), que estima la variación del tipo e intensidad del patrón a lo largo de un gradiente espacial escalar (Sánchez-Gutiérrez *et al.*, 2019).

La mayoría de los estudios sobre patrones espaciales de distribución de las especies se han desarrollado considerando: a) grupos taxonómicos (árboles tropicales) o ecológicos clave (Hubbell, 1979; Condit *et al.*, 2000; Guo *et al.*, 2013; Hernández *et al.*, 2018; Sánchez-Gutiérrez *et al.*, 2019), a fin de determinar el efecto de la escala de análisis sobre el patrón de organización espacial (Condit *et al.*, 2000; Diggle, 2003; Perry *et al.*, 2006; Réjou-Méchain *et al.*, 2011; Ledo *et al.*, 2012); b) ecosistemas, para analizar la variación del patrón espacial a lo largo de un gradiente altitudinal (Hernández *et al.*, 2018; Sánchez-Gutiérrez *et al.*, 2019); y c) en ambientes antropizados, con el objeto de evaluar cómo influyen las actividades humanas sobre dicha métrica (Pavón-Hernández y Rico-Gray, 2004; Vásquez-Cortez *et al.*, 2020).

Adicionalmente, otro grupo de investigaciones se ha focalizado en comprender el comportamiento de la riqueza de especies (básicamente conformada por listados) a nivel de país o región en diversas localidades del mundo (Cornell y Lawton, 1992; Gaston, 1996; Koleff *et al.*, 2008; Cruz-Cárdenas *et al.*, 2013). Estudios enfocados al análisis de esta última métrica (riqueza de especies) han resaltado que para muchos grupos de organismos existe una menor concentración de especies hacia los polos, en las regiones altas de las montañas y en las zonas más secas del mundo (Gaston y Blackburn, 2000; Koleff *et al.*, 2008). Por el contrario, otros trabajos refieren a un aumento de la diversidad en relación con la latitud, donde la diversidad de especies incrementa conforme la unidad de análisis se encuentra más cerca de los trópicos o de la latitud 0° (Ruggiero, 2001; Morrone y Escalante, 2016).

En el caso particular de México, se ha observado que la mayor riqueza de especies de un amplio número de taxones se encuentra hacia el sureste del país o en regiones áridas del noroeste (Koleff *et al.*, 2008; Cruz-Cárdenas *et al.*, 2013; Ibarra-Manríquez *et al.*, 2015; Villaseñor, 2016). No obstante, a la fecha no existen estudios a nivel mundial que evalúen la dinámica del patrón espacial de la distribución en la riqueza de especies; es decir, que determinen si la tendencia geográfica del número de especies (no de la posición espacial de cada individuo ni de las abundancias por especie) muestra un comportamiento espacial variable a lo largo de un gradiente ambiental o de un territorio determinado (Gaston, 2000; Escalante *et al.*, 2003; Estrada *et al.*, 2012), conformando así estructuras espaciales

agregadas, uniformes o aleatorias, y cumpliendo/rechazando los supuestos de dependencia espacial contigua (Cruz-Cárdenas *et al.*, 2013).

Las plantas con flores (Magnoliophyta) constituyen uno de los grupos más diversos dentro del reino vegetal (Villaseñor y Ortiz, 2014). Incluyen una alta diversidad taxonómica y ecológica que les ha permitido prosperar en casi todos los ecosistemas terrestres y muchos acuáticos (Villaseñor y Ortiz, 2014). A nivel mundial se estiman más de 250,000 especies de Magnoliophyta, en tanto que para México se reportan 22,126 de ellas (Villaseñor y Ortiz, 2014; Villaseñor, 2016), situación que lo ubica entre los países con mayor diversidad del grupo (Ulloa *et al.*, 2017). Por lo expuesto, la documentación de la distribución espacial de la riqueza de plantas con flores a diferentes escalas en México, así como en diversos grupos taxonómicos y formas de crecimiento, generaría información teórica sobre el comportamiento de la organización espacial de este grupo de organismos y de los factores causales de su variación en el espacio. Dicha información constituye un tópico fundamental para la ecología, así como para la selección y priorización de áreas de conservación y manejo sostenible de este grupo de plantas, especialmente en este país megadiverso (Villaseñor *et al.*, 2005; 2007; Cruz-Cárdenas *et al.*, 2013).

Este trabajo busca dar respuestas a las siguientes preguntas: i) ¿cómo es la distribución espacial de la riqueza de especies de Magnoliophyta en el centro México?, ii) ¿los patrones espaciales varían en función de la escala de análisis, el grupo taxonómico, o dependiendo de la forma de crecimiento que presentan las especies? y iii) ¿qué variables ambientales explican dicha distribución espacial? Para responder estos planteamientos, los objetivos principales de este trabajo fueron analizar y describir los patrones espaciales de la riqueza de especies de Magnoliophyta en una región del centro de México, a diferentes escalas espaciales, con diferentes grupos taxonómicos y con variabilidad de formas de crecimiento, así como relacionar dichos patrones espaciales con variables ambientales que pudieran explicarlos. Para ello, se consideró conveniente analizar la riqueza florística del estado de Morelos, ya que contiene una riqueza inusual de especies de Magnoliophyta, que lo coloca como un modelo de análisis adecuado. El estado, con una superficie de 4,950 km², registra 3,219 especies (Villaseñor y Ortiz, 2014; Estrada-Márquez *et al.*, 2020), que corresponden a 14.5 % de la riqueza total registrada en el país.

Para el estudio de los patrones espaciales de distribución de las especies generalmente se emplean datos de abundancia (Hubell, 2001; Pavón-Hernández y Rico-Gray, 2004; Vázquez-Cortez *et al.*, 2020) y como hipótesis nula se indica la aleatoriedad espacial (Fortin y Dale, 2005; Szmyt, 2014). Sin embargo, en el presente estudio se emplean registros de recolecta de especies depositados en herbarios, los cuales de acuerdo con Newbold (2010) representan los mejores datos disponibles que describen la distribución de los taxones, además de ser de gran utilidad para la estimación de la riqueza de especies (Steege *et al.*, 2011; Alba *et al.*, 2021). A pesar de estas bondades, tales datos pueden representar sesgos hacia ciertas regiones geográficas o grupos taxonómicos, debido a la falta de una estrategia aleatoria de muestreo (Syfert *et al.*, 2013). El carácter oportunista del esfuerzo de recolecta en regiones como las aquí estudiadas, permite postular que existe un patrón agregado de las especies, por lo que no habrá diferencia en el comportamiento espacial de la distribución de la riqueza independientemente de la escala de análisis, grupo taxonómico o hábito de crecimiento. De la misma manera, se espera que sean diferentes los factores abióticos que influyen en la dinámica ecológica de los ecosistemas dominantes en Morelos, así como en la determinación de los patrones de distribución espacial de su riqueza de especies.

Materiales y métodos

Área de estudio

Morelos presenta una superficie de 4,950 km², con alrededor de 3,219 especies de Magnoliophyta (Villaseñor y Ortiz, 2014; Estrada-Márquez *et al.*, 2020). Esta riqueza se explica parcialmente por su posición geográfica, debido a que en la entidad convergen dos de las provincias morfotectónicas más ricas en diversidad vegetal del país (Bonilla-Barbosa y Villaseñor, 2003; Fernández-Nava *et al.*, 1998): la Faja Volcánica Trans-Mexicana (FVT) y la Sierra Madre del Sur (SMS) (Ferrusquía-Villafranca, 1990). A su vez, Morelos se encuentra inmerso en las provincias florísticas de la Cuenca del Balsas (CB) y Serranías Meridionales, que incluye la FVT y la Sierra Madre del Sur (SMS) (Rzedowski, 1978). Considerando estudios sobre la flora del estado, se estima que contiene alrededor del 48 % (2,490 especies) del total de especies de plantas vasculares registradas para la FVT y aproximadamente 58 % (2,886 especies) de las mencionadas para la CB (Bonilla-Barbosa y

Villaseñor, 2003, 2006; Villaseñor, 2003; Contreras-MacBeath *et al.*, 2006; Villaseñor y Ortiz, 2014). Asimismo, Morelos se ha señalado como una región importante de endemismo con base en el número de especies de Magnoliophyta endémicas de México que alberga en su superficie (Estrada-Márquez *et al.*, 2020).

Siguiendo las propuestas de Rzedowski (1978) y según adaptaciones de Flores y Geréz (1994), Morelos registra principalmente bosques templados hacia el norte de la entidad (que incluyen los bosques de *Abies*, de *Pinus*, de *Juniperus*, de *Pinus-Quercus*, de *Quercus* y húmedo de montaña) y bosque tropical estacionalmente seco hacia el centro y sur de su territorio. Otros tipos de vegetación con menor extensión presentes en el estado son pastizal alpino, vegetación acuática, vegetación arvense y vegetación secundaria (Bonilla-Barbosa y Villaseñor, 2003; Ortiz *et al.*, 2015). De igual manera, el estado registra cinco tipos principales de climas: 1) templado subhúmedo, 2) frío, 3) semifrío subhúmedo, 4) cálido subhúmedo y 5) semicálido subhúmedo (INEGI, 2008). La alta riqueza florística, diversidad de tipos de vegetación y amplia variabilidad climática, posicionan a Morelos como una adecuada unidad de estudio.

Datos espaciales

Se utilizó una base de datos que compiló registros del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB), de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, www.conabio.gob.mx) y del Portal de Datos Abiertos de la Universidad Nacional Autónoma de México (datosabiertos.unam.mx). Esta base contaba inicialmente con 33,046 registros de especies de Magnoliophyta presentes en Morelos, los cuales fueron revisados para actualizar la nomenclatura de algunas especies, así como para la correcta asignación de las coordenadas geográficas de muchas de ellas. Asimismo, se descartaron los registros de las especies cultivadas y de aquellas a las que no fue posible asignarles una coordenada geográfica. De esta manera, se obtuvo una base final con 30,122 registros correspondientes a 172 familias, 1,072 géneros y 3,150 especies de Magnoliophyta distribuidas en Morelos.

Estimación del patrón de distribución espacial de la riqueza florística

El patrón de distribución espacial de la riqueza de Magnoliophyta se estimó a dos distintas escalas espaciales: i) el estado de Morelos y ii) a nivel de cada una de las celdas en las que se dividió a la entidad. La primera escala de análisis requirió dividir a la entidad en cuadrículas con celdas de 6' de latitud y 6' de longitud (59 celdas de 116.6 km² c/u) (Figura 1A). Esta aproximación en su totalidad contiene todos los registros florísticos históricos y actuales (incidencias) procedentes de recolectas botánicas a nivel de paisaje para dicha entidad, por lo que es considerada la riqueza meta-gamma (Halffter y Moreno, 2005).

Para aproximar la segunda escala de análisis y determinar el patrón de distribución espacial de la riqueza de Magnoliophyta a nivel de celda, se emplearon cuadrículas con celdas de 3' de latitud y 3' de longitud (236 celdas de 29.1 km² c/u) anidadas al interior de las celdas de 6' x 6' (Figura 1B). Cada celda contiene el total de incidencias florísticas históricas y actuales que sobre dicha superficie han tenido lugar, de manera que representa el máximo esfuerzo de recolecta posible sobre la riqueza florística de una región y, en consecuencia, se entiende como la riqueza gama (Halffter y Moreno, 2005).

Con el propósito de analizar si la organización espacial de la riqueza florística de Magnoliophyta se modifica en función de la escala de análisis, se compararon los patrones obtenidos a escala estatal con los generados a nivel de celda. Para ello se consideraron los dos tamaños de celda descritos anteriormente (6' x 6' vs. 3' x 3'), las diferentes jerarquías biológicas: i) riqueza total de especies (3,150 taxones), ii) las cinco familias (Apocynaceae, 73 especies; Asteraceae, 448; Fabaceae, 256; Orchidaceae, 152; Poaceae, 279), géneros (*Bursera*, 20 especies; *Melampodium*, 10; *Salvia*, 50; *Senna*, 19; *Stevia*, 33) y especies (*Bursera copallifera*, 137; *Lemna aequinoctialis*, 124; *Malpighia mexicana*, 228; *Melampodium divaricatum*, 125) con mayor número de registros de recolecta. También se analizaron las principales formas de crecimiento que presentan las especies (árboles, 414 especies; arbustos, 98; hierbas, 1,203; trepadoras, 18).

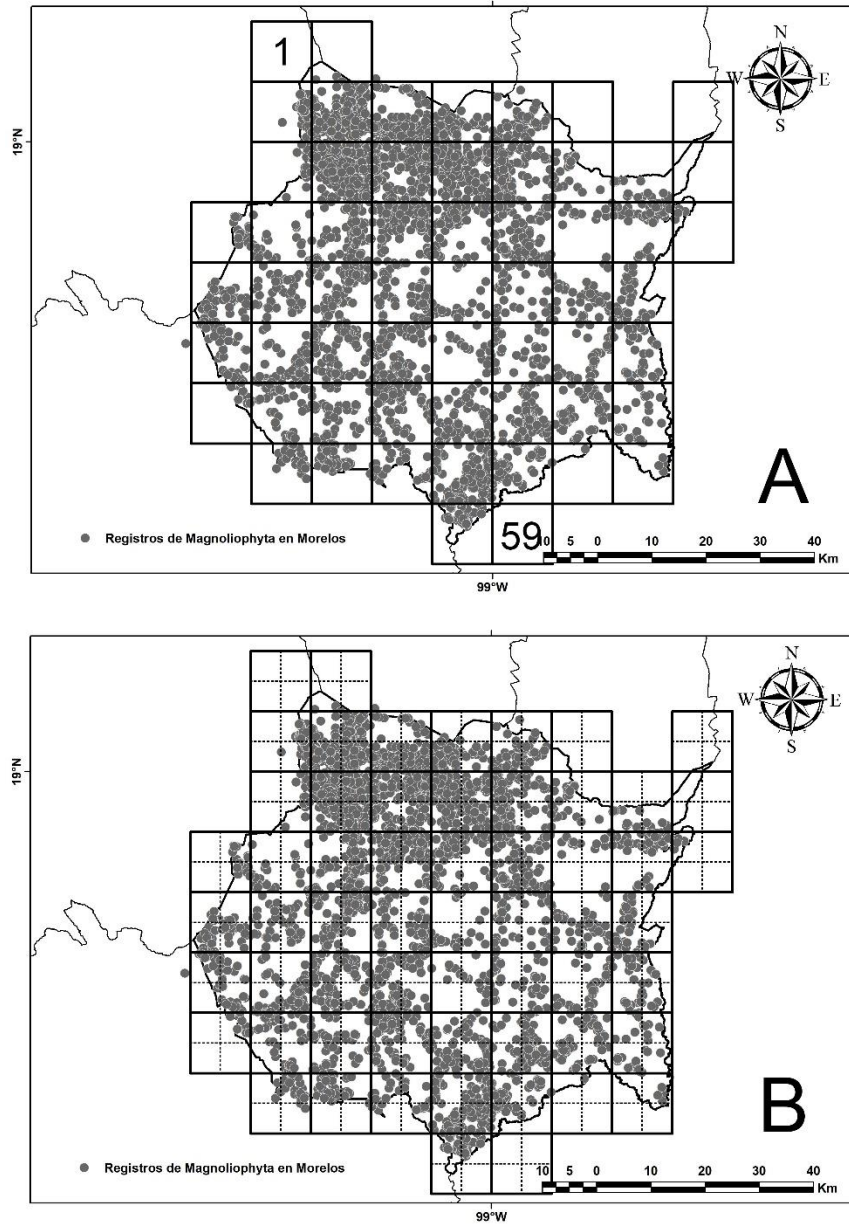


Figura 1. Celdas en que se dividió al estado de Morelos. A) 6' de latitud y 6' de longitud, B) 3' de latitud y 3' de longitud. Cada punto representa las incidencias de la riqueza florística recolectada históricamente en la entidad y por región. La numeración de las celdas inicia en el cuadro de la esquina superior izquierda, al noroeste de Morelos (celda 1), y continúa hacia las celdas de la derecha, finalizando en la esquina inferior derecha ubicada al sur de la entidad (celda 59).

Análisis estadísticos

Los patrones espaciales de la riqueza florística para las dos escalas de interés se estimaron mediante el índice de Morisita (MI, Morisita, 1959). Este índice es uno de los más robustos para cuantificar el grado de dispersión espacial de los individuos de una (o un conjunto de) especie(s), debido a que permite delimitar los intervalos de confianza e identificar así el patrón de distribución espacial resultante. Para ello se lleva a cabo la corroboración de la hipótesis de aleatoriedad espacial a través del cálculo de F de Morisita ($(F_{\infty}^{q-1}(\alpha))$; Morisita, 1959), expresado en la siguiente ecuación:

$$I_{\delta} = \sum_{i=1}^q ni \frac{(ni - 1)}{N(N - 1)}$$

Donde:

I_{δ} = Índice de dispersión de los individuos (Índice de Morisita, MI)

q = Número de celdas en que fue dividido el estado de Morelos ($n= 59$) o en los que se subdividió a la entidad ($n= 236$)

ni = Número de registros en la i -ésima celda o en la i -ésima sub-celda

N = Número total de registros en todas las q celdas o sub-celdas

Cuando el valor de $I_{\delta} = 1$ la distribución se considera aleatoria, $I_{\delta} > 1$ agregada, e $I_{\delta} < 1$ uniforme (Morisita, 1959; Sánchez-Gutiérrez *et al.*, 2019). Para apoyar la hipótesis de aleatoriedad espacial y determinar si el patrón de distribución de la riqueza de especies de Magnoliophyta (y del resto de jerarquías biológicas y formas de crecimiento) presentes en el estado de Morelos sigue una distribución χ^2 con $q-1$ grados de libertad, se aplicó la prueba de F_0 de Morisita con un $\alpha = 0.01$, comparando el valor de F_0 con la F de tablas ($(F_{\infty}^{q-1}(\alpha))$) (Morisita, 1959).

Variables ambientales que influyen en el patrón de distribución de la riqueza florística

Se obtuvo un conjunto de 58 variables ambientales con una resolución de 1 km², que incluye 26 climáticas (Hijmans *et al.*, 2005), nueve edáficas, nueve topográficas y 14 de datos de teledetección (Cruz-Cárdenas *et al.*, 2014). Posteriormente se aplicó un análisis de correlación de Pearson para descartar aquellas variables con altos valores de colinealidad (>85) (Syfert *et al.*, 2013), obteniendo como resultado 28 variables no colineales (Anexo 2). Una vez seleccionadas las variables no correlacionadas, se extrajeron los valores de cada píxel de 1 km² utilizando ArcGis 10.1 (ESRI, 2010). Estos valores se agregaron a la cuadrícula de 6' longitud y 6' latitud, obteniendo los valores promedio de cada celda, los cuales fueron estandarizados a valores Z, basados en la media y la desviación estándar (Mendenhall y Sincich, 2016), la cual se usa para estandarizar valores a una misma escala.

Con la finalidad de identificar las variables ambientales que determinan el arreglo espacial del patrón de la riqueza florística de Magnoliophyta en Morelos, se llevó a cabo un Análisis de Redundancia (RDA). Este método permite evaluar la mayor correlación posible entre un conjunto de variables de respuesta (McCune y Grace, 2002) e interpretar cuáles son las que influyen significativamente en los patrones de distribución espacial de riqueza analizados. Para este análisis se emplearon dos matrices: 1) una matriz de incidencias por celda (celdas de 6' x 6' subdivididas en celdas de 3' x 3') de las 3,150 especies de Magnoliophyta distribuidas en el área de estudio y 2) una matriz de promedios por celda de un conjunto de variables ambientales. El RDA se llevó a cabo en R v.3.6 (R Development Core Team, 2020), utilizando la función “rda” del paquete vegan (Oksanen *et al.*, 2019). Finalmente se seleccionó el modelo más parsimonioso y las variables con mayor significancia ($p < 0.001$, 999 permutaciones).

Resultados

Patrón de distribución espacial a nivel estatal

De manera general, el MI indica que en el estado de Morelos la distribución de los valores de riqueza total de especies de Magnoliophyta (N=3,150) presenta un patrón espacial aleatorio, independientemente del tamaño de celda empleado (Tabla 1 y 2). El mismo resultado fue observado al analizar la distribución de la riqueza de especies de las familias

Fabaceae y Poaceae, en todas las formas de crecimiento analizadas y en las especies que presentan un hábito de crecimiento arbustivo (Tabla 1). Por el contrario, Asteraceae y Orchidaceae mostraron un patrón espacial agregado, sin importar el tamaño de celda utilizado. Lo mismo se observa para los cinco géneros (*Bursera*, *Melampodium*, *Salvia*, *Senna* y *Stevia*) y las especies con mayor número de registros (*Bursera copallifera* (DC.) Bullock, *Lemna aequinoctialis* Welw., *Malpighia mexicana* A. Juss. y *Melampodium divaricatum* (Rich.) DC.), así como para las especies trepadoras (Tabla 1).

Para el resto de las jerarquías biológicas analizadas, se observa un cambio en el patrón espacial según la escala de análisis. De esta manera, entre las cinco familias y los cinco géneros con mayor número de registros, la familia Apocynaceae, así como las especies arbóreas y herbáceas presentan un patrón espacial agregado a una escala de 6' longitud y 6' latitud, el cual cambia a un patrón aleatorio en una escala más fina (3' de longitud y latitud) (Tabla 1).

Tabla 1. Valores del Índice de Morisita (MI) y patrón espacial respectivo para cada una de las escalas de análisis en el estado de Morelos para distintas categorías taxonómicas y formas de crecimiento con el mayor número de registros. La $F_{\infty}^{q-1}(\alpha) = 1.36$, por lo que se estableció un 99 % de confiabilidad.

	MI	Patrón espacial	MI	Patrón espacial
	Celdas 6' x 6'		Celdas 3' x 3'	
Total de especies de Magnoliophyta (N=3,150)				
Total	1.30	Aleatorio	1.17	Aleatorio
Familias				
Apocynaceae	1.54	Agregado	1.29	Aleatorio
Asteraceae	1.60	Agregado	1.361	Agregado
Fabaceae	1.24	Aleatorio	1.12	Aleatorio
Orchidaceae	2.29	Agregado	1.75	Agregado
Poaceae	1.19	Aleatorio	1.15	Aleatorio

Total	1.37	Agregado	1.21	Aleatorio
Géneros				
<i>Bursera</i> (Burseraceae)	2.05	Agregado	1.67	Agregado
<i>Melampodium</i> (Asteraceae)	1.83	Agregado	1.72	Agregado
<i>Salvia</i> (Lamiaceae)	2.09	Agregado	1.57	Agregado
<i>Senna</i> (Fabaceae)	1.72	Agregado	1.52	Agregado
<i>Stevia</i> (Asteraceae)	2.02	Agregado	1.64	Agregado
Total	1.44	Agregado	1.29	Aleatorio
Especies				
Total	19.04	Agregado	17.87	Agregado
Formas de crecimiento				
Árboles	1.38	Agregado	1.19	Aleatorio
Arbustos	1.35	Aleatorio	1.23	Aleatorio
Hierbas	1.39	Agregado	1.27	Aleatorio
Trepadoras	2.10	Agregado	1.78	Agregado
Total	1.33	Aleatorio	1.21	Aleatorio

Patrón de distribución espacial por celda

El índice de Morisita indicó que el patrón de distribución espacial de la riqueza de Magnoliophyta dentro de cada una de las celdas de 6' de latitud y longitud es aleatorio. Los valores de F_0 fueron menores a la F de tablas ($F_{\infty}^{q-1}(\alpha) = 1.36$), oscilando entre 1.00084 – 1.3341 (Tabla 2). Cabe precisar que para seis celdas (1, 8, 9, 17, 56, 59) no fue posible calcular el valor del índice de Morisita y la F_0 , debido a la ausencia de registros de recolecta.

Tabla 2. Valores del Índice de Morisita (MI) para cada una de las celdas de 6' de latitud y 6' de longitud en las que fue dividido el estado de Morelos. La $F_{\infty}^{q-1}(\alpha) = 1.36$, por lo que se estableció un 99 % de confiabilidad. Excepto las celdas con valor de 0 (debido a que

carecen de registros de especies), las demás por su índice muestran un patrón de distribución aleatorio.

Celda	MI	$F_{\infty}^{q-1}(\alpha)$	Celda	MI	$F_{\infty}^{q-1}(\alpha)$	Celda	MI	$F_{\infty}^{q-1}(\alpha)$
1	0	0	21	1.99	1.09	41	1.26	1.00
2	4	1.00	22	2.73	1.09	42	1.10	1.00
3	3.16	1.33	23	1.21	1.00	43	4	1.00
4	1.42	1.08	24	3.25	1.01	44	1.78	1.00
5	1.60	1.05	25	2.25	1.01	45	1.32	1.00
6	3.41	1.13	26	4	1.00	46	1.48	1.01
7	1.55	1.00	27	1.92	1.03	47	1.49	1.01
8	0	0	28	1.14	1.00	48	2.24	1.09
9	0	0	29	1.64	1.03	49	2.05	1.03
10	2.19	1.02	30	1.27	1.00	50	1.17	1.00
11	1.35	1.12	31	1.49	1.00	51	2.21	1.01
12	1.80	1.09	32	1.78	1.01	52	3.42	1.02
13	2.04	1.12	33	1.12	1.00	53	1.80	1.01
14	2.04	1.06	34	2.21	1.03	54	1.29	1.03
15	3.03	1.03	35	1.13	1.00	55	1.70	1.03
16	1.94	1.00	36	2.15	1.03	56	0	0
17	0	0	37	1.33	1.00	57	4	1.00
18	2.45	1.00	38	1.94	1.03	58	2.14	1.04
19	1.68	1.00	39	1.35	1.00	59	0	0
20	2.25	1.13	40	1.47	1.00			

Efecto de las variables biofísicas sobre la organización espacial de la riqueza florística

El Análisis de Redundancia permitió seleccionar las variables ambientales más importantes que influyen en los patrones espaciales de la riqueza de Magnoliophyta en el estado de Morelos. El modelo más parsimonioso indicó que cuatro variables explican 95.9 % (p=

0.05) del total de la varianza acumulada (Tabla 3). Los resultados indican que el radio de absorción de sodio, la estacionalidad de la precipitación, la precipitación anual y la evapotranspiración real anual, influyen de manera importante en los patrones espaciales de la riqueza florística en la entidad (Tabla 3).

Tabla 3. Variables que constituyen el modelo más parsimonioso en el Análisis de Redundancia (RDA). Para todas las variables, los grados de libertad son 1.

Variable ambiental	AIC	F	Pr(>F)
Radio de absorción de sodio	-5.812	12.334	0.005
Estacionalidad de la precipitación	-3.936	14.445	0.005
Precipitación anual	-3.138	15.363	0.005
Evapotranspiración real anual	1.235	20.623	0.005

Discusión

En el presente estudio se analizó la tendencia geográfica del número de especies de plantas con flores del estado de Morelos, pero debido a que en la literatura no se encontraron datos puntuales que analicen este tópico, nuestros resultados únicamente fueron comparados con aquellos trabajos que abordan los patrones espaciales de distribución de las especies.

Efecto de la escala y de la jerarquía biológica sobre el patrón de distribución espacial

Con base en el MI, el patrón de distribución espacial de la riqueza de especies de Magnoliophyta en Morelos presenta un patrón espacial aleatorio (Tabla 1 y 2), independientemente de la escala de análisis y del nivel jerárquico utilizado (familias, géneros, especies y formas de crecimiento; Tabla 1). Este hallazgo contrasta con los principales aportes teóricos concebidos en las últimas décadas en el área de la ecología espacial (Hubbell, 1979, 2001; Condit *et al.*, 2000; Diggle, 2003; Pavón-Hernández y Rico-Gray, 2004; Wiegand y Moloney, 2004; Rozas y Camarero, 2005; Perry *et al.*, 2006, 2008; Réjou-Méchain *et al.*, 2011; Ledo *et al.*, 2012; Guo *et al.*, 2013; Tannure *et al.*, 2002; Hernández *et al.*, 2018; Sánchez-Gutiérrez *et al.*, 2019; Vásquez-Cortez *et al.*, 2020), a la

vez que permite rechazar la hipótesis inicial planteada en el presente estudio, dado que aun cuando nuestros datos provenían de registros de herbario, el patrón espacial dominante no fue agregado.

El mismo patrón se observa con los datos de Fabaceae y Poaceae, el conjunto total de datos de las diferentes formas de crecimiento que se registran para la entidad, así como para las especies arbustivas. Estos resultados también se contraponen con los patrones espaciales observados en comunidades naturales de plantas, donde la aleatoriedad es la excepción más que la regla (Condit *et al.*, 2000; Tannure *et al.*, 2002). Para cumplir con este comportamiento sería necesario que todo el espacio ofreciera las mismas condiciones ambientales, y así la organización de los individuos no tendería a un patrón diferente que lo esperado por el azar (Condit *et al.*, 2000).

El patrón espacial aleatorio de Fabaceae puede explicarse por algunas características biológicas particulares, por ejemplo, su gran diversidad de formas de crecimiento (árboles, arbustos, hierbas) que le permiten distribuirse ampliamente en una gran variabilidad de hábitats. Las especies de esta familia también se encuentran en climas cálidos, templados y fríos, de secos a húmedos (Sousa y Delgado, 1993); es decir, no es exclusiva a ciertos ambientes ni presenta preferencia por condiciones específicas para desarrollarse. En cambio, la familia Poaceae, cuyas especies exclusivamente herbáceas se distribuyen en casi todos los ecosistemas, desde los acuáticos hasta los terrestres, tiene preferencia por ambientes fuertemente antropizados, de ahí a que sean comúnmente consideradas como plantas ruderales o malezoides. Sin embargo, poseen características anatómicas, bioquímicas, fisiológicas y metabólicas que las hace tolerantes a vivir en diversos hábitats (Dávila *et al.*, 2018; Sánchez-Ken, 2018) y, si bien se encuentran entre los componentes dominantes en etapas de sucesión tempranas, también se les registra en estados sucesionales más tardíos; todos estos elementos pueden ser considerados para explicar el patrón espacial aleatorio registrado en nuestro estudio.

El conjunto total de datos de las familias y géneros con el mayor número de registros, la familia Apocynaceae, así como las especies con formas de crecimiento arbóreas y herbáceas, en contraste, presentaron a una escala más amplia (6' de latitud y longitud) un patrón espacial agregado, consistente con la hipótesis inicial. Sin embargo, al llevar a cabo los análisis a una escala más fina (3' de latitud y longitud), este patrón

espacial cambia a aleatorio. Dada la heterogeneidad en el conjunto de jerarquías biológicas analizadas, es complejo ofrecer una explicación puntal de la variabilidad observada entre escalas de análisis. Sin embargo, existe evidencia empírica al respecto (Taylor, 1961; Hernández *et al.*, 2018), la cual indica que aun cuando la distribución agrupada es la forma más común en la naturaleza, ésta puede cambiar a una distribución aleatoria si la competencia por los recursos disminuye la densidad de individuos en un área (Rozas y Camarero, 2005; Hernández *et al.*, 2018).

La organización espacial agregada en la familia Apocynaceae está condicionada por factores físicos y biológicos que pueden generar condiciones climáticas particulares, las cuales proporcionan hábitats apropiados y muy restringidos para la supervivencia de las especies (Juárez-Jaimes *et al.*, 2007; González-Rocha y Cerros-Tlatilpa, 2015; Alvarado-Cárdenas *et al.*, 2020). Por el contrario, también se ha mencionado que un amplio número de taxones endémicos de Apocynaceae se distribuyen en zonas de alta perturbación antrópica (Alvarado-Cárdenas *et al.*, 2020), que en términos de escala representan en realidad parches resultantes (riqueza gamma) del paisaje modificado (riqueza meta-gamma), lo que podría explicar el patrón espacial de distribución aleatorio que presentó esta familia a una escala más fina (3' x 3').

Otro ejemplo del cambio del patrón espacial según la escala de análisis es el caso del conjunto de especies con crecimiento arbóreo, el cual mostró un patrón espacial agregado a una escala de 6' x 6', pero al analizarse a una escala de 3' x 3' el patrón espacial resultante fue aleatorio. Una de las especies arbóreas analizadas en este conjunto de datos fue *Tilia americana* L., cuyo comportamiento espacial fue similar al reportado por Pavón-Hernández y Rico-Gray (2004), quienes mencionan que el patrón espacial agregado es característico de los individuos de *Tilia* spp.; sin embargo, encontraron patrones agregados y aleatorios en distintos sitios de muestreo en una región perturbada de Veracruz. Estos autores adjudican sus resultados como consecuencia de las actividades humanas que modifican el hábitat y que afectan de manera directa la reproducción, establecimiento y supervivencia de la especie, ya que en sitios con bajo disturbio el patrón agregado es dominante en este taxón (Pavón-Hernández y Rico-Gray, 2004).

Las familias Asteraceae y Orchidaceae, así como los géneros *Bursera*, *Melampodium*, *Salvia*, *Senna* y *Stevia*, todas las especies con mayor número de registros y

los taxones con formas de crecimiento trepador, mostraron concordancia con la hipótesis propuesta de un patrón espacial agregado, aun cuando se analizaron a diferentes escalas. En un patrón espacial agregado los individuos se encuentran aglomerados, aislándose de otras especies (Hubbell, 2001; Tannure *et al.*, 2002; Sánchez-Gutiérrez *et al.*, 2019), lo cual puede manifestar efectos positivos de atracción al formar grupos densos de individuos (Hernández *et al.*, 2018), así como influir en aspectos de defensa, supervivencia y reproducción (Pavón-Hernández y Rico-Gray, 2004; Vásquez-Cortez *et al.*, 2020).

El patrón observado en la familia Orchidaceae se puede explicar en gran medida por su grado de especificidad con el hospedero (e.g. *Quercus* spp.), que por lo común está representado por especies arbóreas que se estructuran en comunidades monoespecíficas (Valencia-Ávalos, 2004; Cruz-Fernández *et al.*, 2011), lo que favorece la agregación espacial de esta familia. Un caso similar se observa en la familia Asteraceae, en donde el patrón agregado se explica parcialmente por la fidelidad ecológica de una alta proporción de sus miembros (49 %) a un ambiente en particular, aun cuando está conformada por malezas conspicuas características de diversos paisajes (Villaseñor y Espinosa-García, 2004; Villaseñor, 2018).

La consistencia de la agregación espacial en el conjunto de datos de las especies con mayor número de registros puede deberse a que, bajo la jerarquía taxonómica de especie, las condiciones ambientales que favorecen su establecimiento y desarrollo en las comunidades biológicas se comparten entre todas ellas, fomentando interacciones intra e inter-específicas, así como entre los individuos y el ambiente (Hernández *et al.* 2018). También se ha demostrado que el grado de agregación espacial a nivel de especie puede explicarse parcialmente por rasgos biológicos que no interactúan con el ambiente, como el síndrome de dispersión (Bullock *et al.*, 2001; Réjou-Méchain *et al.*, 2011).

Particularmente, los síndromes de dispersión son atributos importantes en la formación del patrón de distribución espacial (Hubbell, 1979; Condit *et al.*, 2000; Seidler y Plotkin, 2006) debido a su influencia en la cercanía con la planta madre, llegando a provocar patrones agregados (Ramón, 2015; Vásquez-Cortez *et al.*, 2020). Dependiendo del vector de dispersión puede existir mayor o menor agregación en el espacio; por ejemplo, aquellas plantas dispersadas por animales presentan menor agregación con respecto a aquellas que se dispersan por viento, las cuales pueden mostrar una fuerte agregación en el

sitio de estudio (Bullock *et al.*, 2001; Ramón, 2015). Este fenómeno es congruente con nuestros resultados para el patrón de agregación que presentó el género *Bursera*, tanto a una escala mayor como una escala más fina, del cual se conoce que los principales dispersores de sus semillas son las aves (ornitocoria), desplazándolas cientos y hasta miles de metros en pocos días (Ortiz-Pulido y Rico-Gray, 2006; Cultid-Medina y Rico, 2020).

Es relevante enfatizar que el patrón de agregación no es unifactorial, sino que obedece a diversos procesos ecológicos que actúan de manera simultánea, y que aun cuando no fueron medidos en este estudio podrían explicar nuestros hallazgos; ejemplos de ellos son i) una deficiente dispersión de semillas (Hubbell, 1979; Condit *et al.*, 2000; Seidler y Plotkin, 2006; Carrillo-Ángeles y Mandujano, 2011; Ramón, 2015; Sánchez-Gutiérrez *et al.*, 2019) y propágulos (Carrillo-Ángeles y Mandujano, 2011), ii) heterogeneidad ambiental a escalas suficientemente grandes (Diggle, 2003; Wiegand y Moloney, 2004), iii) interacción con otras especies (Kéfi *et al.*, 2008; Carrillo-Ángeles y Mandujano, 2011; Hernández *et al.*, 2018), particularmente por la atracción de polinizadores (Hubbell, 1979), iv) facilitación en las etapas tempranas (Ramón, 2015), v) uso y distribución heterogénea de los recursos (Condit *et al.*, 2000; Carrillo-Ángeles y Mandujano, 2011), vi) topografía del terreno (Ramón, 2015) o vii) procesos relacionados con la dinámica forestal y el ciclo de vida de cada taxón (Condit *et al.*, 2000; Dale, 2004; Sánchez-Gutiérrez *et al.*, 2019).

Con base en lo expuesto y como lo mencionan Fortin y Dale (2005), los patrones espaciales encontrados en el presente estudio para las Magnoliophyta de Morelos pueden resultar de una mezcla de procesos exógenos (por ejemplo, condiciones ambientales, configuración espacial de hábitats, disturbios) y endógenos (dispersión, competencia, inhibición espacial), los cuales varían en función de la escala de análisis así como de las características biológicas particulares de los taxones estudiados. Un claro ejemplo de lo anterior es el estudio de Newton *et al.* (2012) en la Amazonía Brasileña, en donde encontraron que el patrón espacial del género *Copaifera* spp. puede variar a nivel intra e interespecífico si se analiza a escala local (riqueza gamma) o a nivel de paisaje (riqueza meta-gamma). De manera que la fineza de la resolución permite apreciar procesos que a una escala mayor resultaría poco factible visualizar, los cuales, de acuerdo con nuestros datos, parecen ser consistentes al analizar grupos taxonómicos a nivel general (p. ej. datos

totales de familias y géneros) o en el contraste entre dos formas de crecimiento (p. ej. árboles y hierbas) directamente afectadas por las propiedades competitivas de sus mecanismos biológicos (Bullock *et al.*, 2001).

Influencia de variables ambientales en el patrón de distribución de la riqueza de Magnoliophyta

Las variables que influyen en el patrón espacial aleatorio que presentó la riqueza de Magnoliophyta en cada una de las celdas de 6' x 6' en Morelos fueron el radio de absorción de sodio, la estacionalidad de la precipitación, la precipitación anual y la evapotranspiración real anual. Un patrón espacial aleatorio implica que las condiciones sean similares en un mismo espacio (Tannure *et al.*, 2002), lo que puede resultar en una homogeneidad ambiental (Hubbell, 2001). Tomando esta última idea como referencia, es necesario señalar que de manera general Morelos presenta dos tipos principales de vegetación: bosque tropical estacionalmente seco en su porción centro y sur, que constituye la mayor parte de la entidad, así como bosques templados en su porción norte (Bonilla-Barbosa y Villaseñor, 2003; Ortiz *et al.*, 2015).

El bosque tropical estacionalmente seco de Morelos ocupa la mayor extensión superficial del estado (aproximadamente 560 km²) (Contreras-MacBeath *et al.*, 2006) y se caracteriza por una marcada estacionalidad climática, presentando una época de lluvias (junio-septiembre) en la cual la vegetación luce exuberantemente verde, contrastando con la época de sequía (octubre-mayo), cuando la mayoría de las especies vegetales pierden sus hojas (Ortiz *et al.*, 2015). Diversos estudios enfocados a determinar los factores abióticos que influyen en la dinámica de regeneración en este tipo de vegetación (Ceccon *et al.*, 2006; Vieira y Scariot, 2006; Beltrán-Rodríguez *et al.*, 2018; Guerra-Martínez *et al.*, 2020) han señalado que una marcada estacionalidad de la precipitación y los periodos frecuentes de sequía que producen una variación en la disponibilidad hídrica del suelo, son los principales factores físicos que juegan un papel importante en la estructuración de patrones de actividad metabólica y crecimiento en este bioma, así como en sus procesos de resiliencia y regeneración. Estos dos aspectos son congruentes con nuestros resultados, ya que la estacionalidad en la precipitación, la precipitación anual y la evapotranspiración, son variables relacionadas con las condiciones hidrológicas, las cuales determinan en gran

medida la diversidad, fenología, formas de crecimiento, demografía, estructura y fisionomía de estos bosques estacionalmente secos, tanto a escalas locales como regionales (Guerra-Martínez *et al.*, 2020).

También se ha reportado que, en regiones áridas y semiáridas, donde la precipitación anual es insuficiente para satisfacer las necesidades de evapotranspiración de las plantas, los suelos pueden verse afectados por sodio y sales en general, que no se disuelven y se acumulan en cantidades que son perjudiciales para el crecimiento de los vegetales, así como para los procesos de descomposición y disponibilidad de nutrientes, inhibiendo la dinámica propia del suelo (Gasca *et al.*, 2011). Campo *et al.* (2001) analizaron el intemperismo en un bosque tropical seco de México, con el fin de documentar su importancia en el ciclo de nutrientes en este bioma, tomando como una de las variables estudiadas el balance de sodio en el suelo. Estos autores señalaron que el sodio es un indicador relevante en el proceso de intemperismo del ecosistema analizado, el cual tiene una notable función en la economía de nutrimentos del bosque, al no ser reemplazadas totalmente las pérdidas con los ingresos desde la atmósfera (Campo *et al.*, 2001). Acorde con nuestros resultados, algunas de las características asociadas a los nutrientes (Perry *et al.*, 2008) y a procesos biológicos del suelo, como es el caso del sodio, pueden influir en los patrones espaciales de las plantas aun cuando éstas pudieran presentar una disposición espacial distinta debido a sus características endógenas (Fortin y Dale, 2005), provocando patrones espaciales similares.

Los bosques templados presentes en Morelos (incluyendo los bosques de *Abies*, de *Pinus*, de *Juniperus*, de *Pinus-Quercus*, de *Quercus* y húmedo de montaña) se distribuyen en ambientes con bajas temperaturas y en altitudes de hasta 3,500 m snm (Ortiz-Hernández *et al.*, 2015). En su sotobosque están frecuentemente representados géneros como *Salvia* y *Stevia*, cuyo patrón espacial en el presente estudio fue consistentemente agregado. Este tipo de bioma se ha mostrado como relevante debido a que su captación de agua por precipitación es superior a la evaporación, permitiendo la formación de mantos freáticos que funcionan como importantes reservorios de agua dulce (Granados-Sánchez *et al.*, 2007). Una vez más, el factor hídrico resulta una variable importante dentro de los componentes de la vegetación en Morelos.

De acuerdo con Vidal-Macua *et al.* (2017), los principales factores biofísicos que determinan la dinámica ecológica de los bosques templados son la radiación solar, la humedad y la capacidad de tolerancia a la sequía a nivel de especie. Otros autores también han postulado la importancia del nitrógeno en el ciclo de nutrientes del suelo y en la dinámica productiva de este ecosistema (Aber *et al.*, 1991). Aun cuando en nuestro estudio estas variables no fueron significativas, están relacionadas indirectamente con los ciclos biológicos del suelo, entre los que destaca el radio de absorción de sodio. Esta variable expresa una relación entre las concentraciones de sodio, magnesio y calcio que estima la tendencia del agua de propiciar la compactación del suelo (Krapivin, 2008; Cronan, 2018), lo que propicia condiciones restrictivas para el establecimiento y desarrollo de las especies, favoreciendo así un patrón de distribución espacial aleatorio.

Si bien tanto el bosque tropical estacionalmente seco como los bosques templados de la entidad presentan dinámicas, climas y composiciones florísticas distintas, a la escala espacial con la que fue analizada la entidad (celdas de 6' de latitud y 6' de longitud), las variables ambientales que resultaron como determinantes del patrón aleatorio de la riqueza de Magnoliophyta en cada una de las celdas parecen influir de manera homogénea en toda la superficie. De esta manera, independientemente de la diversidad de sistemas que se estén considerando, los mecanismos que subyacen al patrón espacial encontrado son los mismos (Perry *et al.*, 2008).

El estudio de la distribución espacial permite identificar los mecanismos y factores que promueven la coexistencia inter e intraespecífica, la diversidad vegetal de los ecosistemas, el uso de los recursos del entorno por los organismos, así como las condiciones ambientales que son relevantes para su mantenimiento (Condit *et al.*, 2002; Rozas y Camarero, 2005; Perry *et al.*, 2008; Montañez *et al.*, 2010; Guo *et al.*, 2013; Hernández *et al.*, 2018; Sánchez-Gutiérrez *et al.*, 2019; Vásquez-Cortez *et al.*, 2020). Este trabajo es una de las primeras contribuciones al análisis de la distribución espacial de la riqueza de especies, así como del uso de sus datos de ocurrencia provenientes de herbarios, los cuales resultaron útiles en la estimación de los patrones espaciales de diferentes jerarquías biológicas y escalas geográficas.

Finalmente, es relevante enfatizar que los datos provenientes de colecciones científicas pueden constituir una alternativa cuando no se cuente con datos de abundancia

de especies o se requiera analizar escalas geográficas mayores. Por lo tanto, nuestros hallazgos representan un importante aporte a la incipiente teoría sobre los procesos que explican los patrones espaciales, particularmente apoyando la predicción de que los patrones de distribución de la riqueza de especies cambian cuando se modifica la escala de análisis. A su vez, contrario a lo planteado por diversos autores en cuanto a que la distribución de las especies no es uniforme ni azarosa (Legendre y Fortin, 1989; Espinosa *et al.*, 2008; Koleff *et al.*, 2008), nuestros resultados resaltan que la riqueza de especies puede presentar patrones espaciales aleatorios dónde intervienen múltiples procesos inherentes a la biología de los grupos taxonómicos analizados. Estas ideas constituyen una base preliminar para coadyuvar en la implementación de estrategias efectivas que permitan la preservación de la biodiversidad en el tiempo y el espacio.

Referencias bibliográficas

Aber, J. D., J. M. Melillo, K. J. Nadelhoffer, J. Pastor y R. D. Boone. 1991. Factors controlling nitrogen cycling and nitrogen saturation in northern temperate forest ecosystems. *Ecological Applications* 1: 303-315.

Alba, C., R. Levy y R. Hufft. 2021. Combining botanical collections and ecological data to better describe plant community diversity. *PLoS ONE* 16: 1-17.

Alvarado-Cárdenas, L. O., L. Lozada-Pérez, C. S. Islas-Hernández, E. B. Cortez, K. G. Maya-Mandujano y M. G. Chávez-Hernández. 2020. Apocináceas de ayer y hoy. Conocimiento histórico y reevaluación de la diversidad y distribución de Apocynaceae en México. *Botanical Sciences* 98: 393-416.

Argáez, J. A., J. A. Christen, M. Nakamura y J. Soberón. 2005. Prediction of potential areas of species distributions based on presence-only data. *Environmental and Ecological Statistics* 12: 27-44.

Beltrán-Rodríguez, L., J. I. Valdez-Hernández, M. Luna-Cavazos, A. Romero-Manzanares, E. Pineda-Herrera, B. Maldonado-Almanza, M. A. Borja-de la Rosa y J. Blancas-Vázquez.

2018. Estructura y diversidad arbórea de bosques tropicales caducifolios secundarios en la Reserva de la Biósfera Sierra de Huautla, Morelos. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 89: 108-122.

Bonilla-Barbosa, J. R. y J. L. Villaseñor. 2003. Catálogo de la flora del estado de Morelos. Morelos: Centro de Investigaciones Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos. 129 p.

Bonilla-Barbosa, J. R. y J. L. Villaseñor. 2006. Tipos de vegetación en el estado de Morelos. En: Atlas municipal del estado de Morelos. Rueda, R. (coord.). Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Instituto de Geografía Tropical de la Habana, Praxis. México. 125-140.

Brown, J. 1995. *Macroecology*. Chicago University Press. Chicago. 269 p.

Brown, J. H. y A. C. Gibson. 1983. *Biogeography*. The C. V. Mosby Company. Missouri. 643 p.

Bullock, J. M., I. L. Moy, R. F. Pywell, S. J. Coulson, A. M. Nolan y H. Caswell. 2001. Plant dispersal and colonization processes at local and landscape scale. En: J. M. Bullock, R. E. Kenward, R. S. Hails (eds.). Capítulo 14. *Dispersal Ecology*. Blackwell Editors. 279-302 p.

Campo, J., J. M. Maass y L. de Pablo. 2001. Intemperismo en un bosque tropical seco de México. *Agrociencia* 35: 245-254.

Carrillo-Ángeles, I. G. y M. C. Mandujano. 2011. Patrones de distribución espacial en plantas clonales. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 89: 1-18.

Ceccon, E., P. Huante y E. Rincón. 2006. Abiotic factors influencing tropical dry forests regeneration. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 49: 305-312.

Condit, R., P. S. Ashton, P. Baker, S. Bunyavejchewin, S. Gunatilleke, N. Gunatilleke, S. P. Hubbell, R. B. Foster, A. Itoh, J. V. LaFrankie, H. S. Lee, E. Losos, N. Manokaran, R. Sukumar y T. Yamakura. 2000. Spatial patterns in the distribution of tropical tree species. *Science* 288: 1414-1418.

Condit, R., N. Pitman, E. G. Leigh Jr., J. Chave, J. Terborgh, R. B. Foster, P. Núñez, S. Aguilar, R. Valencia, G. Villa, H. C. Muller-Landau, E. Losos y S. P. Hubbell. 2002. Beta-diversity in tropical forest trees. *Science* 295: 666-669.

Contreras-MacBeath, T., F. Jaramillo y J. C. Boyás. 2006. La diversidad biológica en Morelos. Estudio del Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. México. 155 p.

Cornell, H. V. y J. H. Lawton. 1992. Species interactions, local and regional processes, and limits to the richness of ecological communities: A theoretical perspective. *Journal of Animal Ecology* 61: 1-12.

Cronan, C. S. 2018. Ecosystem biogeochemistry. Element cycling in the forest landscape. Springer Textbooks in Earth, Sciences, Geography and Environment. 203 p.

Cruz-Cárdenas, G., J. L. Villaseñor, L. López-Mata y E. Ortiz. 2013. Distribución espacial de la riqueza de especies de plantas vasculares en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 84: 1189-1199.

Cruz-Cárdenas, G., L. López-Mata, C. A. Ortiz-Solorio, J. L. Villaseñor, E. Ortiz, S. J. Teodoro y F. Estrada-Godoy. 2014. Interpolation of Mexican soil properties at a scale of 1:1,000,000. *Geoderma* 213: 29-35.

Cruz-Fernández, Q. T., M. L. Alquicira-Arteaga y A. Flores-Palacios. 2011. Is orchid species richness and abundance related to the conservation status of oak forest? *Plant Ecology* 212: 1091-1099.

Cultid-Medina, C. A. y Y. Rico. 2020. Los aliados emplumados de los Copales y Cuajotes de México: aves y la dispersión de semillas de *Bursera*. *Revista Digital Universitaria* 21: 1-9.

Dale, M. R. 2004. *Spatial pattern analysis in plant ecology*. Cambridge University Press. Nueva York. 332 p.

Dávila, P., M. T. Mejía-Saulés, A. M. Soriano-Martínez y Y. Herrera-Arrieta. 2018. Conocimiento taxonómico de la familia Poaceae en México. *Botanical Sciences* 96: 462-514.

Diggle, P. J. 2003. *Statistical analysis of spatial point patterns*. Arnold. Reino Unido. 159 p.

Escalante, T., D. N. Espinosa y J. Llorente-Bousquets. 2003. Métodos para la identificación, descubrimiento y comparación de patrones biogeográficos: ejemplos en México. En: *Una perspectiva latinoamericana de la biogeografía*. J. J. Morrone y J. Llorente (eds.). Las Prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM, México, D.F. p. 303-307.

ESRI [Environmental Systems Research Institute]. 2010. *ArcGIS 10.1*. Redlands, California.

Espinosa, D., S. Ocegueda, C. Aguilar, O. Flores y J. Llorente-Bousquets. 2008. El conocimiento biogeográfico de las especies y su regionalización natural. En: *Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 33-65 p.

Estrada, Y. Q., R. A. Luna y T. Escalante. 2012. Patrones de distribución de los mamíferos en la Provincia Oaxaca-Tehuacanense, México. *THERYA* 3: 33-51.

Estrada-Márquez, A. S., J. L. Villaseñor y T. Escalante. 2020. Áreas de endemismo de Magnoliophyta en el estado de Morelos, México. *Botanical Sciences* 98: 377-392.

Fernández-Nava, R., C. Rodríguez-Jiménez, M. L. Arreguín-Sánchez y A. Rodríguez-Jiménez. 1998. Listado florístico de la Cuenca del Río Balsas, México. *Polibotánica* 9: 1-151.

Ferrusquía-Villafranca, I. 1990. Provincias Bióticas (con énfasis en criterios morfotectónicos). Escala 1: 4,000,000. En: *Regionalización Biogeográfica*, IV.8.10. Atlas Nacional de México. Vol. II. Instituto de Geografía, UNAM. México.

Flores, O. y P. Geréz. 1994. Biodiversidad y conservación en México: vertebrados, vegetación y uso del suelo. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 439 p.

Fortin, M. J. y M. R. T. Dale. 2005. *Spatial analysis*. Cambridge University Press. United Kingdom. 365 p.

Gasca, C., J. C. Menjivar y A. Torrente. 2011. Cambios en el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) y la relación de absorción de sodio (RAS) de un suelo y su influencia en la actividad y biomasa microbiana. *Acta Agronómica* 60: 27-38.

Gaston, K. J. 1996. Species richness: measure and measurements. En: Gaston, K. J. Ed. *Biodiversity. A biology of numbers and difference*. Blackwell Science. 77-113 p.

Gaston, K. J. 2000. Global patterns in biodiversity. *Nature* 405: 220-227.

Gaston, K. J. y T. M. Blackburn. 2000. *Pattern and process in macroecology*. Blackwell Science. Oxford. 377 p.

González-Rocha, E. y R. Cerros-Tlatilpa. 2015. La familia Apocynaceae (Apocynoideae y Rauvolfioideae) en el estado de Morelos, México. *Acta Botánica Mexicana* 110: 21-70.

- Granados-Sánchez, D., G. F. López-Ríos y M. A. Hernández-García. 2007. Ecología y silvicultura en bosques templados. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 13: 67-83.
- Grimm, V., E. Revilla, U. Berger, F. Jeltsch, W. M. Mooji, S. F. Railsback, H. H. Thulke, J. Weiner, T. Wiegand y D. L. DeAngelis. 2005. Pattern-oriented modeling of agent-based complex systems: Lessons from ecology. *Science* 310: 987-991.
- Guerra-Martínez, F., A. García-Romero y M. A. Martínez-Morales. 2020. Evaluación de la resiliencia ecológica de los bosques tropicales secos: una aproximación multiescalar. *Madera y Bosques* 26: 1-19.
- Guo, Y., J. Lu, S. B. Franklin, Q. Wang, Y. Xu, K. Zhang, D. Bao, X. Qiao, H. Huang, Z. Lu y M. Jiang. 2013. Spatial distribution of tree species in a species-rich subtropical mountain forest in central China. *Canadian Journal of Forest Research* 43: 826-835.
- Halffter, G. y C. E. Moreno. 2005. Significado biológico de las diversidades alfa, beta y gamma. En: G. Halffter, J. Soberón, P. Koleff y A. Melic (eds.). *Sobre diversidad biológica: el significado de las diversidades alfa, beta y gamma*. Monografías Tercer Milenio, Sociedad Entomológica Aragonesa, Zaragoza. 5-18 p.
- Hernández, F. J., C. B. Navarro, R. Peña y A. Nájera. 2018. Patrón de distribución espacial de las especies arbóreas de la región de El Salto, Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 9: 169-186.
- 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: 1965-1978.
- Hubbell, S. P. 1979. Tree dispersion, abundance and diversity in a tropical dry forest. *Science* 203: 1299-1309.

Hubbell, S. P. 2001. The unified neutral theory of biodiversity and biogeography. Princeton University Press. USA. 448 p.

Ibarra-Manríquez, G., Rendón-Sandoval, F. J., Cornejo-Tenorio, G. y Carrillo-Reyes, P. 2015. Lianas of Mexico. *Botanical Sciences* 93(3): 365-417.

INEGI, 2008. Conjunto de datos vectoriales escala 1:1 000 000. Unidades climáticas.

Juárez-Jaimes, V., L. O. Alvarado-Cárdenas y J. L. Villaseñor. 2007. La familia *Apocynaceae sensu lato* en México: diversidad y distribución. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 78: 459-482.

Kéfi, S., M. van Baalen, M. Rietkerk y M. Loreau. 2008. Evolution of local facilitation in arid ecosystems. *The American Naturalist* 172: E1-E17.

Koleff, P., J. Soberón, H. T. Arita, P. Dávila, O. Flores-Villela, J. Golubov, G. Halffter, A. Lira-Noriega, C. E. Moreno, E. Moreno, M. Munguía, M. Murguía, A. G. Navarro-Sigüenza, O. Téllez, L. Ochoa-Ochoa, A. T. Peterson, P. Rodríguez. 2008. Patrones de diversidad espacial en grupos selectos de especies. En: *Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D. F. 323-364 p.

Krapivin, V. F. 2008. *Biogeochemical cycles in globalization and sustainable development*. Springer-Verlag. Berlin Heidelberg. 562 p.

Law, R., J. Illian, D. F. R. P. Burslem, G. Gratzner, C. V. S. Gunatilleke y I. A. U. N. Gunatilleke. 2009. Ecological information from spatial patterns of plants: insights from point process theory. *Journal of Ecology* 97: 616-628.

Ledo, A., S. Condés y F. Montes. 2012. Revisión de índices de distribución espacial usados en inventarios forestales y su aplicación en bosques tropicales. *Revista Peruana de Biología* 19: 113-124.

- Legendre, P. y M. J. Fortin. 1989. Spatial pattern and ecological analysis. *Vegetatio* 80: 107-138.
- Lotwick, H. W. y B. W. Silverman. 1982. Methods for analysing spatial processes of several types of points. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B* 44: 406-413.
- 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: 3-19.
- McCune, B., y J. B. Grace. 2002. *Analysis of ecological communities*. Glenden Beach, Oregon: MjM Software Design.
- Mendenhall, W. M. y T. L. Sincich. 2016. *Statistics for Engineering and the Sciences* CRC Press.
- Montañez, R. A., C. Y. Escudero y A. J. Duque. 2010. Patrones de distribución espacial de especies arbóreas en bosques de alta montaña del departamento de Antioquia, Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín* 63: 5629-5638.
- Morisita, M. 1959. Measuring of the dispersion and analysis of distribution patterns. *Memories of the Faculty of Science, Kyushu University. Series E Biology* 2: 215-235.
- Morrone, J. J. y T. Escalante. 2016. *Introducción a la biogeografía*. Las Prensas de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 320 p.
- Newbold, T. 2010. Applications and limitations of museum data for conservation and ecology, with particular attention to species distribution models. *Progress in Physical Geography* 34: 3-22.
- Ortiz-Pulido, R. y V. Rico-Gray. 2006. Seed dispersal of *Bursera fagaroides* (Burseraceae): The effect of linking environmental factors. *The Southwestern Naturalist* 51: 11-21.

Ortiz-Hernández, M. L., E. Sánchez-Salinas, M. L. Castrejón-Godínez y M. Romero-Aguilar. 2015. Los indicadores ambientales como herramienta para la sustentabilidad. Estudio de caso en Morelos. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. 246 p.

Pavón-Hernández, N. P. y V. Rico-Gray. 2004. Distribución espacial de *Tilia mexicana* schlecht. (Tiliaceae) en el paisaje del centro del estado de Veracruz, México. Universidad y Ciencia 20: 29-32.

Perry, G. L. W., B. P. Miller y N. J. Enright. 2006. A comparison of methods for the statistical analysis of spatial point patterns in plant ecology. *Plant Ecology* 187: 59-82.

Perry, G. L. W., N. J. Enright, B. P. Miller y B. B. Lamont. 2008. Spatial patterns in species-rich sclerophyll shrublands of southwestern Australia. *Journal of Vegetation Science* 19: 705-716.

R Development Core Team 2020. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.

Ramón, P. A. 2015. Patrones y procesos espaciales en poblaciones y comunidades vegetales: nuevas herramientas e hipótesis. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. España.

Rapoport, E. 1975. Aerografía: estrategia geográfica de las especies. Fondo de Cultura Económica. México. 214 p.

Réjou-Méchain, M., O. Flores, N. Bourland, J. L. Doucet, R. F. Fétéké, A. Pasquiera y O. J. Hardy. 2011. Spatial aggregation of tropical trees at multiple spatial scales. *Journal of Ecology* 99: 1373-1381.

Ripley, B. D. 1977. Modelling spatial patterns. *Journal of the Royal Statistical Society Series B (Methodological)* 39:172-212.

Rozas, V. y J. J. Camarero. 2005. Técnicas de análisis espacial de patrones de puntos aplicadas en ecología forestal. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales* 14: 79-97.

Ruggiero, A. 2001. Interacciones entre la biogeografía ecológica y la macroecología: Aportes para comprender los patrones espaciales en la diversidad biológica. En: Llorente-Bousquets, J., Morrone, J. J. eds. *Introducción a l Biogeografía en Latinoamérica: Teorías, conceptos, métodos y aplicaciones*. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 81-94 p.

Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa. México. 432 p.

Sánchez-Gutiérrez, F., J. I. Valdez-Hernández, P. Hernández-de la Rosa y L. Beltrán-Rodríguez. 2019. Distribution and spatial correlation of tree species along an altitudinal gradient in the Selva Lacandona, Chiapas. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 10: 1-25.

Sánchez-Ken, J. G. 2018. Riqueza de especies, clasificación y listado de las gramíneas (Poaceae) de México. *Acta Botánica Mexicana* 126: 1-115.

Seidler, T. G. y J. B. Plotkin. 2006. Seed dispersal and spatial pattern in tropical trees. *PLOS Biology* 4: 2132-2137.

Sousa, S. M. y S. A. Delgado. 1993. Mexican Leguminosae: phytogeography, endemism, and origins. En: Ramamoorthy, T. P, R. Bye, A. Lot y J. Fa eds. *Biology diversity of Mexico: origins and distribution*. Oxford University Press, New York. 459-511 p.

Steege, H. T., P. P. Haripersaud, O. S. Bánki y F. Schieving. 2011. A model of botanical collectors' behavior in the field: Never the same species twice. *American Journal of Botany* 98: 31-37.

Syfert, M. M., M. J. Smith y D. A. Coomes. 2013. The effects of sampling bias and model complexity on the predictive performance of MaxEnt species distribution models. *PLoS ONE* 8: 1-10.

Szmyt, J. 2014. Spatial statistics in ecological analysis: from indices to functions. *Silva Fennica* 48: 1-31.

Tannure, C.L., S. M. Mazza y L. I. Giménez. 2002. Modelos para caracterizar los patrones de distribución espacial de *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae), en el cultivo de algodón (*Gossypium hirsutum*). *Revista Facultad de Ciencias Agrarias, UNNE* 1: 1-4.

Taylor, L. R. 1961. Aggregation, variance and the mean. *Nature* 189: 732-735.

Ulloa U., C., P. Acevedo-Rodríguez, S. Beck, M. J. Belgrano, R. Bernal, P. E. Berry, L. Brako, M. Celis, G. Davidse, R. C. Forzza, S. R. Gradstein, O. Hokche, B. León, S. León-Yáñez, R. E. Magill, D. A. Neill, M. Nee, P. H. Raven, H. Stimmel, M. T. Strong, J. L. Villaseñor, J. L. Zarucchi, F. O. Zuloaga y P. M. Jørgensen. 2017. An integrated assessment of the vascular plant species of the Americas. *Science* 358: 1614-1617.

Valencia-Ávalos, S. 2004. Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 75: 33-53.

Vásquez-Cortez, V. F., L. Beltrán-Rodríguez, G. Ángeles-Pérez, A. Romero-Manzanares, E. García-Moya, M. Luna-Cavazos, J. Caballero, J. Blancas, A. Martínez-Ballesté y F. Montoya-Reyes. 2020. ¿El descortezamiento de un árbol medicinal impacta en su estructura poblacional-espacial? El caso de *Hintonia latiflora* en México. *Madera y Bosques* 26: 1-14.

Velázquez, E., I. Martínez, S. Getzin, K. A. Moloney y T. Wiegand. 2016. An evaluation of the state of spatial point pattern analysis in ecology. *Ecography* 39: 001-014.

Vidal-Macua, J. J., M. Ninyerola, A. Zabala, C. Domingo-Marimon y X. Pons. 2017. Factors affecting forest dynamics in the Iberian Peninsula from 1987 to 2012. The role of topography and drought. *Forest Ecology and Management* 406: 290-306.

Vieira, D. L. M. y A. Scariot. 2006. Principles of natural regeneration of tropical dry forests for restoration. *Restoration Ecology* 14: 11-20.

Villaseñor, J. L. 2003. Diversidad y distribución de las Magnoliophytas de México. *Interciencia* 28: 160-167.

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: 232-238.

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: 871-876.

Villaseñor, J. L. 2016. Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 87: 559-902.

Villaseñor, J. L. 2018. Diversidad y distribución de la familia Asteraceae en México. *Botanical Sciences* 96: 332-358.

Villaseñor, J. L. y F. J. Espinosa-García. 2004. The alien flowering plants of Mexico. *Diversity and Distributions* 10: 113-123.

Villaseñor, J. L. y E. Ortiz. 2014. Biodiversidad de las plantas con flores (División Magnoliophyta) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 134-142.

Wiegand, T. y K. Moloney. 2004. Rings, circles and null-models for point pattern analysis in ecology. *Oikos* 104: 209-229.

Zunino, M. y C. Pastrini. 1991. El concepto de especie y la Biogeografía. *Anales de Biología* 17: 85-88.

**Capítulo 5. Comparación entre la
riqueza conocida y potencial de
Magnoliophyta en el estado de
Morelos, México**

Resumen

Uno de los usos de los Modelos de Distribución de Especies (MDE) es estimar la riqueza de especies, brindando una alternativa cuando los datos de distribución son incompletos o sesgados espacialmente. Aun cuando existen regiones con una diversidad florística bien documentada, resaltan sitios con un bajo número de especies, por lo que ampliar el conocimiento de la riqueza en estas zonas permitirá establecer estrategias adecuadas para su conservación. Tal es el caso de las Magnoliophyta del estado de Morelos, por lo que el objetivo principal de este estudio fue identificar el patrón de riqueza conocida (RC) a partir de datos de herbario y compararlo con valores de riqueza potencial (RP) obtenidos a partir de MDE, con la finalidad de conocer si son similares entre sí, así como para complementar e incrementar el conocimiento de los patrones de riqueza florística en la entidad. Se dividió al estado en celdas de 6 minutos de latitud y longitud, en las cuales se evaluó la RC de especies de angiospermas a partir de sus registros de recolecta. Por otra parte, se calculó la riqueza estimada (RE) con el estimador no paramétrico Chao₂ y se generaron MDE para 1,127 especies en Maxent, con el fin de evaluar si las estimaciones identificaban el patrón general de la RC. Se realizó la suma de los modelos para obtener la RP. Finalmente se compararon los valores de RC, RE y RP. Se obtuvieron mapas de riqueza conocida, estimada y potencial para esas 1,127 especies de Magnoliophyta documentadas en el estado de Morelos. Los resultados destacan al noroeste del estado por su alto número de especies y la porción oriental por una menor riqueza. Los datos de RP predicen, en la mayoría de los casos, un mayor número de especies que la RC, mientras que sólo en un caso se predice un número menor de especies que la RC. Los MDE son útiles para identificar y complementar los patrones geográficos de la riqueza conocida, particularmente en sitios con alto número de especies. Asimismo, enriquecen el conocimiento de regiones con riqueza pobremente conocida, resaltando el patrón general de la distribución de la diversidad florística en Morelos.

Palabras clave: Celdas bien muestreadas, Chao₂, Modelos de Distribución de Especies, Registros de recolecta.

Introducción

El estudio de la distribución espacial de la riqueza de especies, es decir, el número total de especies observadas o estimadas en un área o comunidad determinada (Gaston, 2000; Morrone y Escalante, 2009), ha sido uno de los objetivos importantes en ecología, biogeografía y conservación, ya que tal conocimiento permite comprender los determinantes ecológicos y evolutivos que generan los patrones de biodiversidad (Pineda y Lobo, 2009; Pérez y Font, 2012), y coadyuvan en la implementación de estrategias para su conservación.

El conocimiento de la distribución de las especies, la cual es el resultado de una compleja combinación de procesos evolutivos, ecológicos y/o geológicos (Argáez *et al.*, 2005), permite identificar patrones de riqueza. Particularmente, en la estimación de la riqueza de especies, los registros de recolecta que usualmente provienen de colecciones científicas como los herbarios o de la literatura, son de gran utilidad y constituyen la fuente primaria para su obtención (Steege *et al.*, 2011; Alba *et al.*, 2021); además, representan la mejor información disponible que describe la distribución de los taxones (Newbold, 2010). Actualmente estos datos están accesibles a través de bases de datos digitales que recopilan información de diversas partes del mundo y para un considerable número de grupos taxonómicos (Maldonado *et al.*, 2015).

A pesar de los esfuerzos en las últimas décadas en la digitalización de la información contenida en los ejemplares herborizados, algunas estimaciones sugieren que tan solo el 10% de las colecciones biológicas de todo el mundo están disponibles en forma digital (Ball-Damerow *et al.*, 2019), encontrándose en las etapas iniciales de compilación de datos, por lo que aún se requieren esfuerzos continuos de digitalización, publicación, mejora y control de calidad de los mismos para hacer más eficientes los análisis de biodiversidad (Ball-Damerow *et al.*, 2019). Aunado a esto, otro obstáculo al cual se enfrentan los usuarios de las bases de datos digitales, es la obtención de registros con la cantidad y calidad suficientes tanto para la zona geográfica como para el grupo taxonómico de interés. Hasta la fecha no existe un inventario completo de todos los organismos que habitan en una sola localidad o región (Hortal *et al.*, 2004; Raes *et al.*, 2009) y algunos se

encuentran poco muestreados o no representados en lo absoluto, por ejemplo, las especies raras, endémicas, crípticas o aquellas que se encuentran en sitios de difícil acceso (Pearson *et al.*, 2007; Ball-Damerow *et al.*, 2019).

Esta situación genera un conocimiento incompleto sobre la distribución geográfica de diversas especies (Déficit Wallaceano; Lomolino, 2004; Hortal *et al.*, 2015), así como una discrepancia entre las especies formalmente descritas y el número de especies que realmente existen (Déficit Linneano; Lomolino, 2004; Hortal *et al.*, 2015), razón por la cual en los últimos años se han desarrollado los Modelos de Distribución de Especies (MDE). Los MDE constituyen una herramienta que permite generar hipótesis acerca de la distribución espacial de la diversidad de especies en un sitio determinado (Pineda y Lobo, 2009; Raes *et al.*, 2009). Estas aproximaciones se basan en asociaciones estadísticas o matemáticas de los datos conocidos de la distribución de las especies (p. ej., registros de recolecta) con un conjunto de variables ambientales y/o climáticas que determinan su ubicación geográfica (Guisan y Zimmermann, 2000; Elith *et al.*, 2006; Phillips *et al.*, 2006; Pineda y Lobo, 2009; 2012; Raes *et al.*, 2009; Mateo *et al.*, 2011; Franklin *et al.*, 2013). Lo anterior permite llenar vacíos de información al predecir la idoneidad ambiental para las especies en función de las variables ambientales dadas (Phillips *et al.*, 2006; Newbold, 2010).

Además de brindar una alternativa al uso de datos incompletos o sesgados espacialmente (Pérez y Font, 2012), los MDE se han empleado para contestar muchas preguntas, en tópicos como los riesgos asociados a las especies invasoras (Peterson, 2003; Broennimann *et al.*, 2007; Rödder y Lötters, 2010), la distribución de las especies en el pasado (Peterson *et al.*, 2004; Pearman *et al.*, 2008; Guevara *et al.*, 2018a), posibles efectos del cambio climático (Peterson *et al.*, 2002; Sousa-Guedes *et al.*, 2020; Marques *et al.*, 2021a; Marques *et al.*, 2021b), estudios de conservación (Sánchez-Cordero *et al.*, 2001; Araújo *et al.*, 2005; Schwartz, 2012; Suárez-Mota *et al.*, 2018), filogeografía (Graham *et al.*, 2004; Guevara *et al.*, 2018b; Pahad *et al.*, 2020), biogeografía (Luoto *et al.*, 2006; Richards *et al.*, 2007), localización de sitios donde pueden existir nuevas especies (Raxworthy *et al.*, 2003) o especies raras (Boetsch *et al.*, 2003; Bourg *et al.*, 2005; Guisan *et al.*, 2006; Pearson *et al.*, 2007; Aubry *et al.*, 2017; Behroozian *et al.*, 2022), refugios en

el pasado (Médail y Diadema, 2009; Keppel *et al.*, 2012; Perktas *et al.*, 2015), distribución potencial de enfermedades infecciosas (Peterson *et al.*, 2002; Zhu y Peterson, 2014; Sinka *et al.*, 2020; Marques *et al.*, 2021b), protección y conservación de especies amenazadas (Godown y Peterson, 2000; Ortega-Huerta y Peterson, 2004; Parviainen *et al.*, 2008; 2009; Sousa-Silva *et al.*, 2014; Eyre *et al.*, 2022), así como la estimación de la riqueza de especies (MacNally y Fleishman, 2004; Ortega-Huerta y Peterson, 2004; García, 2006; Graham y Hijmans, 2006; Parviainen *et al.*, 2009; Raes *et al.*, 2009; Pérez y Font, 2012; Pineda y Lobo, 2009; 2012; Villaseñor *et al.*, 2013). Con respecto a esta última métrica, la modelación de la distribución de especies de manera individual y posteriormente la suma de los mismos, ha permitido la identificación de tendencias y *hotspots*, así como la representación geográfica de la distribución del número de especies en un sitio determinado (Parviainen *et al.*, 2009; Pérez y Font, 2012).

Para la elaboración de los MDE se han empleado diversos algoritmos que difieren, entre otras cosas, en el tipo de datos biológicos que requieren para su implementación (Elith *et al.*, 2006; Peterson *et al.*, 2011). Entre los más utilizados se encuentran: i) aquellos que requieren datos de presencia (p. ej., BIOCLIM, HABITAT y los *Support Vector Machines* (SVM)); ii) los que emplean datos de presencia y ausencia (los Modelos Lineales Generalizados (GLM por sus siglas en inglés), los Modelos Aditivos Generalizados (GAM), los Árboles de Regresión y Clasificación (CART por sus siglas en inglés), las Redes Neuronales Artificiales (ANN)); iii) los que necesitan datos de presencia y entorno (Maxent y los Factores de Análisis de Nicho Ecológico (ENFA)) y iv) los que requieren datos de presencia y pseudo-ausencias (el Algoritmo Genético Basado en Reglas (GARP)), por mencionar algunos (Elith *et al.*, 2006; Peterson *et al.*, 2011).

Entre los algoritmos anteriormente mencionados se encuentra Maxent, el cual se basa en el principio de máxima entropía para generar predicciones o inferencias a partir de datos incompletos, encontrando la distribución más extendida o cercana a la uniformidad, considerando los límites de las variables ambientales de las ubicaciones conocidas (Phillips *et al.*, 2006; Baldwin, 2009). Asimismo, Maxent destaca principalmente por requerir únicamente datos de presencia de las especies, los cuales son comparados con todos los ambientes disponibles en el área de estudio a través de un gran número de puntos aleatorios

(datos de entorno o *background*); es poco sensible a tamaños de muestra pequeños, generando MDE estadísticamente robustos con al menos cinco registros de recolecta (Wisz *et al.*, 2008; Baldwin, 2009); puede usar tanto variables continuas como categóricas, además de incorporar interacciones entre diferentes variables (Phillips *et al.*, 2006); generalmente supera a otros algoritmos de modelación en función de su precisión predictiva (Elith *et al.*, 2006; Merow *et al.*, 2013), además de su facilidad de manejo e implementación (Merow *et al.*, 2013). Todas esas características lo han convertido en uno de los algoritmos más utilizados en la actualidad (Fourcade *et al.*, 2014; Li *et al.*, 2020).

Otra manera de evaluar el número de especies presentes en una región es a través del uso de métodos que ayudan a calcular las posibles especies no detectadas y con ello estimar la riqueza real que se esperaría en un sitio determinado (Pineda-López, 2019). Para ello, se han desarrollado herramientas como los estimadores no paramétricos, los cuales son considerados una buena opción para el cálculo de la riqueza específica a partir de diferentes conjuntos de datos, entre ellos, los basados en incidencias o abundancias (Colwell y Coddington, 1994; Moreno, 2001; Pineda-López, 2019). Estos métodos consideran que la información sobre cuántas especies aún no se detectan está en relación con las especies raras o poco frecuentes, las cuales se definen para datos de abundancia como aquellas que se presentan en los muestreos con un solo individuo (*singletons*) o dos individuos (*doubletons*), y para datos de incidencia como aquellas que se presentan en una sola unidad de muestreo (especies únicas) o dos unidades de muestreo (especies duplicadas) (Pineda-López, 2019).

Dentro de los estimadores no paramétricos se encuentran Chao₁ que se basa en datos de abundancia y Chao₂, que se basa en incidencias (Escalante, 2003; Pineda-López, 2019). En general, ambos métodos evalúan la riqueza mínima (límite inferior de la riqueza) que constituye la opción más práctica en una comunidad muy diversa y con un alto número de especies poco detectables, donde es estadísticamente imposible una buena estimación de la riqueza (Pineda-López, 2019). Entre las ventajas del uso de los métodos no paramétricos se encuentran su menor sesgo con respecto a la extrapolación basada en una curva de acumulación de especies y que requieren menor cantidad de datos que los métodos paramétricos (Moreno, 2001; López-Gómez y Williams-Linera, 2006).

México destaca por su gran riqueza florística, pero aún posee en su territorio grandes áreas que permanecen sin explorar (Villaseñor, 2016) o que requieren de inventarios florísticos exhaustivos y un mayor esfuerzo de recolecta para ampliar el conocimiento acerca de la distribución de las especies vegetales. Tal es el caso del estado de Morelos, del cual se han realizado diversos estudios florísticos (Hernández, 1945; Ramírez-Cantú, 1945; Espinosa, 1962; Vázquez, 1974; Soria, 1986; Pérez *et al.*, 1992; Bonilla-Barbosa y Viana-Lases, 1997; Cerros-Tlatilpa y Espejo-Serna, 1998; Galindo y Fernández, 2002; Bonilla-Barbosa y Villaseñor, 2003; García, 2013; Hernández-Cárdenas *et al.*, 2014; Soriano, 2020; Cerros-Tlatilpa y Galván-González, 2020; Cerros-Tlatilpa *et al.*, 2020a), cuyos recuentos permiten ver que el estado contiene alrededor del 48 % (2,490 especies) del total de especies de plantas vasculares registradas para toda la Faja Volcánica Transmexicana y aproximadamente 58 % (2,886 especies) de las mencionadas para la Cuenca del Balsas (Bonilla-Barbosa y Villaseñor, 2003, 2006; Villaseñor, 2003; Contreras-MacBeath *et al.*, 2006; Villaseñor y Ortiz, 2014). De igual manera, contiene en su superficie un número importante de especies de plantas con flores (División Magnoliophyta), registrando entre 2,877 (Cerros-Tlatilpa *et al.*, 2020a) y 3,219 especies (Villaseñor y Ortiz, 2014; Villaseñor, 2016), cifras que lo posicionan en el lugar 17° a nivel nacional (Villaseñor y Ortiz, 2014). A pesar de ello, existen zonas en la entidad donde se registra un bajo número de especies o que carecen incluso de registros de recolecta, escenario que destaca la necesidad de dirigir análisis específicos en estos sitios (Cerros-Tlatilpa *et al.*, 2020a).

Ante la falta de información acerca de la distribución de las especies de Magnoliophyta en estas regiones de Morelos, consideramos que los Modelos de Distribución de Especies pueden constituir una herramienta eficaz para incrementar y complementar el conocimiento de los patrones de riqueza florística en el estado. Por esta razón, en el presente trabajo se buscó responder si los patrones de riqueza de especies de Magnoliophyta en Morelos son similares con datos derivados de herbarios (riqueza conocida) y con MDE (riqueza potencial). Para ello, se plantearon los siguientes objetivos: i) estimar la riqueza conocida de un conjunto de especies de Magnoliophyta en la entidad, ii) estimar la riqueza potencial a partir de estimadores no paramétricos, iii) calcular la riqueza potencial a partir de MDE y iii) comparar las tres métricas entre sí. Finalmente se

postula una similitud entre los patrones de riqueza conocida y potencial de las especies de plantas con flores analizadas.

Materiales y métodos

Área de estudio

El estado de Morelos se ubica en la región Centro-Sur de México; posee una superficie de 4,958 km², que corresponde al 0.25 % del territorio nacional. Limita al Norte con el Estado de México y la Ciudad de México; al Este y Sureste con Puebla; al Sur y Suroeste con Guerrero y al Oeste con el Estado de México (Figura 1).

En la entidad convergen dos de las provincias morfotectónicas más ricas en diversidad vegetal del país (Bonilla-Barbosa y Villaseñor, 2003; Fernández-Nava *et al.*, 1998): la Faja Volcánica Transmexicana (FVT) y la Sierra Madre del Sur (SMS) (Ferrusquía-Villafranca, 1990). A su vez, Morelos se encuentra inmerso en las provincias florísticas Cuenca del Balsas (CB) y Serranías Meridionales (SM), que incluye la FVT y la SMS (Rzedowski, 1978), condición geográfica que explica parcialmente su riqueza florística.

Selección de especies

Con el fin de hacer comparables los datos de riqueza de especies conocida y potencial en Morelos, se seleccionaron aquellas especies de Magnoliophyta que contaran con al menos cinco registros de localidades de recolecta diferentes, el cual se ha reportado en la literatura como el número mínimo de registros para la elaboración de Modelos de Distribución de Especies (MDE) estadísticamente robustos en Maxent (Hernandez *et al.*, 2006; Pearson *et al.*, 2007; Baldwin, 2009). De esta manera, se utilizó una base de datos con 16,175 registros con información de 1,127 especies de plantas con flores en Morelos, de un total de 3,197 especies registradas (datos no publicados). Dichas especies reunieron los requerimientos anteriormente descritos y fueron empleadas tanto para la estimación de la riqueza conocida y potencial en la entidad (Anexo 3). La información fue compilada del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad de México (SNIB), de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, www.conabio.gob.mx), del Portal de Datos Abiertos de la Universidad Nacional Autónoma de México (datosabiertos.unam.mx), así como de la base de datos personal del Dr. José Luis Villaseñor.

Estimación de la riqueza conocida de especies

Con la finalidad de estimar la riqueza de especies de Magnoliophyta en el estado, se dividió a Morelos en celdas de tamaño definido, siguiendo la recomendación de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN por sus siglas en inglés; 2012) y la estrategia de Suárez-Mota *et al.* (2013). De esta manera, se definieron celdas de 6' de latitud y 6' de longitud (59 celdas), medida que representa alrededor del 10 % de la distancia total entre los puntos extremos que abarca la superficie total de la distribución de las especies en Morelos. Las celdas cuya superficie contenía menos del 50 % de su área dentro del estado se fusionaron a celdas vecinas, resultando en 43 celdas de aproximadamente 116.6 km², sobre las cuales se llevaron a cabo los análisis de riqueza conocida y potencial (Figura 1). Finalmente, se obtuvo el número de especies presentes en cada una de las celdas y con dicha información, se generó un mapa de riqueza conocida.

Estimación de la riqueza potencial utilizando métodos no paramétricos

Se calculó el número de especies estimadas en cada una de las celdas en las que se dividió al estado de Morelos, mediante el estimador no paramétrico Chao₂ (Moreno, 2001), utilizando el programa EstimateS versión 8.2.0 (Colwell, 2009), el cual ha sido empleado para estimar la riqueza de especies de un sitio a partir de matrices de incidencia de especies en una muestra dada (Moreno, 2001).

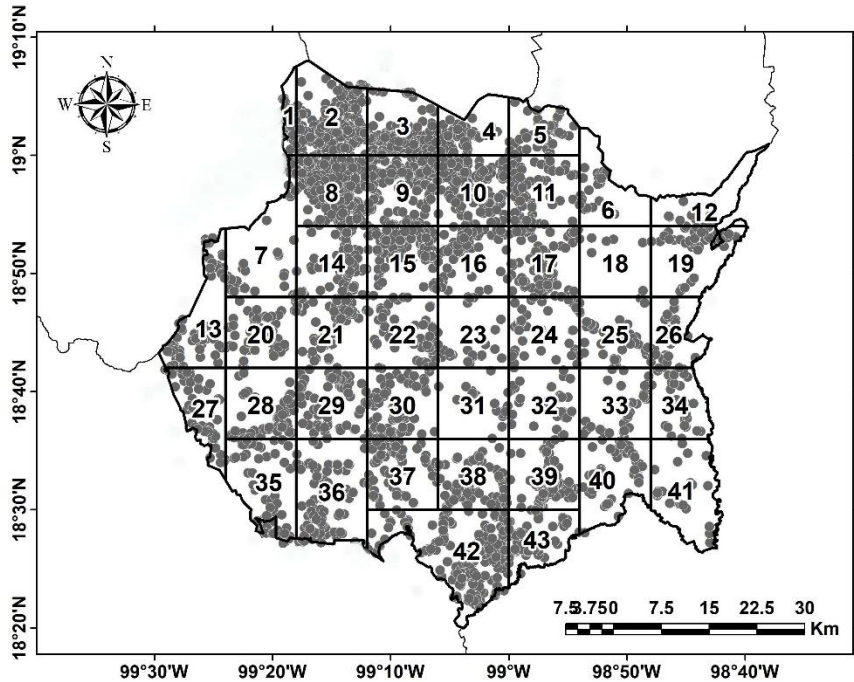


Figura 1. Mapa del estado de Morelos con los registros de recolecta (círculos grises) de 1,127 especies de Magnoliophyta con los que se estimó la riqueza conocida y potencial. El área de estudio se dividió en 43 celdas de 6' de latitud y 6' de longitud.

Estimación de la riqueza potencial utilizando el modelado de distribución de especies
Variables ambientales

A partir de un conjunto de 58 variables ambientales con una resolución de $\sim 1 \text{ km}^2$, que incluye 26 climáticas (Hijmans *et al.*, 2005), nueve edáficas, nueve topográficas y 14 de datos de teledetección (Cruz-Cárdenas *et al.*, 2014), se aplicó un análisis de correlación de Pearson para descartar aquellas variables con altos valores de colinealidad (>0.85) (Syfert *et al.*, 2013). Este análisis permitió la selección de 28 variables ambientales no correlacionadas (Tabla 1), las cuales fueron empleadas para generar los Modelos de Distribución de Especies de Magnoliophyta en la entidad.

Tabla 1. Variables ambientales no colineales, empleadas en la elaboración de los Modelos de Distribución de Especies de Magnoliophyta en el estado de Morelos.

Nombre de la variable		Acrónimo
Climáticas		
1	Estacionalidad de la precipitación	Bio15
2	Estacionalidad de la temperatura	Bio04
3	Evapotranspiración real anual	Evaannual
4	Isotermalidad	Bio03
5	Precipitación anual	Bio12
6	Precipitación del mes más seco	Bio14
7	Precipitación del trimestre más cálido	Bio18
8	Precipitación del trimestre más frío	Bio19
9	Rango medio diario	Bio02
10	Temperatura media anual	Bio01
Topográficas		
11	Calentamiento anisotrópico diario	Dah
12	Escorrentía	Runoff
13	Índice de convergencia	Convergin
14	Índice de humedad topográfica	Twi
15	Medida de rugosidad del vector	Vrm
16	Orientación (de 0° a 90°)	Aspect
17	Pendiente	Slope
Edáficas		
18	Calcio	Ca
19	Carbono orgánico	Co
20	Magnesio	Mg
21	Materia orgánica	Mo
22	Potasio	K
23	Radio de absorción de sodio	Ras

24	Sodio	Na
Índices normalizados de vegetación		
25	Índice normalizado de los meses secos	Seco modis
26	Índice normalizado de los meses húmedos	Hum modis
27	Índice normalizado de marzo	Modismar
28	Índice normalizado de septiembre	Modissep

Modelación

Con el fin de generar una configuración adecuada de los MDE para cada una de las 1,127 especies, se dividió a las especies de acuerdo con su número de registros. Un primer grupo conjuntó a aquellas que contaban con 20 o más registros y un segundo grupo aquellas con 5 a 19 registros. Para las especies con más de 20 registros se eliminó la autocorrelación espacial de los registros mediante el paquete de *R spThin* (Aiello-Lammens *et al.*, 2015) empleando una distancia de filtrado de 5 km (Graham *et al.*, 2008). En el caso de las especies con 5 a 19 registros no se aplicó la eliminación de la autocorrelación espacial debido al riesgo de eliminar registros, de tal modo que no se pudiera contar con el número mínimo de 5 registros para obtener un modelo confiable en Maxent (Hernandez *et al.* 2006, Pearson *et al.* 2007; Baldwin, 2009).

Para evitar una sobrepredicción en el área, los MDE incorporan el componente del área accesible, M, de acuerdo al diagrama BAM propuesto por Soberón y Peterson (2005). Existen tres estrategias comunes para incluir dicho componente (M) en los Modelos de Distribución de Especies (Mendes *et al.*, 2020). La primera consiste en restringir la región de calibración del modelo, hipotetizando un área accesible a las especies, por ejemplo una región biótica (Cooper y Soberón, 2018; Mercado-Gómez *et al.*, 2020; Seuffert y Martín, 2021). La segunda opción incluye restricciones de dispersión en los modelos (Allouche *et al.*, 2008; Cardador *et al.*, 2014; Mendes *et al.*, 2020). La tercera opción radica en simular la dispersión a lo largo del tiempo evolutivo (Brotons *et al.*, 2012; Holloway *et al.*, 2016, Seaborn *et al.*, 2020).

Por lo tanto, con la intención de disminuir la sobrepredicción de los modelos de las especies de Magnoliophyta, se aplicó un método de restricción espacial (M) basado en la

limitación de dispersión de especies (Allouche *et al.*, 2008). En este método, primero se creó una capa de la suma de la distancia de cada celda a todos los registros de presencia que se encontraban al interior del estado de Morelos (Mendes *et al.* 2020). Esta capa se incorporó al algoritmo de modelación para relacionar la idoneidad ambiental de cada una de las especies en un sitio dado con su distancia de otras localidades donde la especie ha sido documentada.

Los MDE se generaron con el paquete ENMTML (Andrade *et al.*, 2020) en R versión 4.0.0 (R Core Team, 2020) y se designó como algoritmo de modelación a Maxent. En el caso de las especies con más de 20 registros, los datos se dividieron geográficamente en dos subconjuntos de aproximadamente 50 % de los registros en cada uno. Este procedimiento promueve la partición geográfica de los datos de las especies en diferentes celdas, parecidas a un tablero de ajedrez. Cada subconjunto se utiliza para calibrar el modelo y recíprocamente sirve como un subconjunto de evaluación para los modelos del otro subconjunto (Bahn y McGill, 2013; Muscarella *et al.* 2014; Roberts *et al.* 2017). En el caso de las especies con 5 a 19 registros, debido al bajo número de datos de su distribución, se empleó el método bootstrap (Buckland, 1993) para dividir los registros en 70% de entrenamiento y 30 % de prueba y se repitió este procedimiento cinco veces. El resto de parámetros de Maxent se utilizaron por defecto.

Asimismo, se evaluó el rendimiento de los modelos en función de los valores de AUC (Área bajo la curva de la ROC; Allouche *et al.*, 2006), que es independiente del umbral y varía de 0 a 1. Se consideraron únicamente los modelos con un valor de AUC mayor a 0.75 (Swets, 1988). Este procedimiento tiene críticas sobre su uso, ya que omite información sobre la bondad del rendimiento del modelo, la incertidumbre de los falsos positivos y sus dimensiones de distribución espacial (Lobo *et al.*, 2008). Sin embargo, empleamos este método de evaluación para proporcionar resultados que optimizan los umbrales de idoneidad maximizando el porcentaje de presencias (DeLong, 1988).

Una vez generados los MDE continuos de salida, se convirtieron en modelos binarios (presencia-ausencia) empleando el umbral “lowest presence training” (LPT en adelante; Pearson *et al.*, 2007). En término ecológicos, el umbral LPT identifica los pixeles que se pronostican como mínimamente adecuados para la ocurrencia de la especie. Los modelos binarios resultantes fueron sumados en la calculadora ráster de ArcMap 10.1

(ESRI, 2010). Finalmente, se calculó el número de especies potenciales para cada una de las celdas en que se dividió el estado y se generó un mapa de riqueza potencial.

Comparación de métricas

Finalmente, para validar y comparar la significancia entre los valores obtenidos de riqueza conocida, estimada y potencial, se utilizó el coeficiente de correlación de rango de Spearman tomando en cuenta las celdas bien muestreadas (Pineda y Lobo, 2009; 2012), consideradas como aquellas celdas que contaran con un inventario florístico, bajo el supuesto de que en esos sitios se tiene un mejor conocimiento de su flora.

Resultados

Riqueza conocida de especies de Magnoliophyta en el estado de Morelos

Para llevar a cabo los análisis, se logró identificar una riqueza conocida de 1,127 especies con 5 o más registros diferentes de recolecta. Tales especies pertenecen a 571 géneros y 135 familias de Magnoliophyta, las cuales representan 35.2 % del total de especies, 52.5 % de los géneros y 76 % de las familias (datos no publicados). El mayor número de especies se registró hacia la porción noroeste y sur de la entidad (Figura 2A). Al noroeste, la celda 8 alberga el mayor número de especies (696), seguida por las celdas subyacentes 2, 9, 14, 10 y 3 que registraron 467, 419, 389, 380 y 364 especies de Magnoliophyta respectivamente (Tabla 2). Finalmente, una única celda al sur del estado (42), registró un total de 358 especies (Figura 2A; Tabla 2).

Tabla 2. Riqueza de especies de Magnoliophyta para cada una de las celdas en las que se dividió al estado de Morelos. En gris se indican las celdas mejor muestreadas (con inventarios florísticos), utilizadas para realizar la prueba de correlación de rangos de Spearman. La primera columna muestra los valores de riqueza conocida a través de los registros de herbario, la segunda los valores obtenidos con las estimaciones no paramétricas y la tercera los valores obtenidos de la suma de los modelos de distribución.

Celda	Riqueza		
	Conocida	Estimada	Potencial
1	265	326	359

2	467	585	558
3	364	633	535
4	234	398	477
5	86	150	342
6	82	540	329
7	139	340	497
8	696	848	766
9	419	698	741
10	380	610	569
11	246	534	466
12	18	0	115
13	165	457	270
14	389	813	670
15	314	526	685
16	236	505	557
17	189	334	461
18	17	131	294
19	87	212	161
20	125	258	384
21	221	346	524
22	133	338	541
23	47	133	430
24	80	241	428
25	78	152	311
26	68	121	172
27	95	297	239
28	113	266	348
29	103	218	425
30	155	277	460
31	38	183	401
32	82	269	397
33	75	147	302
34	39	80	158
35	116	237	301
36	162	354	347
37	113	328	375
38	128	253	379
39	252	363	358
40	142	293	327
41	29	74	101
42	358	429	323
43	212	301	291

Los sitios con menor riqueza de especies en la entidad se encontraron en la región central, noreste y sureste (Figura 2A). Dos celdas al noreste (12 y 18) registraron el menor número de especies de Magnoliophyta en todo el estado, albergando 18 y 17 especies respectivamente (Tabla 2). Hacia la porción central, la celda 23 registró la presencia de 47 especies, mientras que la celda 31 presentó 38 especies (Tabla 2). Finalmente, hacia el sureste, la celda 34 presentó un total de 39 especies en tanto que la celda 41 registró 29 especies (Tabla 2).

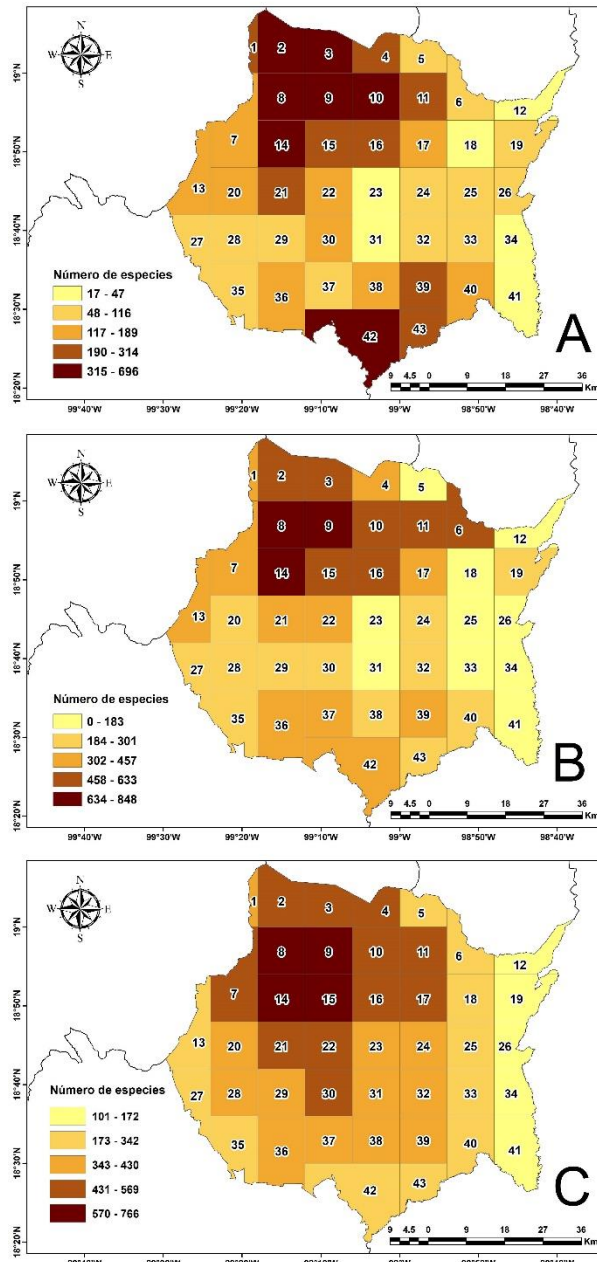


Figura 2. Riqueza de especies de Magnoliophyta observada (A), estimada mediante métodos no paramétricos (B) y estimada con modelos de distribución de especies (C), en cada una de las celdas en las que se dividió al estado de Morelos.

Riqueza estimada de especies utilizando métodos no paramétricos

El mapa de riqueza estimada (Figura 2B) muestra que, principalmente el noroeste de Morelos y pocas celdas al noreste, concentra el mayor número de especies de

Magnoliophyta. Se estima que las celdas 8, 9 y 14 albergan entre 848, 698 y 813 especies respectivamente, siendo de nueva cuenta la celda 8 la de mayor riqueza en la entidad. De igual manera, celdas aledañas a estas tres (2, 3, 10, 11, 6, 15 y 16) presentaron entre 505 a 633 especies (Tabla 2). Asimismo, al sur de la entidad las celdas 36, 37, 39 y 42 concentran una importante estimación en el número de especies (354, 328, 363 y 429), un número bastante similar a las celdas que rodean a las de mayor riqueza al norte de la entidad (celdas 1, 4, 7 y 17).

La menor riqueza de especies se observa principalmente hacia el noreste y este de Morelos (Figura 2B), en las celdas 5, 12, 18, 25, 26, 33, 34 y 41. Estas celdas concentrarían entre 74 a 152 especies. Específicamente la celda 12 presentó una riqueza estimada de cero ya que no pudo llevarse a cabo la determinación del número de especies en ella (Tabla 2). Finalmente, dos celdas al centro de la entidad (23 y 31) registraron una menor riqueza estimada, con 133 y 183 especies respectivamente (Tabla 2).

Riqueza potencial de especies estimada a partir de los modelos de distribución

Los modelos individuales de las 1,127 especies de Magnoliophyta distribuidas en Morelos presentaron valores de AUC que oscilan entre 0.75 y 1.0 (media = 0.93185; Tabla 3; Anexo 3). Estos valores sugieren que el desempeño de los modelos es en promedio de bueno a excelente (Tabla 3). De esta manera, 62.6 % de los modelos individuales fueron excelentes; 27.2 % fueron buenos y solamente 10.1 % resultaron modelos con valor medio (Tabla 3). A partir de la suma espacial de estos MDE individuales, se obtuvo un mapa de riqueza potencial en donde se observa que las regiones norte, noroeste y una porción del centro del estado concentran el mayor número de especies (Figura 2C).

Hacia el noroeste, las celdas 8, 9, 14 y 15 la predicción estima 766, 741, 670 y 685 especies respectivamente (Tabla 2). Además, sus celdas adyacentes (2, 3, 4, 7, 10, 11, 16, 17, 21, 22 y 30), ubicadas al norte y centro de la entidad, concentran entre 460 (celda 30) hasta 569 especies (celda 10) (Tabla 2). Igualmente, se observa que las celdas contiguas a las anteriormente descritas, presentan un menor número de especies conforme se alejan de las celdas con mayor riqueza, situándose principalmente hacia el centro, sur y este del estado (Figura 2C). Hacia el sur de la entidad, las celdas 42 y 43 registran un número considerable de especies, albergando 323 y 291 respectivamente. Cabe señalar que la celda

42 registró un menor número de especies potenciales con respecto a la riqueza conocida, existiendo una diferencia de 35 especies (Tabla 2). Finalmente, el mapa de riqueza potencial muestra que las regiones con la menor riqueza de especies se ubican hacia el noreste, este y sureste de Morelos (Figura 2C). En estas zonas, las celdas 12, 19, 26, 34 y 41 registran entre 101 (celda 41) y 172 (celda 26) especies de Magnoliophyta (Tabla 2).

Tabla 3. Intervalos de los valores del Área Bajo la Curva (AUC) obtenidos en los Modelos de Distribución de Especies de Magnoliophyta en Morelos. La precisión del modelo se estableció considerando los valores de AUC bajo la propuesta de Li y colaboradores (2017). Para conocer el valor de AUC de los MDE individuales ver Anexo 3.

AUC	Precisión del modelo	Número de especies	Proporción del total de especies (%)
0.91-1	Excelente	706	62.6
0.9-0.86	Bueno	175	15.5
0.81-0.85	Bueno	132	11.7
0.75-0.8	Medio	114	10.1

Comparación entre los valores de riqueza obtenidos

Como parte de la comparación entre la riqueza conocida, estimada y potencial, se determinaron únicamente once celdas bien muestreadas, las cuales contaban además con un inventario florístico en ellas (Tabla 2). Estas celdas demostraron que la riqueza conocida y estimada presentan una correlación significativa ($R^2= 0.9090909$; $p\text{-value}= 5.554e-05$) (Tabla 4). De igual manera, al comparar la riqueza conocida con la potencial, se observa una fuerte correlación ($R^2= 0.8272727$), además de significativa entre ellas ($p\text{-value}= 0.003115$). Al comparar la riqueza estimada y la potencial se observa igualmente una significativa correlación ($R^2= 0.8818182$; $p\text{-value}= 0.0006683$) (Tabla 4).

Tabla 4. Valores de la prueba de correlación de rangos de Spearman utilizados para evaluar la riqueza conocida, potencial y estimada a partir de las celdas mejor muestreadas en Morelos.

Riqueza	R²	p-value
Conocida — Estimada	0.9090909	5.554e-05
Conocida — Potencial	0.8272727	0.003115
Estimada — Potencial	0.8818182	0.0006683

Discusión

Se analizaron los patrones de riqueza de 1,127 especies de Magnoliophyta presentes en Morelos, las cuales representan 35.2 % del total de especies conocidas. Este número se considera una buena representación taxonómica de la flora total del estado, incluyendo más de la mitad de las familias (76 %) y géneros (52.4 %). Esta información, proveniente de datos de ejemplares de herbario, permitió identificar gradientes en la entidad que muestran la distribución de las especies de plantas con flores. El patrón de riqueza conocida se contrastó con el obtenido con los Modelos de Distribución de Especies, cuyas estimaciones incrementan, además, el número de especies potenciales que podrían encontrarse en dichas regiones. Asimismo, la riqueza conocida y potencial presentaron entre sí, una correlación significativa, al igual que la riqueza estimada y potencial. Por estas razones, se acepta la hipótesis inicial de que los patrones de riqueza conocida y potencial son similares entre sí.

El norte-noroeste de Morelos resalta como un sitio con alta riqueza conocida, donde seis celdas concentran el mayor número de especies presentes en la entidad (Figura 2A; Tabla 2). En esta región se encuentran poblaciones importantes como Cuernavaca (celda 8), Huitzilac (celda 2), Temixco (celda 14) y Tepoztlán (celda 10), las cuales destacan por registrar un alto número de especies de Magnoliophyta (696, 467, 389 y 380 respectivamente). Estos resultados coinciden geográficamente con lo reportado por Cerros-Tlatilpa y colaboradores (2020), quienes dividieron a la entidad en 187 celdas (de 5.26 x 5.53 km) y estimaron la riqueza de plantas con flores en cada una de ellas, observando que la zona conurbada de Cuernavaca y el municipio de Tepoztlán presentan el mayor número de especies del grupo (486 y 369 respectivamente). A pesar de eso, existen diferencias en el número de especies registradas por estos autores y nuestros resultados; aun cuando en este

trabajo no se consideraron todas las especies reportadas para la entidad, se reconocieron 210 especies más en Cuernavaca y 11 en Tepoztlán que las registradas por Cerros-Tlatilpa y colaboradores (2020), constituyendo una diferencia en las cifras de 30.2 % y 2.9 % respectivamente. Esta discrepancia puede deberse en gran medida, al tamaño de celda empleado por dichos autores, ya que a escalas más finas la riqueza de especies puede ser menor con respecto a escalas mayores (Graham y Hijmans, 2006).

El sur de Morelos destacó por poseer una alta riqueza conocida de especies de Magnoliophyta, particularmente la fracción central y oriental de la Sierra de Huautla ubicada dentro de la celda 42, la cual registró 358 especies. Los resultados coinciden con lo reportado por Cerros-Tlatilpa y colaboradores (2020), quienes destacaron la porción este y central de la Sierra de Huautla como un sitio con alto número de especies de angiospermas, reportando para la misma región hasta un máximo de 486 especies. Sin embargo, nuestros análisis estimaron un número menor de especies con respecto a lo citado por los autores arriba señalados, constituyendo una diferencia de 128 especies menos en dicha región, que corresponden al 35.6 %. Esta diferencia seguramente es resultado de que en este estudio no se incluyó el total de especies registradas para la entidad (1,127 en este estudio vs. 2,877 reportado por Cerros-Tlatilpa *et al.*, 2020), sino aquellas que únicamente contaban con los registros mínimos necesarios para la elaborar sus Modelos de Distribución de Especies. A pesar de ser menor el número de especies estimado, los datos permiten reconocer también al sur de la entidad como un área de alta riqueza de especies.

Algunas celdas al centro (23 y 31), noreste (12 y 18) y sureste (34 y 41) de Morelos, registran la menor riqueza conocida, albergando entre 17 y 47 especies (Figura 2A; Tabla 2). Estos resultados concuerdan con lo reportado por Cerros-Tlatilpa y colaboradores (2020), quienes señalan para toda esta región un bajo número de especies de angiospermas, registrando en sus análisis no más de 58 especies e inclusive algunas celdas que carecen de registros de recolecta. Aun cuando este estudio no incluye todas las especies de Magnoliophyta para la entidad, si se contó con datos para todas las celdas analizadas, lo cual permitió obtener un patrón general objetivo de la distribución de la riqueza de plantas con flores en la entidad, resaltando las regiones anteriormente descritas como zonas de baja riqueza conocida. Entre las posibles explicaciones que se han dado a este fenómeno se

encuentra que existen pocas recolectas realizadas en estas regiones, la vocación agrícola de las zonas o bien, que de manera natural, dicha región es un sitio de baja riqueza (Cerros-Tlatilpa *et al.*, 2020a). Esto último se cumple al menos para la celda 34 que cuenta con un inventario florístico (Cerros-Tlatilpa *et al.*, 2020b) y, por lo tanto, su flora está bien conocida. En dicha celda las estimaciones de riqueza conocida, estimada y potencial son bajas, registrando 39, 80 y 158 especies respectivamente, confirmando que naturalmente es una región que cuenta con un número bajo de especies con flores en la entidad. Otra de las posibles explicaciones a la baja riqueza en esta región puede deberse a su vocación agrícola o bien a que en esta zona aún existe poco esfuerzo de muestreo (Cerros-Tlatilpa *et al.*, 2020a).

El mapa de riqueza estimada muestra tres celdas al noroeste de Morelos (8, 9 y 10) como las de mayor número de especies (Figura 2B). Estas mismas celdas también se resaltan en los análisis de riqueza conocida y potencial, constituyendo una región con un alto número de especies, existiendo una completa coincidencia entre las tres métricas en esta zona del estado (Figura 2A-C). En comparación con la riqueza conocida, el número estimado de plantas con flores es de 13.4 %, 24.7 % y 37.6 % más especies en la celda 8, 9 y 10 respectivamente. Al contrastar las cifras estimadas con la riqueza potencial, se observa una menor diferencia entre ambas métricas en estas celdas, consistiendo en 7.2 % más especies en la celda 8 y 12.6 % en la celda 14, mientras que en la celda 9 la riqueza estimada fue un 3.8 % menor que la riqueza potencial (Tabla 2); sin embargo, sigue constituyendo una región de alta riqueza en la entidad. Esta concordancia entre las tres métricas destaca que, de manera natural, el noroeste de la entidad es una región de gran diversidad de Magnoliophyta.

La riqueza estimada señala las regiones noreste, este, sureste y un par de celdas al centro de Morelos como sitios con bajo número de especies de angiospermas (Figura 2B). En esta región de igual manera existe una completa coincidencia entre la riqueza conocida, potencial y estimada (celdas 12, 34 y 41), al identificarse como zonas de baja riqueza de especies. Así, en la celda 34 se estima 3.6 % más especies que lo conocido mientras que en la celda 41 se estima 3.9 % más especies; aun así, son bajos los números de especies en estas celdas. Al comparar la riqueza potencial, la celda 34 presenta 6.9 % menos especies

estimadas, mientras que la celda 41 tiene 2.3 % menos especies. A pesar de dichas diferencias entre la riqueza potencial y estimada en estas celdas, sigue siendo una baja riqueza de especies. Los resultados continúan mostrando que esta región en Morelos, bajo las tres métricas analizadas, presenta naturalmente una baja diversidad de plantas con flores en el noreste, oriente y sureste del estado.

Específicamente en la celda 12 el número de especies estimado fue cero, es decir, no pudo llevarse a cabo dicha evaluación. Esto puede deberse en gran medida al bajo número de especies y registros de recolecta presentes en esa celda, ya que tan sólo se reportó un registro por especie, situación que dificulta e impide el cálculo del número de especies mediante el estimador Chao₂. Este resultado concuerda con lo reportado por algunos autores (Petersen y Meier, 2003; Jiménez-Valverde y Hortal, 2003), quienes mencionan que los estimadores no paramétricos, como el empleado en este estudio, presentan un funcionamiento poco fiable en diversas situaciones, como cuando existe un elevado número de especies raras, donde la distribución de los organismos es agregada, o la proporción de especies observadas es baja con respecto al número real.

Las áreas bajo la curva de los Modelos de Distribución de las Especies individuales de Magnoliophyta se clasificaron entre excelentes y promedio, al predecir las condiciones ambientales idóneas para las especies en Morelos (Tabla 3). Lo anterior destaca su relevancia para la correcta estimación de la riqueza potencial de especies en regiones como las aquí analizadas (Pineda y Lobo, 2009; 2012; Pérez y Font, 2012). Por otra parte, la suma de los MDE resaltó cuatro celdas al noroeste de Morelos que concentran el mayor número de especies potenciales, cifra que disminuye conforme uno se aleja de este punto hacia los cuatro puntos cardinales (Figura 2C). Este sitio de alta riqueza potencial concuerda con tres celdas de riqueza conocida (8, 9 y 14; Figura 2A). En ellas, se registra un incremento de especies de 6.2 %, 28.5 % y 24.9 % respectivamente, en comparación con lo que se conoce a partir de los registros de herbario (Tabla 2). Los resultados muestran la coincidencia entre los sitios de alta riqueza conocida y potencial, comprobando con ello la utilidad de los MDE en el reconocimiento de sitios de alta riqueza en el estado, los cuales ya habían sido previamente identificados por Cerros-Tlatilpa y colaboradores (2020) a partir de la de la flora total de angiospermas. El uso de los MDE en el reconocimiento de

patrones de riqueza ha sido ampliamente mencionado y resaltado por diversos autores (Ortega-Huerta y Peterson, 2004; Parviainen *et al.*, 2009; Pineda y Lobo, 2009; 2012; Pérez y Font, 2012), quiénes mencionan que la modelación de la distribución de especies de manera individual y su posterior suma, permite identificar tendencias, *hotspots* de riqueza e inclusive la composición de especies en diferentes regiones geográficas.

Las celdas que registraron el menor número de especies potenciales se ubican al noreste, este y sureste de Morelos (Figura 2C), tendencia que se mantiene en el mapa de riqueza conocida (Figura 2A). Particularmente, las celdas 12, 34 y 41 coinciden tanto en la riqueza conocida como potencial como regiones que contienen una baja riqueza, albergando únicamente 115 especies potenciales (10.2 %), 158 (14 %) y 101 (8.9 %) respectivamente (Tabla 2). Estos resultados corroboran el patrón de baja riqueza de especies para esta región observado también en el mapa de riqueza conocida, coincidiendo nuevamente con lo reportado por Cerros-Tlatilpa y colaboradores (2020), quiénes señalan a las porciones noreste, este, sureste y algunas zonas al centro de Morelos, como sitios con un bajo número de especies e incluso carente de registros de recolecta de plantas con flores. Esta situación demuestra nuevamente la utilidad de los MDE en la identificación de patrones de distribución de la riqueza de especies, además de que al ampliar la información acerca de la distribución de las especies en la entidad, permiten suponer que, al menos para las especies analizadas en este estudio, el patrón natural de las Magnoliophyta parece ser el de registrarse un número bajo de especies en estas zonas de la entidad.

El mapa de riqueza potencial (Figura 2C) no resalta a las celdas 42 y 43, por su número de especies; sin embargo, tales celdas concentran un importante número de angiospermas, albergando 28.6 % y 25.8 % del total de especies de angiospermas examinadas respectivamente (Tabla 2). De manera particular, la celda 43 incrementa 7 % más especies que la riqueza conocida. En contraste, la celda 42 registró un menor número de especies potenciales con respecto a la riqueza conocida, estimando 35 menos especies que lo observado (Tabla 2). Esta situación puede explicarse debido a que, al convertir los Modelos de Distribución de Especies de los valores continuos que ofrece Maxent a modelos binarios a través de un umbral de corte que disminuye la sobreestimación de la idoneidad predicha (Pineda y Lobo, 2009), se generan ineludiblemente errores de omisión;

entonces se predice la ausencia de las condiciones óptimas para una especie, cuando en realidad se conoce su presencia en esos sitios (Peterson *et al.*, 2011).

Uno de los hallazgos relevantes del estudio fue que la suma de los MDE identificó a la celda 15 como un nuevo sitio de alta riqueza, estimando un 32.9 % más especies de plantas con flores que lo señalado por la riqueza conocida (Figura 2C; Tabla 2). De igual manera, se resaltan las celdas 2, 3, 4, 7, 10, 11, 16, 17, 21, 22 y 30 como zonas con un considerable número especies, registrando entre 8 % a 36.2 % más especies con respecto a la riqueza conocida (Figura 2C; Tabla 2). Estos resultados destacan la utilidad de los MDE en la búsqueda de regiones con mayor diversidad previamente desconocidas en Morelos. Su uso ha sido planteado en diversos trabajos, donde se señala que los Modelos de Distribución de Especies pueden ser empleados para identificar nuevos sitios importantes por su riqueza de especies (Raes *et al.*, 2009; Pérez y Font, 2012; Villaseñor *et al.*, 2013; Sutherland *et al.*, 2021). Por lo tanto, un trabajo de campo posterior en estas regiones tomando como guía tales resultados, puede igualmente contribuir a mejorar el conocimiento de la distribución de las especies de Magnoliophyta en la entidad e inclusive proponer estrategias más efectivas para su conservación.

Los Modelos de Distribución de Especies generados en el presente trabajo lograron identificar patrones de riqueza florística en Morelos más robustos, al reconocer sitios de alta y baja riqueza de Magnoliophyta no identificados en estudios anteriores. Asimismo, permitieron reducir el vacío de conocimiento sobre la distribución de especies de plantas con flores en el estado, al aportar información sobre otras zonas en la entidad que presentan las condiciones ambientales idóneas que favorecen su presencia, subsanando con ello el déficit Wallaceano. Resultados similares fueron obtenidos por Sutherland y colaboradores (2021), quienes al elaborar MDE para especies de un género de luciérnagas (*Atyphella*) distribuidas en el Pacífico Sur, aumentaron sus datos de distribución y minimizaron con ello los efectos negativos asociados al déficit Wallaceano en la mejora de los esfuerzos de conservación. De igual manera, la suma de los MDE resaltó el número de especies potenciales que podrían registrarse a lo largo de la superficie en Morelos si se llevaran a cabo más trabajos taxonómicos o nuevos muestreos, disminuyendo con ello el déficit Linneano. Esto concuerda con lo reportado por Villaseñor *et al.* (2013), quienes mencionan

que los MDE constituyen un buen complemento para identificar especies faltantes de una región y los sitios donde se les pudiera encontrar. Los resultados anteriormente señalados demuestran la utilidad de los MDE en la determinación de patrones de diversidad biológica, así como para complementar los déficits más usuales en los datos actuales de la biodiversidad que impiden su comprensión, descripción, conocimiento y conservación, particularmente cuando la información disponible es escasa.

Al contrastar las tres métricas mediante la prueba de correlación de rangos de Spearman se observó que, en todas las comparaciones, los valores de correlación indican que son significativas (Tabla 4). Así, la riqueza conocida y estimada presentaron una correlación significativa, a partir de la cual se infiere que cuando se estima un alto número de especies el número de especies conocidas también es alto, mientras que cuando el número de especies observadas es bajo, la riqueza estimada también es baja. Este fenómeno se repite entre la riqueza conocida y potencial, las cuales presentaron una significativa correlación, lo que indica que los sitios que suelen presentar un alto número de especies observadas también presentan condiciones ambientales favorables para albergar un alto número de especies potenciales. Lo mismo sucede en el caso contrario, donde los sitios de baja riqueza conocida también son sitios de baja riqueza potencial, sugiriendo que las condiciones ambientales no son óptimas para la presencia de ciertas especies. Asimismo, existe una fuerte y significativa correlación entre la riqueza estimada y la potencial. Estos resultados coinciden con lo señalado por Pineda y Lobo (2009), quienes mencionan que la combinación de un método de modelado de distribución de especies y estimadores de riqueza ofrece una herramienta útil en la identificación del patrón general proporcionado por las predicciones de los modelos. De esta manera se pueden representar a su vez los patrones geográficos de riqueza e incluso composición de especies, independientemente de la calidad o precisión de cada modelo individual. Lo anterior resalta que los patrones entre la riqueza conocida y potencial son coincidentes y a su vez son respaldados con las tendencias de la riqueza estimada, demostrando con ello que los Modelos de Distribución de Especies reflejan con suficiente confianza el patrón general de la riqueza de especies de Magnoliophyta en Morelos.

El presente estudio muestra cómo los patrones de riqueza conocida y potencial del conjunto de especies de Magnoliophyta analizadas en Morelos son similares entre sí. De

esta manera, los Modelos de Distribución de Especies no sólo enriquecen el conocimiento de regiones pobremente estudiadas, sino que además son útiles para identificar el patrón general de la diversidad florística, poniendo a prueba aquellos sitios previamente determinados como de alta o baja riqueza y reconociendo nuevas zonas de gran diversidad en el estado. Finalmente, el hecho de que únicamente pudiese modelarse poco más de un tercio del total de especies registradas en la entidad, debido a la poca información acerca de la distribución de la mayoría de Magnoliophyta, resalta la necesidad de generar análisis o exploraciones de campo más detalladas, que contribuyan a un mejor conocimiento de la distribución de la flora de Morelos, las cuales permitan efectuar estrategias más adecuadas para su conservación.

Referencias bibliográficas

Aiello- Lammens, M. E., R. A. Boria, A., Radosavljevic, B. Vilela y R. P. Anderson. 2015. spThin: an R package for spatial thinning of species occurrence records for use in ecological niche models. *Ecography* 38: 541-545.

Alba, C., R. Levy y R. Hufft. 2021. Combining botanical collections and ecological data to better describe plant community diversity. *PLoS ONE* 16: 1-17.

Allouche, O., A. Tsoar y R. Kadmon. 2006. Assessing the accuracy of species distribution models: prevalence, kappa and the true skill statistic (TSS). *Journal of Applied Ecology* 43: 1223–1232.

Allouche, O., O. Steinitz, D. Rotem, A. Rosenfeld y R. Kadmon. 2008. Incorporating distance constraints into species distribution models. *Journal of Applied Ecology* 45: 599-609.

Andrade, A. F. A., S. J. E. Velazco y P. De M. Júnior. 2020. ENMTML: An R package for a straightforward construction of complex ecological niche models. *Environmental Modelling and Software* 125: 1-11.

- Araújo, M. B., W. Thuiller, P. H. Williams y I. Reginster. 2005. Downscaling European species atlas distributions to a finer resolution: implications for conservation planning. *Global Ecology and Biogeography* 14: 17-30.
- Argáez, J. A., J. A. Christen, M. Nakamura y J. Soberón. 2005. Prediction of potential areas of species distributions based on presence-only data. *Environmental and Ecological Statistics* 12: 27-44.
- Aubry, K. B., C. M. Raley y K. S. McKelvey. 2017. The importance of data quality for generating reliable distribution models for rare, elusive, and cryptic species. *PLoS ONE* 12: 1-17.
- Bahn, V. y B. J. McGill. 2013. Testing the predictive performance of distribution models. *Oikos* 122: 321-331.
- Baldwin, R. A. 2009. Use of maximum entropy modeling in wildlife research. *Entropy* 11: 854-866.
- Ball-Damerow, J. E., L. Brenskelle, N. Barve, P. S. Soltis, P. Sierwald, R. Bieler, R. LaFrance, A. H. Ariño y R. P. Guralnick. 2019. Research applications of primary biodiversity databases in the digital age. *PLoS ONE* 14: 1-26.
- Behroozian, M., A. T. Peterson, M. Reza, P. J. Atauchi, F. Memariani y A. Asghar. 2022. Good news for a rare plant: Fine-resolution distributional predictions and field testing for the critically endangered plant *Dianthus pseudocrinitus*. *Conservation Science and Practice*: 1-15.
- Boetsch, J. R., F. K. Van Manen y J. D. Clark. 2003. Predicting rare plant occurrence in Great Smoky Mountains National Park, USA. *Natural Areas Journal* 23: 229-237.

Bonilla-Barbosa, J. R. y J. A. Viana-Lases. 1997. Parque Nacional Lagunas de Zempoala, México. Listados florísticos de México XIV. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México, Ciudad de México.

Bonilla-Barbosa, J. R. y J. L. Villaseñor. 2003. Catálogo de la flora del estado de Morelos. Morelos: Centro de Investigaciones Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos. 129 p.

Bonilla-Barbosa, J. R. y J. L. Villaseñor. 2006. Tipos de vegetación en el estado de Morelos. En: Atlas municipal del estado de Morelos. Rueda, R. (coord.). Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Instituto de Geografía Tropical de la Habana, Praxis. México. 125-140.

Bourg, N. A., W. J. McShea y D. E. Gill. 2005. Putting a cart before the search: successful habitat prediction for a rare forest herb. *Ecology* 86: 2793-2804.

Broennimann, O., U. A. Treier, H. Müller-Schärer, W. Thuiller, A. T. Peterson y A. Guisan. 2007. Evidence of climatic niche shift during biological invasion. *Ecology Letters* 10: 701-709.

Brotons, L., M. De Cáceres, A. Fall y M. J. Fortin. 2012. Modeling bird species distribution change in fire prone Mediterranean landscapes: incorporating species dispersal and landscape dynamics. *Ecography* 35: 458-467.

Buckland, S. T. y D. A. Elston. 1993. Empirical models for the spatial distribution of wildlife. *Journal of applied Ecology* 30: 478-495.

Cardador, L., F. Sardà- Palomera, M. Carrete y S. Mañosa. 2014. Incorporating spatial constraints in different periods of the annual cycle improves species distribution model performance for a highly mobile bird species. *Diversity and distributions* 20: 515-528.

Cerros-Tlatilpa, R. y A. Espejo-Serna. 1998. Contribución al estudio florístico de los Cerros El Sombrerito y Las Mariposas (Zoapapalotl) en el municipio de Tlayacapan, Morelos, México. *Polibotánica* 8: 29-46.

Cerros-Tlatilpa, R. y L. G. Galván-González. 2020. Resumen ejecutivo. Diversidad vegetal. En: *La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2. Volumen I. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, Ciudad de México.* p. 417-418.

Cerros-Tlatilpa, R., L. G. Galván-González, E. Urzúa-Vázquez y A. Flores-Morales. 2020a. Angiospermas. En: *La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2. Volumen I. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, Ciudad de México.* p. 433-449.

Cerros-Tlatilpa, R., J. Ceja-Romero, A. Mendoza-Ruiz, A. Flores-Morales y M. Jaramillo-Sánchez. 2020b. Inventario florístico de los cerros La Cantera y Delgado, Jantetelco, Morelos, México. *Acta Botánica Mexicana* 127: 1-34.

Colwell, R. K. 2009. EstimateS, Version 8.2.0: statistical estimation of species richness and shared species from samples (Software and User's Guide). Freeware published at <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>.

Colwell, R. K. y J. A. Coddington. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society, London (Series B)* 345: 101-118.

Conabio (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 1998. Subcuencas hidrológicas. En: *Secretaría de Recursos Hidráulicos, Jefatura de Irrigación y control de Ríos, Dirección de Hidrología (Eds.), Boletín hidrológico (1970). Subcuencas hidrológicas en mapas de regiones hidrológicas. Escala más común 1:1000000. México, D. F.*

Contreras-MacBeath, T., F. Jaramillo-Monroy y J. C. Boyás-Delgado. 2006. La diversidad biológica en Morelos. Estudio del estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. 156 p.

Cooper, J. C. y J. Soberón. 2018. Creating individual accessible area hypotheses improves stacked species distribution model performance. *Global Ecology and Biogeography* 27: 156-165.

Cruz-Cárdenas, G., L. López-Mata, J. L. Villaseñor y E. Ortiz. 2014. Potential species distribution modeling and the use of principal component analysis as predictor variables. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 189-199.

De Andrade, A. F. A., S. J. Elías y P. D. M. Júnior. 2020. ENMTML: An R package for a straightforward construction of complex ecological niche models. *Environmental Modelling and Software* 125: 1-11.

DeLong, E. R., D. M. DeLong, y D. L. Clarke-Pearson. 1988. Comparing the areas under two or more correlated receiver operating characteristic curves: a nonparametric approach. *Biometrics* 44: 837-845.

Elith, J., C. H. 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, A. T. Peterson, 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: 129-151.

Escalante, T. 2003. ¿Cuántas especies hay? Los estimadores no paramétricos de Chao. *Elementos: Ciencia y Cultura* 52: 53-56.

Escalante, T., D. N. Espinosa y J. Llorente-Bousquets. 2003. Métodos para la identificación, descubrimiento y comparación de patrones biogeográficos: ejemplos en México. En: Una perspectiva latinoamericana de la biogeografía. J. J. Morrone y J. Llorente (eds.). Las Prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM, México, D.F. p. 303-307.

Espinosa, J. 1962. Vegetación de una corriente de lava de formación reciente, localizada en el declive meridional de la Sierra de Chichinautzin. Boletín de la Sociedad Botánica de México 27: 67-114.

ESRI [Environmental Systems Research Institute]. 2010. ArcGIS 10.1. Redlands, California.

Estrada, Y. Q., R. A. Luna y T. Escalante. 2012. Patrones de distribución de los mamíferos en la Provincia Oaxaca-Tehuacanense, México. THERYA 3: 33-51.

Eyre, A. C., N. J. Briscoe, D. K. P. Harley, L. F. Lumsden, L. B. McComb y P. E. Lentini. 2022. Using species distribution models and decision tools to direct surveys and identify potential translocation sites for a critically endangered species. Diversity and Distributions 28: 700-711.

Fernández-Nava, R., C. Rodríguez-Jiménez, M. L. Arreguín-Sánchez y A. Rodríguez-Jiménez. 1998. Listado florístico de la Cuenca del Río Balsas, México. Polibotánica 9: 1-151.

Ferrusquía-Villafranca, I. 1990. Provincias Bióticas con énfasis en criterios morfotectónicos. Regionalización Biogeográfica, IV.8.10. Atlas Nacional de México. Vol. II. Escala 1: 4,000,000. México: Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México.

Fourcade, Y., J. O. Engler, D. Rödder y J. Secondi. 2014. Mapping species distributions with MAXENT using a geographically biased sample of presence data: A performance assessment of methods for correcting sampling bias. *PLoS ONE* 9: 1-13.

Franklin, J., F. W. Davis, M. Ikegami, A. D. Syphard, L. E. Flint, A. L. Flint y L. Hannah. 2013. Modeling plant species distributions under future climates: how fine scale do climate projections need to be? *Global Change Biology* 19: 473-483.

Galindo, G. y R. Fernández. 2002. Inventario florístico del municipio de Amacuzac, Morelos, México. *Polibotánica* 13: 107-133.

García, A. 2006. Using ecological niche modelling to identify diversity hotspots for the herpetofauna of Pacific lowlands and adjacent interior valleys of Mexico. *Biological Conservation* 130: 25-46.

García, F. 2013. Inventario de especies leñosas de la Sierra Monte Negro en los municipios de Jiutepec y Emiliano Zapata, Morelos. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Facultad de Ciencias Biológicas.

Gaston, K. J. 2000. Global patterns in biodiversity. *Nature* 405: 220-227.

Godown, M. y A. T. Peterson. 2000. Preliminary distributional analysis of US endangered bird species. *Biodiversity and Conservation* 9: 1313-1322.

Graham, C. H. y R. J. Hijmans. 2006. A comparison of methods for mapping species ranges and species richness. *Global Ecology and Biogeography* 15: 578-587.

Graham, C. H., S. R. Ron, J. C. Santos, C. J. Schneider y C. Moritz. 2004. Integrating phylogenetics and environmental niche models to explore speciation mechanisms in dendrobatid frogs. *Evolution* 58: 1781-1793.

Graham, C. H., J. Elith, R. J. Hijmans, A. Guisan, A. T. Peterson, B. A. Loiselle y The Nceas Predicting Species Distributions Working Group. 2008. The influence of spatial errors in species occurrence data used in distribution models. *Journal of Applied Ecology* 45: 239-247.

Guevara, L., J. J. Morrone y L. León-Paniagua. 2018a. Spatial variability in species' potential distributions during the Last Glacial Maximum under different Global Circulation Models: Relevance in evolutionary biology. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research* 57: 113-126.

Guevara, L., L. León-Paniagua, J. Rios y R. P. Anderson. 2018b. Variación entre modelos de circulación global para reconstrucciones de distribuciones geográficas del Último Máximo Glacial: relevancia en la filogeografía. *Ecosistemas* 27: 62-76.

Guisan, A. y N. E. Zimmermann. 2000. Predictive hábitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling* 135: 147-186.

Guisan, A., O. Broennimann, R. Engler, M. Vust, N. G. Yoccoz, A. Lehmann y N. E. Zimmermann. 2006. Using niche-based models to improve the sampling of rare species. *Conservation Biology* 20: 501-511.

Hernandez, P. A., C. H. Graham, L. L. Master y D. L. Albert. 2006. The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modeling methods. *Ecography* 29: 773-785.

Hernández, P. 1945. La flora maravillosa de Tepoztlán. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 3: 13-15.

Hernández-Cárdenas, R. A., R. Cerros-Tlatilpa y A. Flores-Morales. 2014. Las plantas vasculares y vegetación de la barranca Tepecapa en el municipio de Tlayacapan, Morelos, México. *Acta Botánica Mexicana* 108: 11-38.

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: 1965-1978.

Holloway, P., J. A. Miller y S. Gillings. 2016. Incorporating movement in species distribution models: how do simulations of dispersal affect the accuracy and uncertainty of projections? *International Journal of Geographical Information Science* 30: 2050-2074.

Hortal, J., F. de Bello, J. A. F. Diniz-Filho, T. M. Lewinsohn, J. M. Lobo y R. J. Ladle. 2015. Seven shortfalls that beset large-scale knowledge of biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 46: 523-549.

Hortal, J., P. Garcia-Pereira y E. García-Barros. 2004. Butterfly species richness in mainland Portugal: predictive models of geographic distribution patterns. *Ecography* 27: 68-82.

IUCN. 2012. *IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1*. International Union for Conservation of Nature. United Kingdom: IUCN. ISBN: 978-2-8317-1539-1.

Jiménez-Valverde, A. y J. Hortal. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología* 8: 151-161.

Keppel, G., K. P. Van Niel, G. W. Wardell-Johnson, C. J. Yates, M. Byrne, L. Mucina, A. G. T. Schut, S. D. Hopper y S. E. Franklin. 2012. Refugia: identifying and understanding safe havens for biodiversity under climate change. *Global Ecology and Biogeography* 21: 393-404.

Li, Q., H. Ren, L. Zhen, W. Cao, A. Zhang, D. Zhuang, L. Lu y H. Jiang. 2017. Ecological niche modeling identifies fine-scale areas at high risk of dengue fever in the Pearl River Delta, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 14: 1-13.

Li, Y., M. Li, C. Li y Z. Liu. 2020. Optimized Maxent model predictions of climate change impacts on the suitable distribution of *Cunninghamia lanceolata* in China. *Forests* 11: 1-25.

Lobo, J. M., A. Jiménez- Valverde, y R. Real. 2008. AUC: a misleading measure of the performance of predictive distribution models. *Global Ecology and Biogeography* 17: 145-151.

Lomolino, M. V. 2004. Conservation biogeography. En: *Frontiers of Biogeography: New directions in the geography of nature*. Ed. M. V. Lomolino, L. R. Heaney. Sunderland, MA: Sinauer. pp. 293-296.

López-Gómez, A. M. y G. Williams-Linera. 2006. Evaluación de métodos no paramétricos para la estimación de riqueza de especies de plantas leñosas en cafetales. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 78: 7-15.

Luoto, M., R. K. Heikkinen, J. Pöyry y K. Saarinen. 2006. Determinants of the biogeographical distribution of butterflies in boreal regions. *Journal of Biogeography* 33: 1764-1778.

Mac Nally, R. y E. Fleishman. 2004. A successful predictive model of species richness based on indicator species. *Conservation Biology* 18: 646-654.

Maldonado, C., C. I. Molina, A. Zizka, C. Persson, C. M. Taylor, J. Albán, E. Chilquillo, N. Rønsted y A. Antonelli. 2015. Estimating species diversity and distribution in the era of Big Data: to what extent can we trust public databases? *Global Ecology and Biogeography* 24: 973-984.

Marques, R., J. L. Pinto, A. da Fonseca, R. Ferreira, U. Silva, L. Osorio-Olvera, R. G. Contreras-Díaz y D. Jiménez-García. 2021a. Effects of climatic change on the potential distribution of *Lycoriella* species (Diptera: Sciaridae) of economic importance. *Insects* 12: 1-11.

- Marques, R., R. F. Krüger, S. K. Cunha, A. S. Silveira, D. M. C. C. Alves, G. D. Rodrigues, A. T. Peterson y D. Jiménez-García. 2021b. Climate change impacts on *Anopheles (K.) cruzii* in urban areas of Atlantic Forest of Brazil: Challenges for malaria diseases. *Acta Tropica* 224: 1-9.
- Mateo, R. G., A. M. Felicísimo y J. Muñoz. 2011. Modelos de distribución de especies: Una revisión sintética. *Revista Chilena de Historia Natural* 84: 217-240.
- Mendes, P., S. J. E Velazco, A. F. A. de Andrade y P.D. M. Júnior. 2020. Dealing with overprediction in species distribution models: How adding distance constraints can improve model accuracy. *Ecological Modelling* 431: 1-11.
- Médail, F. y K. Diadema. 2009. Glacial refugia influence plant diversity patterns in the Mediterranean Basin. *Journal of Biogeography* 36: 1333-1345.
- Mercado-Gómez, J. D., D. A. Prieto-Torres, M. A. González, M. E. Morales, T. Escalante, y O. Rojas-Soto. 2020. Climatic affinities of Neotropical species of Capparaceae: an approach from ecological niche modelling and numerical ecology. *Botanical Journal of the Linnean Society* 193: 263-275.
- Merow, C., M. J. Smith y J. A. Silander. 2013. A practical guide to MaxEnt for modeling species' distributions: what it does, and why inputs and settings matter. *Ecography* 36: 1058-1069.
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA. Vol. 1. Zaragoza. 84 pp.
- Morrone, J. J. y T. Escalante. 2009. Diccionario de biogeografía. Las Prensas de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 230 p.

Muscarella R., P. J. Galante, M. Soley-Guardia, R. A. Boria, J. M. Kass, N. Uriarte y R. P. Anderson. 2014. ENMeval: an R package for conducting spatially independent evaluations and estimating optimal model complexity for Maxent ecological niche models. *Methods in Ecology and Evolution* 5:1198–1205.

Newbold, T. 2010. Applications and limitations of museum data for conservation and ecology, with particular attention to species distribution models. *Progress in Physical Geography* 34: 3-22.

Ortega-Huerta, M. A. y A. T. Peterson. 2004. Modelling spatial patterns of biodiversity for conservation prioritization in North-eastern Mexico. *Diversity and Distributions* 10: 39-54.

Pahad, G., C. Montgelard y B. Jansen. 2020. Phylogeography and niche modelling: reciprocal enlightenment. *Mammalia* 84: 10-25.

Parviainen, M., M. Luoto, T. Rytteri y R. K. Heikkinen. 2008. Modelling the occurrence of threatened plant species in taiga landscapes: methodological and ecological perspectives. *Journal of Biogeography* 35: 1888-1905.

Parviainen, M., M. Marmion, M. Luoto, W. Thuiller y R. K. Heikkinen. 2009. Using summed individual species models and state-of-the-art modelling techniques to identify threatened plant species hotspots. *Biological Conservation* 142: 2501-2509.

Pearman, P. B., C. F. Randin, O. Broennimann, P. Vittoz, W. O. van der Knaap, R. Engler, G. Le, N. E. Zimmermann y A. Guisan. 2008. Prediction of plant species distributions across six millenia. *Ecology Letters* 11: 357-369.

Pearson, R. G., C. J. Raxworthy, M. Nakamura y A. T. Peterson. 2007. Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. *Journal of Biogeography* 34: 102-117.

Pérez, L. A., A. Flores y G. Soria. 1992. Clave para las familias de plantas con flores de la Sierra de Huautla, Morelos, México. *Ciencia y Tecnología* 2: 25-50.

Pérez, N. y X. Font. 2012. Predicting vascular plant richness patterns in Catalonia (NE Spain) using species distribution models. *Applied Vegetation Science* 15: 390-400.

Perktaş, U., H. Gür y E. Ada. 2015. Historical demography of the Eurasian Green woodpecker: integrating phylogeography and ecological niche modelling to test glacial refugia hypothesis. *Folia Zoologica* 64: 284-295.

Petersen, F. T. y R. Meier. 2003. Testing species-richness estimation methods on single-sample collection data using the Danish Diptera. *Biodiversity and Conservation* 12: 667-686.

Peterson, A. T. 2003. Predicting the geography of species' invasions via ecological niche modeling. *The Quarterly Review of Biology* 78: 419-433.

Peterson, A. T., E. Martínez-Meyer y C. González-Salazar. 2004. Reconstructing the Pleistocene geography of the Aphelocoma jays (Corvidae). *Diversity and Distributions* 10: 237-246.

Peterson, A. T., M. A. Ortega-Huerta, J. Bartley, V. Sánchez-Cordero, J. Soberón, R. H. Buddemeier y D. R. B. Stickwell. 2002. Future projections for Mexican faunas under global climate change scenarios. *Nature* 416: 626-629.

Peterson, A.T., J. Soberón, R. G. Pearson, R. P. Anderson, E. Martínez-Meyer, M. Nakamura y M. B. Araujo. 2011. *Ecological niches and geographic distributions*. Princeton University Press. Reino Unido. 314 p.

Phillips, S. J., R. P. Anderson y R. E. Schapire. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190: 231-259.

- Phillips, S. T. y M. Dudík. 2008. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and comprehensive evaluation. *Ecography* 31: 161-175.
- Pineda-López, R. 2019. Estimadores de la riqueza de especies. En: Moreno, C. E. (Ed). *La biodiversidad en un mundo cambiante: Fundamentos teóricos y metodológicos para su estudio*. Universidad Autónoma de Hidalgo. Pachuca de Soto, Hidalgo, México, p. 159-174.
- Pineda, E. y J. M. Lobo. 2009. Assessing the accuracy of species distributions models to predict amphibian species richness patterns. *Journal of Animal Ecology* 78: 182-190.
- Pineda, E. y J. M. Lobo. 2012. The performance of range maps and species distribution models representing the geographic variation of species richness at different resolutions. *Global Ecology and Biogeography* 21: 935-944.
- R Core Team. 2020. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/>.
- Raes, N., M. C. Roos, J. W. Ferry, E. E. van Loon y H. ter Steege. 2009. Botanical richness and endemism patterns of Borneo derived from species distribution models. *Ecography* 32: 180-192.
- Ramírez-Cantú, D. 1945. Algunas plantas notables de Tepoztlán, Morelos. *Anales del Instituto de Biología* 16: 353-357.
- Raxworthy, C. J., E. Martínez-Meyer, N. Horning, R. A. Nussbaum, G. E. Schneider, M. A. Ortega-Huerta y A. T. Peterson. 2003. Predicting distributions of known and unknown reptil species in Madagascar. *Nature* 426: 837-841.

Richards, C. L., B. C. Carstens y L. L. Knowles. 2007. Distribution modelling and statistical phylogeography: an integrative framework for generating and testing alternative biogeographical hypotheses. *Journal of Biogeography* 34: 1833-1845.

Roberts, D. R., V. Bahn, S. Ciuti, M. S. Boyce, J. Elith, G. Guillera-Arroita, S. Hauenstein, J. J. Lahoz-Monfort, B. Schröder, W. Thuiller, D. I. Warton, B. A. Wintle, F. Hartig y C. F. Dormann. 2017. Cross-validation strategies for data with temporal, spatial, hierarchical, or phylogenetic structure. *Ecography* 40: 913–929.

Rödger, D. y S. Lötters. 2010. Explanative power of variables used in species distribution modelling: an issue of general model transferability or niche shift in the invasive Greenhouse frog (*Eleutherodactylus planirostris*). *Naturwissenschaften* 97: 781-796.

Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa. México, Distrito Federal.

Sánchez-Cordero, V., A. T. Peterson y P. Escalante-Pliego. 2001. El modelado de la distribución de especies y la conservación de la diversidad biológica. En: Enfoques contemporáneos para el estudio de la biodiversidad. H. M. Hernández, A. N. García, F. Álvarez y M. Ulloa (comps.). Instituto de Biología, UNAM, México. p. 359-379.

Schwartz, M. W. 2012. Using niche models with climate projections to inform conservation management decisions. *Biological Conservation* 155: 149-156.

Seaborn, T. J., C. S. Goldberg y E. J. Crespi. 2020. Integration of dispersal data into distribution modeling: What have we done and what have we learned?. *Frontiers of Biogeography* 12: 1-14.

Seuffert, M. E., y P. R. Martín. 2021. Exceeding its own limits: range expansion in Argentina of the globally invasive apple snail *Pomacea canaliculata*. *Hydrobiologia* 848: 385-401.

Sinka, M. E., S. Pironon, N. C. Massey, J. Longbottom, J. Hemingway, C. L. Moyes y K. J. Willis. 2020. A new malaria vector in Africa: Predicting the expansion range of *Anopheles stephensi* and identifying the urban populations at risk. *The Proceedings of the National Academy of Sciences* 117: 24900-24908.

Soberón, J. y A. T. Peterson. 2005. Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas. *Biodiversity Informatics* 2: 1-10.

Soria, G. 1986. Flora de Morelos (descripción de especies vegetales de la selva baja caducifolia del Cañón de Lobos, Mpio. De Yautepec). Serie de Ciencias Naturales y de la Salud. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos. 163 p.

Soriano, L. 2020. La familia Asteraceae en la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla, Morelos. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Facultad de Ciencias Biológicas.

Steege, H. T., P. P. Haripersaud, O. S. Bánki y F. Schieving. 2011. A model of botanical collectors' behavior in the field: Never the same species twice. *American Journal of Botany* 98: 31-37.

Sousa-Guedes, D., S. Arenas-Castro y N. Sillero. 2020. Ecological niche models reveal climate change effect on biogeographical regions: The Iberian Peninsula as a case study. *Climate* 8: 1-18.

Sousa-Silva, R., P. Alves, J. Honrado y A. Lomba. 2014. Improving the assessment and reporting on rare and endangered species through species distribution models. *Global Ecology and Conservation* 2: 226-237.

Suárez-Mota, M. E., O. Téllez-Valdés, R. Lira-Saade y J. L. Villaseñor. 2013. Una regionalización de la Faja Volcánica Transmexicana con base en su riqueza florística. *Botanical Sciences* 91: 93-105.

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 Botánica Mexicana* 124: 49-74.

Sutherland, L. N., G. S. Powell y S. M. Bybee. 2021. Validating species distribution models to illuminate coastal fireflies in the Sout Pacific (Coleoptera: Lampyridae). *Scientific Reports* 11: 1-12.

Swets, J. A. 1988. Measuring the accuracy of diagnostic systems. *Science* 240: 1285-1293.

Syfert, M. M., M. J. Smith y D. A. Coomes. 2013. The effects of sampling bias and model complexity on the predictive performance of MaxEnt species distribution models. *PLoS ONE* 8: 1-10.

Vázquez, J. 1974. Contribución al estudio de las plantas del estado de Morelos (México). Catálogo de las plantas contenidas en el Herbario "L' Amagatall". *Ciencia* 29: 1-138.

Villaseñor, J. L. 2003. Diversidad y distribución de las Magnoliophytas de México. *Interciencia* 28: 160-167.

Villaseñor, J. L. 2016. Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 87: 559-902.

Villaseñor, J. L., E. Ortiz, J. Cadena y A. S. Estrada-Márquez. 2013. Patrones de riqueza florística en el estado de Jalisco: La tribu Senecioneae (Asteraceae) como estudio de caso. *Ibugana* 4: 63-78.

Villaseñor, J. L. y E. Ortiz. 2014. Biodiversidad de las plantas con flores (División Magnoliophyta) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 134-142.

Williams, J. N., C. Seo, J. Thorne, J. K. Nelson, S. Erwin, J. M. O'Brien y M. W. Schwartz. 2009. Using species distribution models to predict new occurrences for rare plants. *Diversity and Distributions* 15: 565-576.

Wisz, M. S., R. J. Hijmans, J. Li, A. T. Peterson, C. H. Graham, A. Guisan y NCEAS Predicting Species Distributions Working Group. 2008. Effects of sample size on the performance of species distribution models. *Diversity and Distributions* 14: 763-773.

Zhu, G. y A. T. Peterson. 2014. Potential geographic distribution of the novel avian-origin influenza A (H7N9) virus. *PLoS ONE* 9: 1-6.

Discusión general

Los análisis llevados a cabo en el presente estudio sobre la distribución de la riqueza de especies y endemismo de Magnoliophyta en el estado Morelos, aportan información sobre los patrones de distribución de su flora, los factores ambientales que los determinan, así como la relevancia de la entidad a nivel nacional en función de su diversidad y endemismo. Dicho conocimiento permitió, bajo diferentes enfoques, poner a prueba la hipótesis de aleatoriedad en los patrones de riqueza y endemismo de las especies de plantas con flores en el estado, rechazándose en la mayoría de los casos y aceptándose en un caso en particular.

Riqueza de especies de Magnoliophyta

El análisis de la riqueza de especies de Magnoliophyta posicionó al estado de Morelos como una de las entidades con un número considerable de especies en su territorio, con un total de 3,197 especies correspondientes a 1,088 géneros y 178 familias (Anexo 1). Bonilla-Barbosa y Villaseñor (2003) elaboraron un catálogo de la flora de Morelos en el que reportaron la presencia de 3,138 especies, 957 géneros y 173 familias de plantas con flores, cifras que marcan una diferencia con respecto a los resultados aquí mostrados del 1.84 % en el número de especies, 12.04 % en los géneros y 2.8 % en las familias. Más recientemente, Cerros-Tlatilpa *et al.* (2020), en un estudio sobre la diversidad de Angiospermas en el estado, señalan para Morelos la presencia de 2,877 especies, 951 géneros y 157 familias, lo que resalta una diferencia del 10 % en el número de especies, 12.5 % de géneros y 11.7 % de familias, entre los resultados de estos autores con los del presente estudio. Las discrepancias en el número de especies de Magnoliophyta en Morelos entre los estudios anteriormente señalados y los resultados aquí obtenidos pueden deberse a la incorporación de nuevas recolectas en el tiempo transcurrido entre la generación de dichos trabajos y el presente estudio; asimismo, la digitalización de información en bases de datos disponibles en línea, aunque incompleta, representó un excelente complemento de la información proveniente de fuentes bibliográficas, además de facilitar el recuento de especies en el área de interés. Por este motivo, nuestros hallazgos contribuyen considerablemente a la actualización del conocimiento sobre la riqueza y distribución de plantas con flores en el estado Morelos.

Los resultados muestran que la mayor riqueza de especies de Magnoliophyta se sitúa hacia la región norte-noroeste de Morelos, particularmente en las cercanías de la ciudad de Cuernavaca. Asimismo, al sur de la entidad, en la porción central y oriental de la Sierra de Huautla, se encuentra otro sitio importante de alta riqueza. Estas dos zonas de mayor riqueza coinciden geográficamente con las regiones señaladas por Cerros-Tlatilpa y colaboradores (2020), quienes reportaron que la zona conurbada de Cuernavaca, así como el municipio de Tepoztlán, presentan el mayor número especies de angiospermas en la entidad, seguido por el centro y este de la Sierra de Huautla. En contraste, los resultados obtenidos muestran que la porción central, oriental y algunas regiones del noreste de Morelos presentan una baja riqueza de especies de Magnoliophyta, lo que concuerda con lo reportado por Cerros-Tlatilpa *et al.* (2020), quienes mencionan que en esta zona no solo se presenta una baja riqueza, sino que inclusive algunos de estos sitios no cuentan con registros de recolecta de especies de angiospermas. En nuestro caso, aun cuando se indica como región de baja riqueza, si se tienen datos de recolecta para todas las celdas en las que se dividió al estado de Morelos.

Si bien existen algunas discrepancias en el número de especies de los sitios de alta y baja riqueza de Magnoliophyta en Morelos entre lo reportado por Cerros-Tlatilpa *et al.* (2020) y los resultados aquí obtenidos, el patrón general de distribución de la riqueza es similar, reflejando los mismos sitios de alta y baja diversidad florística en la entidad. Estos hallazgos permiten rechazar la hipótesis inicial de que los patrones de riqueza de especies de Magnoliophyta en Morelos son aleatorios, dado que existen en el estado sitios donde se concentra un mayor número de especies y otros donde la riqueza es menor.

Factores ambientales responsables de los patrones de riqueza de especies de Magnoliophyta

Los factores ambientales que determinan los patrones de riqueza de especies de plantas con flores en Morelos fueron la temperatura media anual, el rango diurno medio, la isothermalidad, la estacionalidad de la temperatura, la precipitación del mes más seco, la evapotranspiración real anual, los Índices Normalizados de Vegetación (NVI por sus siglas en inglés) de los meses secos y del mes de marzo, el sodio y el radio de absorción de sodio. De estas variables, la precipitación del mes más seco y la evapotranspiración real anual

reflejan la disponibilidad de agua en el ambiente, lo cual ha resultado ser uno de los predictores que permiten la coexistencia de más especies en regiones tropicales, subtropicales y zonas templadas cálidas (Francis y Currie, 2003; Hawkins *et al.*, 2003; Kreft y Jetz, 2007; Oliveira *et al.*, 2021).

En este sentido, el norte de la entidad además de registrar el mayor número de especies de Magnoliophyta, presenta la mayor precipitación, misma que va disminuyendo hacia el sur (Contreras-McBeath *et al.*, 2006; Bolongaro y Torres, 2020). Esta región norte constituye un área importante de recarga de acuíferos en el estado (Sorani y Rodríguez, 2020), lo que coincide con lo aquí obtenido, confirmando que la disponibilidad de grandes cantidades de agua al norte de la entidad favorece una mayor concentración de especies de plantas con flores en la zona. Por el contrario, la región al sur-sureste de Morelos presenta un importante número de especies, pero éste es menor comparado con la región del norte, probablemente debido a la baja disponibilidad de agua en la zona (Contreras-McBeath *et al.*, 2006), lo que limita la riqueza de especies.

Se ha mencionado que un mayor suministro de energía permite más recursos, lo que posibilita la coexistencia de más especies (Wright, 1983; Oliveira *et al.*, 2021). Entre las variables que se relacionan con la energía y que resultaron importantes para explicar los patrones de riqueza de Magnoliophyta en Morelos, se encuentran la temperatura media anual, el rango diurno medio, la isothermalidad y la estacionalidad de la temperatura. Particularmente, la temperatura media anual se ha reportado en la literatura como un factor determinante para la riqueza de especies, debido particularmente a su efecto exponencial en las tasas de flujo de energía y potencialmente en las tasas de interacción biológica y diversificación (Kreft y Jetz, 2007), lo que pudiera explicar los patrones de alta riqueza encontrados en la entidad.

Se ha postulado que una mayor disponibilidad de nutrientes favorece la presencia de más especies de plantas (Oliveira *et al.*, 2021). De esta manera, otro par de variables que resultaron relevantes para entender los patrones de riqueza encontrados en el estado son el sodio y el radio de absorción de sodio, las cuales se relacionan con la disponibilidad de nutrientes y con procesos biológicos del suelo. Estos factores pueden influir como una limitante en los patrones de riqueza de específica de angiospermas en Morelos, provocando un menor número de especies en regiones con altas concentraciones de salinidad, como es

el caso de regiones al centro, este y sureste del estado, donde predominan zonas agrícolas, cuya dinámica de fertilización, fumigación o deshierbe se lleva a cabo a través del uso de agroquímicos que inciden importantemente en la salinización de las tierras (Guzmán, 2020). En consecuencia, se espera un mayor número de especies en zonas donde la salinidad es menor.

Las variables relacionadas con el NVI de los meses secos y del mes de marzo ayudan a explicar los patrones de riqueza de especies de angiospermas en el estado. En general, los NVI son ampliamente utilizados para el análisis de los cambios en la cubierta vegetal (p. ej. desarrollo agrícola, deforestación, urbanización, desastres naturales, reducción o crecimiento de cuerpo de agua, entre otros), y como indicadores de la salud de un ecosistema (López, 2012; Magaña y Galicia, 2020). Así, la relevancia de los NVI anteriormente mencionados, puede estar relacionada con la dinámica de los dos principales tipos de vegetación presentes en Morelos: el bosque tropical estacionalmente seco (BTES) en la porción centro y sur, que constituye la mayor parte de la entidad, así como los bosques templados (BT) en su porción norte (Bonilla-Barbosa y Villaseñor, 2003; Ortiz-Hernández *et al.*, 2015).

El BTES en el estado se caracteriza por una marcada estacionalidad climática, presentando una época de lluvias (mediados de mayo-mediados de octubre) en la que la vegetación luce exuberantemente verde, en contraste con la época de sequía (mediados de noviembre-abril), en la que la mayoría de las especies vegetales pierden sus hojas (Contreras-McBeath *et al.*, 2006; Ortiz-Hernández *et al.*, 2015; Sorani *et al.*, 2020). Por el contrario, el bosque templado se caracteriza por la presencia de árboles que mantienen sus hojas durante todo el año, es decir, que no las tiran en una época determinada (Ortiz-Hernández *et al.*, 2015). Así, la presencia de valores bajos de NVI (0.05-0.06) en la entidad corresponde a la distribución del BTES en el periodo de sequía, reflejando principalmente la ausencia de hojas en esa temporada, mientras que valores un poco más altos de NVI (0.78-0.80) coinciden con la principal distribución del BT en el mismo periodo, indicando que aún en condiciones de disminución en la precipitación, este tipo de vegetación mantiene su follaje, generando un grado de verdor mayor con respecto a aquellas regiones en donde la vegetación pierde sus hojas, dado que la estructura celular de las mismas refleja

la radiación infrarroja y por lo tanto, mientras más hojas existan en una cubierta vegetal, mayor será la reflectancia en esta región del espectro (López, 2012).

Áreas de endemismo a nivel nacional y estatal

Para la identificación de áreas de endemismo, los análisis se llevaron a cabo primeramente a nivel nacional a partir de un conjunto de 96 familias de Magnoliophyta que incluyeron 874 especies endémicas de México distribuidas a lo largo del país y registradas en el estado de Morelos. Los resultados revelaron la existencia de cuatro sitios de distribución coincidentes de las especies anteriormente señaladas, principalmente al oeste y centro de México, regiones que se encuentran dentro de la Faja Volcánica Transmexicana (FVT) y la Cuenca del Balsas (CB). En estas regiones, se resaltó al estado de Morelos como parte de tres de las cuatro áreas de endemismo identificadas en el centro del país (Estrada-Márquez *et al.*, 2020). Por otra parte, al analizar un conjunto de 148 especies de Asteraceae endémicas de la FVT y de la CB, tanto a nivel de provincia como de las subcuencas hidrológicas que incluyen, se identificaron entre 1 a 8 áreas de endemismo (Estrada-Márquez *et al.*, 2021). Bajo estas dos unidades de análisis, de nueva cuenta se encontró inmerso el territorio de Morelos, formando parte importante de las zonas de distribución coincidente para el conjunto de especies analizadas.

Los resultados obtenidos demuestran que a una escala mayor (todo el territorio mexicano) y bajo diferentes unidades naturales de estudio (p. ej., provincias biogeográficas, subcuencas hidrológicas), el estado de Morelos es una entidad relevante, al formar parte de las áreas de endemismo identificadas para el país, mereciendo estudios más detallados. Por esa razón, se llevaron a cabo análisis de endemidad al interior del estado, encontrándose tres áreas de endemismo al norte y noroeste (Estrada-Márquez *et al.*, 2020), territorio que corresponde a la FVT y donde se localizan los bosques templados y algunas pequeñas porciones de bosque húmedo de montaña (Rzedowski, 1978; Flores-Villela y Geréz, 1994; Bonilla-Barbosa y Villaseñor, 2006). Se identificó también un área de endemismo al sur de Morelos, región que se encuentra dentro de la Cuenca del Balsas y que se caracteriza por un ambiente cálido-semiseco, acentuándose la condición de aridez hacia el este (Villaseñor, 1987; Fernández-Nava *et al.*, 1998).

Morelos se encuentra en la porción centro-este de la FVT, la cual tiene un origen más reciente con respecto a la porción oeste de la provincia (Gámez *et al.*, 2012); además, al interior de la FVT se ha observado que la edad de sus rocas también varía en orientación norte a sur, siendo más antigua en cuanto a su composición la región norte, donde han actuado intensamente el intemperismo y la erosión, dando como resultado un relieve irregular que se manifiesta con la presencia de numerosos valles y barrancas con fuertes pendientes (Velasco *et al.*, 2007). Por su parte, dataciones de rocas hechas en la porción de Morelos que se ubica en la CB, particularmente las regiones noroeste, centro y parte del sur, contienen las rocas más antiguas que datan del Terciario (aproximadamente 66 millones de años) al Cuaternario; en contraste, las rocas más jóvenes se ubican al noreste y este de la entidad (SPP, 1981).

Considerando la historia geológica de la FVT y la CB, las áreas de endemismo identificadas en Morelos se ubican en las zonas más antiguas de ambas provincias. Asimismo, entre las especies incluidas en el análisis, algunas se distribuyen hacia el oeste tanto de la FVT como de la CB, es decir, hacia las regiones más antiguas de dichas provincias, como por ejemplo *Acourtia lepidopoda* y *Ageratina perezii* que se distribuyen hacia el occidente de la FVT (Estrada-Márquez *et al.*, 2020). Si se toma en cuenta únicamente esta distribución hacia formaciones geológicas antiguas, tales especies probablemente no constituyan endemismos recientes (Noguera-Urbano, 2017). Resultados similares fueron reportados por Sosa y colaboradores (2018), quienes identificaron áreas paleoendémicas al oeste de la Faja Volcánica Transmexicana y de la Cuenca del Balsas, lo que significa que son sitios con taxa antiguos y restringidos a un área geográfica, pero que inicialmente presentaron amplias áreas de distribución, además de ser taxa que divergieron muy temprano y cuya distribución se superpone con formaciones geológicas antiguas (Noguera-Urbano, 2017).

Patrones espaciales de distribución de la riqueza de especies de Magnoliophyta

El análisis de los patrones espaciales de la distribución de la riqueza de Magnoliophyta en Morelos, es el primer estudio a nivel nacional y estatal orientado a evaluar si la tendencia geográfica del número de especies (no de la posición espacial de cada individuo ni de las abundancias por especie) muestra un comportamiento espacial variable a lo largo de un

gradiente ambiental o un territorio determinado, conformando con ello estructuras espaciales agregadas, uniformes o aleatorias.

El patrón de distribución espacial de la riqueza de especies de Magnoliophyta en Morelos resultó aleatorio, independientemente de la escala de análisis y del nivel jerárquico utilizado. Este mismo fenómeno de aleatoriedad se observó también en dos familias de plantas con flores que presentan un alto número de registros en la entidad (Fabaceae y Poaceae), así como en especies que presentan formas de crecimiento arbustivas. Si bien cada familia botánica y forma de crecimiento presenta características biológicas particulares que explican los patrones espaciales observados en este trabajo, un patrón espacial aleatorio está relacionado con la existencia de las mismas condiciones ambientales en un espacio determinado, de manera que la organización de los individuos no se sesga hacia un patrón diferente que lo esperado por el azar (Condit *et al.*, 2000).

La familia Apocynaceae y las formas de crecimiento arbórea y herbácea presentaron a una escala más amplia (toda la entidad) un patrón espacial agregado, lo cual es consistente con la hipótesis de agregación. Sin embargo, este patrón cambia a aleatorio en una escala más fina, es decir, al interior de cada una de las unidades de muestreo en la entidad. Dada la heterogeneidad en el conjunto de jerarquías biológicas analizadas, es complejo ofrecer una explicación puntal de la variabilidad observada entre escalas de análisis. No obstante, existe evidencia empírica al respecto (Taylor, 1961; Hernández *et al.*, 2018), que indica que aun cuando la distribución agrupada es la forma más común en la naturaleza, ésta puede cambiar a una distribución aleatoria si la competencia por los recursos disminuye la densidad de individuos en un área (Rozas y Camarero, 2005; Hernández *et al.*, 2018).

Las familias Asteraceae y Orchidaceae, así como los cinco géneros con mayor número de registros en Morelos (*Bursera*, *Melampodium*, *Salvia*, *Senna* y *Stevia*) y la forma de crecimiento trepador, mostraron concordancia con la hipótesis de un patrón espacial agregado, aun cuando se analizaron a diferentes escalas espaciales. En un patrón espacial agregado los individuos se encuentran aglomerados, aislándose de otras especies (Hubbell, 2001; Tannure *et al.*, 2002; Sánchez-Gutiérrez *et al.*, 2019), lo cual puede manifestar efectos positivos de atracción al formar grupos densos de individuos (Hernández

et al., 2018), así como influir en aspectos de defensa, supervivencia y reproducción (Pavón-Hernández y Rico-Gray, 2004; Vásquez-Cortez *et al.*, 2020).

Es importante señalar que el patrón de agregación no es unifactorial, sino que obedece a diversos procesos ecológicos que actúan de manera simultánea y que, aun cuando no fueron medidos en este estudio, podrían explicar los resultados obtenidos. Ejemplos de ellos son i) una deficiente dispersión de semillas (Hubbell, 1979; Condit *et al.*, 2000; Seidler y Plotkin, 2006; Carrillo-Ángeles y Mandujano, 2011; Ramón, 2015; Sánchez-Gutiérrez *et al.*, 2019) y propágulos (Carrillo-Ángeles y Mandujano, 2011), ii) heterogeneidad ambiental a escalas suficientemente grandes (Diggle, 2003; Wiegand y Moloney, 2004), iii) interacción con otras especies (Kéfi *et al.*, 2008; Carrillo-Ángeles y Mandujano, 2011; Hernández *et al.*, 2018), particularmente por la atracción de polinizadores (Hubbell, 1979), iv) facilitación en las etapas tempranas (Ramón, 2015), v) uso y distribución heterogénea de los recursos (Condit *et al.*, 2000; Carrillo-Ángeles y Mandujano, 2011), vi) topografía del terreno (Ramón, 2015) o vii) procesos relacionados con la dinámica forestal y el ciclo de vida de cada taxón (Condit *et al.*, 2000; Dale, 2004; Sánchez-Gutiérrez *et al.*, 2019).

Los factores ambientales que influyen de manera especial para explicar el patrón espacial aleatorio de la riqueza de especies de Magnoliophyta en Morelos, son el radio de absorción de sodio, la estacionalidad de la precipitación, la precipitación anual y la evapotranspiración real anual. Un patrón espacial aleatorio implica que las condiciones sean similares en un mismo espacio (Tannure *et al.*, 2002), lo que puede resultar en una homogeneidad ambiental (Hubbell, 2001). Tomando esta última idea como referencia, es necesario señalar que de manera general Morelos presenta dos tipos principales de vegetación: bosque tropical estacionalmente seco (BTES) en su porción centro y sur, que constituye la mayor parte de la entidad, así como bosques templados (BT) en su porción norte (Bonilla-Barbosa y Villaseñor, 2003; Ortiz-Hernández *et al.*, 2015). Si bien tanto el BTES como los BT de la entidad presentan dinámicas, climas y composiciones florísticas distintas, a la escala espacial de toda la entidad, las variables ambientales que resultaron como determinantes del patrón aleatorio de la riqueza de angiospermas en cada una de las celdas de la entidad parecen influir de manera homogénea en toda su superficie. Por lo tanto, independientemente de la diversidad de sistemas que se estén considerando, los

mecanismos que subyacen al patrón espacial encontrado son los mismos (Perry *et al.*, 2008).

Estimación de la riqueza conocida y potencial de Magnoliophyta

Se analizaron los patrones de riqueza de 1,127 especies de Magnoliophyta presentes en Morelos, que contaban con al menos cinco registros de recolecta, el cual es el número mínimo de datos requerido para la construcción de Modelos de Distribución de Especies (MDE) estadísticamente robustos (Hernandez *et al.*, 2006; Pearson *et al.*, 2007; Baldwin, 2009). Esta cifra constituye una buena representación taxonómica de la flora del estado (35.2 % del total de especies conocidas), incluyendo más de la mitad de las familias (76 %) y géneros (52.5 %). Esta información, proveniente de datos de ejemplares de herbario, permitió identificar en la entidad un gradiente en la distribución de las especies de plantas con flores analizadas (riqueza conocida). Asimismo, el patrón de riqueza conocida se contrastó con el obtenido a partir de los MDE (riqueza potencial), cuyas estimaciones coincidieron en algunas zonas de la entidad, además de incrementar el número de especies potenciales que podrían encontrarse en dichas regiones.

El norte-noroeste de Morelos resalta como un sitio con alta riqueza conocida de especies de Magnoliophyta, región en donde se encuentran poblaciones importantes como Cuernavaca, Huitzilac, Temixco y Tepoztlán. Estos resultados coinciden geográficamente con lo reportado por Cerros-Tlatilpa y colaboradores (2020), quienes estimaron la riqueza de plantas con flores en la entidad y observaron que las zonas aledañas a Cuernavaca y el municipio de Tepoztlán presentan el mayor número de especies del grupo. Asimismo, el sur de la entidad también destacó por poseer una alta riqueza conocida, particularmente la franja central y oriental de la Sierra de Huautla. De nueva cuenta, estos resultados coinciden con el trabajo de Cerros-Tlatilpa *et al.*, (2020), en donde se destaca la porción este y centro de la Sierra de Huautla como un sitio con alto número de especies de angiospermas.

Algunas regiones al centro, noreste y sureste de Morelos, en contraste, registraron la menor riqueza conocida. Estas zonas de baja riqueza se encuentran principalmente en las regiones ecológicas Valle Agrícola de Axochiapan, Valles y Cerros Orientales, Popocatepetl y Sierras Centrales. La región del Valle Agrícola de Axochiapan no presenta

ecosistemas naturales, sino que se caracteriza por la presencia de zonas agrícolas, principalmente de riego (Tabla 3; Sorani y Rodríguez, 2020). Un caso similar se observa en la región de Valles y Cerros Orientales en donde las zonas de riego están muy limitadas, aunque presenta algunas regiones con selva baja caducifolia principalmente en los cerros (Tabla 3; Sorani y Rodríguez, 2020). Esta condición predominantemente agrícola en las regiones anteriormente descritas, resalta la escasez de vegetación primaria, lo cual podría explicar la baja riqueza de especies de Magnoliophyta en Morelos en estas zonas.

Los resultados anteriores concuerdan con lo reportado por Cerros-Tlatilpa y colaboradores (2020), quienes al evaluar la riqueza de especies de angiospermas para Morelos encontraron que el Valle Agrícola de Axochiapan no solo presenta una baja riqueza específica, sino que cuenta con pocos registros de recolecta para dicha región e inclusive algunas de sus unidades analizadas en esta zona carecen de registros. Cabe señalar que, aun cuando este estudio no incluyó todas las especies de Magnoliophyta registradas para la entidad, si se contó con datos para todas las celdas analizadas, lo que permitió obtener un patrón general más objetivo de la distribución de la riqueza de plantas con flores en la entidad, resaltando las regiones anteriormente señaladas como zonas de baja riqueza conocida.

Otra de las zonas de menor riqueza es la región ecológica Popocatepetl, la cual destaca por ser una región importante debido a su gran capacidad de recarga de los acuíferos en la entidad; sin embargo, presenta un relieve montañoso en el que predomina el volcán Popocatepetl, así como pendientes pronunciadas y barrancas (Sorani y Rodríguez, 2020), áreas de difícil acceso para la exploración. Estos resultados coinciden con lo reportado por Cerros-Tlatilpa *et al.* (2020), quienes mencionan que esta es la región con menos especies en la entidad, además de que presenta pocos registros de recolecta y algunas celdas de análisis carecen de información de la distribución de las especies. Es difícil señalar con precisión una única causa de la baja diversidad florística en esta zona, a menos que se llevaran a cabo estudios más detallados; sin embargo, como se indica, la topografía tan compleja presente en esta región podría dificultar el acceso para un esfuerzo de muestreo más exhaustivo, siendo esta una posible explicación a su bajo número de especies de Magnoliophyta.

Al comparar los resultados de riqueza conocida con la riqueza potencial derivada de la suma de los MDE, se observó una gran coincidencia en los sitios de alta riqueza conocida y potencial, particularmente al nor-noroeste, así como al sur de la entidad, existiendo en la mayoría de los casos un mayor número de especies potenciales en estas zonas. Los resultados comprueban la utilidad de los MDE en el reconocimiento de sitios de alta riqueza en Morelos, los cuales ya habían sido previamente identificados por autores como Cerros-Tlatilpa *et al.*, (2020) a partir de la flora total de angiospermas. El uso de los MDE en el reconocimiento de patrones de riqueza ha sido ampliamente mencionado y resaltado por diversos autores (Ortega-Huerta y Peterson, 2004; Parviainen *et al.*, 2009; Pineda y Lobo, 2009; 2012; Pérez y Font, 2012), quienes mencionan que la modelación de la distribución de especies de manera individual y su posterior agregación (suma), permite identificar tendencias y ayuda a ubicar *hotspots* de riqueza e inclusive la composición potencial de especies en diferentes regiones geográficas.

Uno de los hallazgos relevantes del estudio fue que la suma de los MDE identificó una región al noroeste de la entidad como un sitio nuevo de alta riqueza, particularmente la celda 15 que abarca la porción norte-centro de la Sierra Monte Negro, registrando 32.9 % más especies de plantas con flores que lo señalado por la riqueza conocida. Estos resultados destacan la utilidad de los MDE en la búsqueda de regiones con mayor diversidad, previamente desconocidas en Morelos. Su uso ha sido planteado en diversos trabajos, donde se señala que los MDE pueden ser empleados para identificar nuevos sitios importantes por su riqueza de especies (Raes *et al.*, 2009; Pérez y Font, 2012; Villaseñor *et al.*, 2013; Sutherland *et al.*, 2021).

Conclusiones generales

Riqueza de especies

El patrón de riqueza de especies de Magnoliophyta identificado en el estado de Morelos a través del presente estudio, muestra que la región norte-noroeste de la entidad, así como la porción sur, particularmente el centro y oriente de la Sierra de Huautla, concentra el mayor número de especies. En contraste, la región central, oriental y algunas zonas del noreste de Morelos presentan una baja riqueza de especies de Magnoliophyta. Estos hallazgos permiten rechazar la hipótesis inicial de que los patrones de riqueza de especies de Magnoliophyta en Morelos son aleatorios, dado que existen en el estado sitios donde se concentra un mayor número de especies y otros donde la riqueza es menor. Asimismo, dicha información contribuye considerablemente a la actualización del conocimiento sobre la riqueza y distribución de plantas con flores en la entidad.

Factores ambientales responsables de los patrones de riqueza de especies de Magnoliophyta

Los factores ambientales que determinan los patrones de riqueza de especies de plantas con flores en Morelos fueron la temperatura media anual, el rango diurno medio, la isothermalidad, la estacionalidad de la temperatura, la precipitación del mes más seco, la evapotranspiración real anual, los Índices Normalizados de Vegetación (NVI por sus siglas en inglés) de los meses secos y del mes de marzo, el sodio y el radio de absorción de sodio.

La mayor parte de estas variables coinciden con las diferentes hipótesis planteadas en diversos estudios, sobre los factores ambientales que determinan la riqueza de especies (Currie, 1991; Gaston, 2000; Francis y Currie, 2003; Hawkins *et al.*, 2003; Kreft y Jetz, 2007; Li *et al.*, 2013; Oliveira *et al.*, 2021). Tal es el caso de aquellos factores relacionados con el agua (la precipitación del mes más seco y la evapotranspiración real anual), la energía (temperatura media anual, el rango diurno medio, la isothermalidad y la estacionalidad de la temperatura) y la disposición de nutrientes (sodio y el radio de absorción de sodio), por mencionar algunos.

Los factores ambientales mencionados no necesariamente explican completamente los patrones aquí discutidos; sin embargo, sí proporcionan una aproximación de los

principales determinantes que actúan en su conformación. Considerar otras variables directamente más relacionadas con la abundancia, la fisiología de las plantas, las interacciones intra e interespecíficas, abordar escalas de análisis más finas, e inclusive la dinámica histórica de dichos factores, podrían mejorar el entendimiento de los gradientes de riqueza presentes en la entidad, dado que los diferentes factores que los determinan no son mutuamente excluyentes ni existe un único elemento, sino una sinergia entre factores a distintas escalas espaciales (Hawkins *et al.*, 2003; Kreft y Jetz, 2007). Lo anterior abre futuras líneas de investigación en la entidad, para las cuales ya se cuenta con algunos datos que las apoyen.

Áreas de endemismo a nivel nacional y estatal

A escala nacional, los resultados obtenidos revelaron, a partir de un conjunto de 874 especies endémicas de México pertenecientes a 96 familias de Magnoliophyta que se distribuyen a lo largo del país, incluyendo el estado de Morelos, la existencia de cuatro áreas de endemismo. Dichas áreas se ubican principalmente al oeste y centro de México, regiones que se encuentran dentro de la Faja Volcánica Transmexicana (FVT) y la Cuenca del Balsas (CB) (Estrada-Márquez *et al.*, 2020). En estas zonas, el estado de Morelos forma parte de tres de las cuatro áreas de endemismo identificadas en el centro del país (Estrada-Márquez *et al.*, 2020). Por otro lado, al analizar un conjunto de 148 especies de Asteraceae endémicas de la FVT y a la CB, tanto a nivel de provincia biogeográfica como de las subcuencas hidrológicas que incluyen, se identificaron entre 1 a 8 áreas de endemismo (Estrada-Márquez *et al.*, 2021). Bajo estas dos unidades de análisis, nuevamente se encontró inmerso el territorio de Morelos, formando parte importante de las zonas de distribución coincidente para el conjunto de especies endémicas analizadas.

Las áreas de endemismo identificadas en el presente trabajo, tanto a una escala mayor (todo el territorio mexicano), como bajo diferentes unidades naturales de estudio (p. ej., provincias biogeográficas, subcuencas hidrológicas), resaltaron al estado de Morelos como una entidad relevante, al formar parte de las áreas de endemismo a nivel nacional, mereciendo estudios más detallados. Estos hallazgos permiten rechazar la hipótesis inicial sobre la no existencia de áreas de endemismo en Morelos, suponiendo la aleatoriedad de la distribución de las especies de Magnoliophyta. No sólo se identificaron áreas de

congruencia en la distribución de las especies endémicas analizadas al interior del estado, sino que se destacó la relevancia de Morelos a nivel nacional por constituir un centro importante de endemismo. Esta situación resalta la necesidad de conservar esos sitios, potencialmente irremplazables, dada su endemidad, lo cual constituye un criterio importante en la definición de zonas prioritarias para la conservación (Méndez-Larios *et al.*, 2005).

Patrones espaciales de distribución de la riqueza de especies de Magnoliophyta y factores ambientales que los determinan

A nivel de todo el estado de Morelos (6' de latitud y longitud) y a una escala más fina (3' de latitud y longitud), el patrón de distribución espacial de la riqueza de especies de Magnoliophyta resultó aleatorio, independientemente del nivel jerárquico utilizado. Este patrón también pudo observarse en las familias Fabaceae y Poaceae, que presentan un alto número de registros en la entidad, así como para las especies con forma de crecimiento arbustivas. Asimismo, a nivel estatal, la familia Apocynaceae y las formas de crecimiento arbórea y herbácea presentan un patrón espacial agregado, lo cual concuerda con la hipótesis de agregación planteada en este apartado. Sin embargo, a una escala más fina, el patrón cambia uno aleatorio. Finalmente, las familias Asteraceae y Orchidaceae, los géneros con mayor número de registros en la entidad (*Bursera*, *Melampodium*, *Salvia*, *Senna* y *Stevia*) y las especies con forma de crecimiento trepador, mostraron un patrón espacial agregado bajo las dos diferentes escalas espaciales analizadas.

Los patrones de distribución espacial aleatorios resultantes en este estudio, apoyan la hipótesis inicial sobre la aleatoriedad de los patrones de riqueza de plantas con flores en el estado, contrario a la agregación que se postulaba al comienzo de estos análisis debido al tipo de datos empleados para ello (registros de recolecta de especies depositados en herbarios). Igualmente, estos resultados contrastan con las evaluaciones anteriores de los patrones de riqueza y endemismo de especies de Magnoliophyta, los cuales rechazaban la hipótesis de aleatoriedad. Estos hallazgos difieren de los principales aportes teóricos en el área de la ecología espacial, que subrayan que la aleatoriedad es la excepción más que la regla en los patrones espaciales observados en comunidades naturales de plantas (Condit *et al.*, 2000; Tannure *et al.*, 2002).

Los factores ambientales que resultaron determinantes en el patrón espacial aleatorio de la riqueza de especies de Magnoliophyta en cada una de las celdas de 6' x 6' en que se analizó al estado de Morelos, fueron el radio de absorción de sodio, la estacionalidad de la precipitación, la precipitación anual y la evapotranspiración real anual. Aun cuando estos elementos ambientales pueden presentar dinámicas y variaciones particulares, en general, parecen influir de manera homogénea en las unidades de análisis del estado. Dicho fenómeno se ha observado en los patrones espaciales aleatorios, los cuales implican que las condiciones en un mismo espacio sean similares (Tannure *et al.*, 2002), resultando en una homogeneidad ambiental (Hubbell, 2001).

Finalmente, se ha planteado que la distribución de las especies no es uniforme ni azarosa (Legendre y Fortin, 1989; Espinosa *et al.*, 2008; Koleff *et al.*, 2008); contrariamente, los hallazgos del presente trabajo resaltan que la riqueza de especies de Magnoliophyta en Morelos puede presentar patrones espaciales aleatorios dónde intervienen múltiples procesos exógenos (p. ej., condiciones ambientales, configuración espacial de hábitats, disturbios) y endógenos (dispersión, competencia, inhibición espacial) (Fortin y Dale, 2005), los cuales varían en función de la escala de análisis, así como de las características biológicas particulares de los taxa estudiados. Por lo tanto, nuestros resultados representan un importante aporte a la incipiente teoría sobre los procesos que explican los patrones espaciales, particularmente apoyando la predicción de que los patrones de distribución de la riqueza de especies cambian cuando se modifica la escala de análisis.

Este trabajo no solo es una de las primeras contribuciones al análisis de la distribución espacial de la riqueza de especies en el estado y en México, sino que resalta el uso de datos de ocurrencia provenientes de herbarios en la estimación de los patrones espaciales de diferentes jerarquías biológicas y escalas geográficas. Los datos utilizados resultaron útiles y pueden constituir una alternativa cuando no se cuente con datos de abundancia de especies o se requiera analizar escalas geográficas mayores. Estas ideas constituyen una base preliminar para coadyuvar en la implementación de estrategias efectivas que permitan la preservación de la biodiversidad en el tiempo y el espacio.

Estimación de la riqueza conocida y potencial de Magnoliophyta

Las estimaciones de la riqueza conocida (con datos provenientes de herbarios), estimada (con estimadores no paramétricos) y potencial (con los Modelos de Distribución de Especies; MDE), de especies de Magnoliophyta en Morelos, mostraron a la región nortenoeste como sitios de alta riqueza bajo las tres métricas evaluadas. Contrariamente, las regiones noreste, este y sureste presentaron un bajo número de especies de plantas con flores bajo los mismos parámetros utilizados. Esta concordancia geográfica entre las tres diferentes métricas empleadas en el presente análisis, destaca la naturalidad y generalidad de los patrones de riqueza de angiospermas en la entidad, existiendo regiones con alta y baja diversidad.

Al contrastar la riqueza conocida, potencial y estimada a través de la prueba de correlación de rangos de Spearman, se encontró que, en todas las comparaciones, los valores de correlación indican que son significativas, reforzando con ello que cuando el número de especies conocidas es alto, el número de especies estimadas (tanto de manera no paramétrica como potencial) también lo es, mientras que cuando el número de especies observadas es bajo, la riqueza estimada también es baja. Los resultados obtenidos en este apartado contribuyen a rechazar parcialmente la hipótesis inicial del presente estudio, sobre la aleatoriedad en los patrones de riqueza de Magnoliophyta en Morelos, al encontrarse regiones coincidentes de alto o bajo número de especies. Asimismo, estos hallazgos permiten aceptar el postulado particular sobre la similitud entre los patrones de riqueza conocida y potencial, de manera que los MDE no sólo enriquecen el conocimiento de regiones pobremente estudiadas, sino que además son útiles para identificar el patrón general de la diversidad florística, poniendo a prueba aquellos sitios previamente determinados como de alta o baja riqueza y reconociendo nuevas zonas de gran diversidad en el estado.

El hecho de que únicamente pudiese modelarse poco más de un tercio del total de especies registradas en la entidad (1,127 especies), debido a la poca información acerca de la distribución de la mayoría de ellas, resalta la necesidad de generar exploraciones de campo más detalladas, que contribuyan a un mejor conocimiento de la distribución de la flora de Morelos. Por lo tanto, un trabajo de campo posterior en estas regiones, tomando como guía tales resultados, puede igualmente contribuir a mejorar el conocimiento de la

distribución de las especies de Magnoliophyta en la entidad e inclusive proponer estrategias más efectivas para su conservación a corto plazo.

Consideraciones finales

En resumen, los análisis de los patrones de la riqueza de especies (Capítulo 2), la identificación de áreas de endemismo (Capítulo 3) y las comparaciones entre la riqueza conocida y potencial (Capítulo 5), permitieron rechazar la hipótesis del presente estudio la cual postulaba que el patrón de riqueza y endemismo de las especies de Magnoliophyta en Morelos, sería aleatorio. Estos hallazgos coinciden y refuerzan los postulados sobre la tendencia general de los organismos de no distribuirse homogénea ni azarosamente, sino que más bien, forman patrones. Contrariamente, los análisis sobre los patrones de distribución espacial de la riqueza (Capítulo 4) resultaron aleatorios, aceptando con ello la hipótesis inicial. Este resultado discrepa de la teoría en ecología espacial que considera a la aleatoriedad más que la regla, además de representar un aporte incipiente en el análisis de la distribución espacial de la riqueza de especies, particularmente en el uso de los datos de ocurrencia provenientes de herbarios.

En conjunto, los resultados obtenidos en este trabajo contribuyen a la actualización del conocimiento de la flora del estado de Morelos, así como en la identificación de los determinantes ecológicos y ambientales que influyen en la conformación de los patrones registrados. Además, sientan las bases teóricas para el desarrollo de análisis espaciales bajo diferentes escalas de estudio, con el fin de profundizar en los distintos procesos responsables de dichos patrones. La generación de toda esta información podría ser empleada por los tomadores de decisiones, para diseñar estrategias efectivas de conservación de las especies de Magnoliophyta en Morelos, así como de los servicios ecosistémicos a los cuales puedan estar asociadas, permitiendo su preservación en el tiempo y en el espacio.

Referencias bibliográficas

Alba, C., R. Levy y R. Hufft. 2021. Combining botanical collections and ecological data to better describe plant community diversity. PLoS ONE 16: 1-17.

Baldwin, R. A. 2009. Use of maximum entropy modeling in wildlife research. Entropy 11: 854-866.

Bolongaro, A. y V. Torres. 2020. El clima como integrador de ecosistemas. En: La biodiversidad de Morelos. Estudio de Estado 2. Volumen I. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, Ciudad de México. p. 299-309.

Bonilla-Barbosa, J. R. y J. A. Viana-Lases. 1997. Parque Nacional Lagunas de Zempoala, México. Listados florísticos de México XIV. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México, Ciudad de México.

Bonilla-Barbosa, J. R. y J. L. Villaseñor. 2003. Catálogo de la flora del estado de Morelos. Morelos: Centro de Investigaciones Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos. 129 pp.

Bonilla-Barbosa, J. R. y J. L. Villaseñor. 2006. Tipos de vegetación en el estado de Morelos. En: Atlas municipal del estado de Morelos. Rueda, R. (coord.). Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Instituto de Geografía Tropical de la Habana, Praxis. México. p. 125-140.

Carrillo-Ángeles, I. G. y M. C. Mandujano. 2011. Patrones de distribución espacial en plantas clonales. Boletín de la Sociedad Botánica de México 89: 1-18.

Cerros-Tlatilpa, R. y A. Espejo-Serna. 1998. Contribución al estudio florístico de los Cerros El Sombrero y Las Mariposas (Zoapapalotl) en el municipio de Tlayacapan, Morelos, México. Polibotánica 8: 29-46.

Cerros-Tlatilpa, R. y L. G. Galván-González. 2020. Resumen ejecutivo. Diversidad vegetal. En: La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2. Volumen I. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, Ciudad de México. p. 417-418.

Cerros-Tlatilpa, R., L. G. Galván-González, E. Urzúa-Vázquez y A. Flores-Morales. 2020. Angiospermas. En: La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2. Volumen I. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, Ciudad de México. p. 433-449.

Condit, R., P. S. Ashton, P. Baker, S. Bunyavejchewin, S. Gunatilleke, N. Gunatilleke, S. P. Hubbell, R. B. Foster, A. Itoh, J. V. LaFrankie, H. S. Lee, E. Losos, N. Manokaran, R. Sukumar y T. Yamakura. 2000. Spatial patterns in the distribution of tropical tree species. *Science* 288: 1414-1418.

Condit, R., N. Pitman, E. G. Leigh Jr., J. Chave, J. Terborgh, R. B. Foster, P. Núñez, S. Aguilar, R. Valencia, G. Villa, H. C. Muller-Landau, E. Losos y S. P. Hubbell. 2002. Beta-diversity in tropical forest trees. *Science* 295: 666-669.

Contreras-MacBeath, T., F. Jaramillo-Monroy y J. C. Boyás-Delgado. 2006. La diversidad biológica en Morelos. Estudio del estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. 156 pp.

Dale, M. R. 2004. *Spatial pattern analysis in plant ecology*. Cambridge University Press. Nueva York. 332 pp.

Diggle, P. J. 2003. *Statistical analysis of spatial point patterns*. Arnold. Reino Unido. 159 pp.

Espinosa, J. 1962. Vegetación de una corriente de lava de formación reciente, localizada en el declive meridional de la Sierra de Chichinautzin. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 27: 67-114.

Espinosa, D., S. Ocegueda, C. Aguilar, O. Flores y J. Llorente-Bousquets. 2008. El conocimiento biogeográfico de las especies y su regionalización natural. En: Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. p. 33-65.

Estrada-Márquez, A. S., J. L. Villaseñor y T. Escalante. 2020. Áreas de endemismo de Magnoliophyta en el estado de Morelos, México. *Botanical Sciences* 98: 377-392.

Estrada-Márquez, A. S., J. J. Morrone y J. L. Villaseñor. 2021. Areas of endemism of two biogeographic provinces in central Mexico based on their endemic Asteraceae: a conservation proposal. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 92: 1-17.

Fernández-Nava, R., C. Rodríguez, M. L. Arreguín y A. Rodríguez. 1998. Listado florístico de la Cuenca del Río Balsas, México. *Polibotánica* 9: 1-151.

Flores-Villela, O. y P. Geréz. 1994. Biodiversidad y conservación en México: vertebrados, vegetación y uso del suelo. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Universidad Nacional Autónoma de México. México, Distrito Federal. 439 pp.

Fortin, M. J. y M. R. T. Dale. 2005. *Spatial analysis*. Cambridge University Press. United Kingdom. 365 pp.

Francis, A. P. y D. J. Currie. 2003. A globally consistent richness-climate relationship for angiosperms. *The American Naturalist* 161: 523-536.

Galindo, G. y R. Fernández. 2002. Inventario florístico del municipio de Amacuzac, Morelos, México. *Polibotánica* 13: 107-133.

Gómez, N., T. Escalante, G. Rodríguez, M. Linaje y J. J. Morrone. 2012. Caracterización biogeográfica de la Faja Volcánica Transmexicana y análisis de los patrones de distribución de su mastofauna. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83: 258-272.

García, F. 2013. Inventario de especies leñosas de la Sierra Monte Negro en los municipios de Jiutepec y Emiliano Zapata, Morelos. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Facultad de Ciencias Biológicas.

Guo, Y., J. Lu, S. B. Franklin, Q. Wang, Y. Xu, K. Zhang, D. Bao, X. Qiao, H. Huang, Z. Lu y M. Jiang. 2013. Spatial distribution of tree species in a species-rich subtropical mountain forest in central China. *Canadian Journal of Forest Research* 43: 826-835.

Guzmán, E. 2020. Diversidad agrícola. En: La biodiversidad de Morelos. Estudio de Estado 2. Volumen I. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, Ciudad de México. p. 149-157.

Hawkins, B. A., R. Field, H. V. Cornell, D. J. Currie, J. F. Guégan, D. M. Kaufan, J. T. Kerr, G. G. Mittelbach, T. Oberdorff, E. M. O'Brien, E. E. Porter y J. R. G. Turner. 2003. Energy, water, and broad-scale geographic patterns of species richness. *Ecology* 84: 3105-3117.

Hernández, P. 1945. La flora maravillosa de Tepoztlán. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 3: 13-15.

Hernandez, P. A., C. H. Graham, L. L. Master y D. L. Albert. 2006. The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modeling methods. *Ecography* 29: 773-785.

Hernández-Cárdenas, R. A., R. Cerros-Tlatilpa y A. Flores-Morales. 2014. Las plantas vasculares y vegetación de la barranca Tepecapa en el municipio de Tlayacapan, Morelos, México. *Acta Botánica Mexicana* 108: 11-38.

Hernández, F. J., C. B. Navarro, R. Peña y A. Nájera. 2018. Patrón de distribución espacial de las especies arbóreas de la región de El Salto, Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 9: 169-186.

Hortal, J., F. de Bello, J. A. F. Diniz-Filho, T. M. Lewinsohn, J. M. Lobo y R. J. Ladle. 2015. Seven shortfalls that beset large-scale knowledge of biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 46: 523-549.

Hubbell, S. P. 1979. Tree dispersion, abundance and diversity in a tropical dry forest. *Science* 203: 1299-1309.

Hubbell, S. P. 2001. *The unified neutral theory of biodiversity and biogeography*. Princeton University Press. USA. 448 pp.

Kéfi, S., M. van Baalen, M. Rietkerk y M. Loreau. 2008. Evolution of local facilitation in arid ecosystems. *The American Naturalist* 172: E1-E17.

Koleff, P., J. Soberón, H. T. Arita, P. Dávila, O. Flores-Villela, J. Golubov, G. Halffter, A. Lira-Noriega, C. E. Moreno, E. Moreno, M. Munguía, M. Murguía, A. G. Navarro-Sigüenza, O. Téllez, L. Ochoa-Ochoa, A. T. Peterson, P. Rodríguez. 2008. Patrones de diversidad espacial en grupos selectos de especies. En: *Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D. F. p. 323-364.

Kreft, H. y W. Jetz. 2007. Global patterns and determinants of vascular plant diversity. *Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America* 104: 5925-5930.

Legendre, P. y M. J. Fortin. 1989. Spatial pattern and ecological analysis. *Vegetatio* 80: 107-138.

Lomolino, M. V. 2004. Conservation biogeography. En: *Frontiers of Biogeography: New directions in the geography of nature*. Ed. M. V. Lomolino, L. R. Heaney. Sunderland, MA: Sinauer. p. 293-296.

López, P. L. 2012. Tendencia del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada para una zona del centro de México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Querétaro. Facultad de Ciencias Naturales.

Magaña, R. y L. Galicia. 2020. Diversidad climática actual y futura. En: *La biodiversidad de Morelos. Estudio de Estado 2. Volumen I. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad*. México, Ciudad de México. p. 37-50

Méndez-Larios, I., J. L. Villaseñor, R. Lira, J. J. Morrone, P. Dávila y E. Ortiz. 2005. Toward the identification of a core zone in the Tehuacán-Cuicatlán Biosphere Reserve, Mexico, based on parsimony analysis of endemism of flowering plant species. *Interciencia* 30: 267-274.

Montañez, R. A., C. Y. Escudero y A. J. Duque. 2010. Patrones de distribución espacial de especies arbóreas en bosques de alta montaña del departamento de Antioquia, Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín* 63: 5629-5638.

Newbold, T. 2010. Applications and limitations of museum data for conservation and ecology, with particular attention to species distribution models. *Progress in Physical Geography* 34: 3-22.

Noguera-Urbano, E. A. 2017. El endemismo: diferenciación del término, métodos y aplicaciones. *Acta Zoológica Mexicana* 33: 89-107.

Oliveira, E. V. S., D. M. C. Alves, M. F. Landim y S. F. Gouveia. 2021. Sampling effort and the drivers of plant species richness in the Brazilian coastal regions. *Oecologia* 195: 163-171.

Ortega-Huerta, M. A. y A. T. Peterson. 2004. Modelling spatial patterns of biodiversity for conservation prioritization in North-eastern Mexico. *Diversity and Distributions* 10: 39-54.

Ortiz-Hernández, M. L., E. Sánchez-Salinas, M. L. Castrejón-Godínez y M. Romero-Aguilar. 2015. Los indicadores ambientales como herramienta para la sustentabilidad. Estudio de caso en Morelos. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. 246 p.

Pavón-Hernández, N. P. y V. Rico-Gray. 2004. Distribución espacial de *Tilia mexicana* schlecht. (Tiliaceae) en el paisaje del centro del estado de Veracruz, México. *Universidad y Ciencia* 20: 29-32.

Parviainen, M., M. Marmion, M. Luoto, W. Thuiller y R. K. Heikkinen. 2009. Using summed individual species models and state-of-the-art modelling techniques to identify threatened plant species hotspots. *Biological Conservation* 142: 2501-2509.

Pearson, R. G., C. J. Raxworthy, M. Nakamura y A. T. Peterson. 2007. Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. *Journal of Biogeography* 34: 102-117.

Pérez, N. y X. Font. 2012. Predicting vascular plant richness patterns in Catalonia (NE Spain) using species distribution models. *Applied Vegetation Science* 15: 390-400.

Pérez, L. A., A. Flores y G. Soria. 1992. Clave para las familias de plantas con flores de la Sierra de Huautla, Morelos, México. *Ciencia y Tecnología* 2: 25-50.

Perry, G. L. W., N. J. Enright, B. P. Miller y B. B. Lamont. 2008. Spatial patterns in species-rich sclerophyll shrublands of southwestern Australia. *Journal of Vegetation Science* 19: 705-716.

Pineda, E. y J. M. Lobo. 2009. Assessing the accuracy of species distributions models to predict amphibian species richness patterns. *Journal of Animal Ecology* 78: 182-190.

- Pineda, E. y J. M. Lobo. 2012. The performance of range maps and species distribution models representing the geographic variation of species richness at different resolutions. *Global Ecology and Biogeography* 21: 935-944.
- Raes, N., M. C. Roos, J. W. Ferry, E. E. van Loon y H. ter Steege. 2009. Botanical richness and endemism patterns of Borneo derived from species distribution models. *Ecography* 32: 180-192.
- Ramírez-Cantú, D. 1945. Algunas plantas notables de Tepoztlán, Morelos. *Anales del Instituto de Biología* 16: 353-357.
- Ramón, P. A. 2015. Patrones y procesos espaciales en poblaciones y comunidades vegetales: nuevas herramientas e hipótesis. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. España.
- Rozas, V. y J. J. Camarero. 2005. Técnicas de análisis espacial de patrones de puntos aplicadas en ecología forestal. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales* 14: 79-97.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa. México, Distrito Federal. 432 pp.
- Sánchez-Gutiérrez, F., J. I. Valdez-Hernández, P. Hernández-de la Rosa y L. Beltrán-Rodríguez. 2019. Distribution and spatial correlation of tree species along an altitudinal gradient in the Selva Lacandona, Chiapas. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 10: 1-25.
- Seidler, T. G. y J. B. Plotkin. 2006. Seed dispersal and spatial pattern in tropical trees. *PLOS Biology* 4: 2132-2137.

Sorani, V. y G. Rodríguez. 2020. Diversidad de regiones ecológicas. En: La biodiversidad de Morelos. Estudio de Estado 2. Volumen I. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, Ciudad de México. p. 29-36.

Sorani, V., G. Rodríguez y C. L. Román. 2020. Diversidad de ecosistemas. En: La biodiversidad de Morelos. Estudio de Estado 2. Volumen I. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, Ciudad de México. p. 257-277.

Soria, G. 1986. Flora de Morelos (descripción de especies vegetales de la selva baja caducifolia del Cañón de Lobos, Mpio. De Yautepec). Serie de Ciencias Naturales y de la Salud. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos. 163 pp.

Soriano, L. 2020. La familia Asteraceae en la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla, Morelos. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Facultad de Ciencias Biológicas.

Sosa, V., A. De-Nova y M. Vásquez-Cruz. 2018. Evolutionary history of the flora of Mexico: Dry forests cradles and museums of endemism. *Journal of Systematics and Evolution* 56: 523-536.

SPP [Secretaría de Programación y Presupuesto]. 1981. Síntesis geográfica de Morelos. Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática. México, CDMX.

Steege, H. T., P. P. Haripersaud, O. S. Bánki y F. Schieving. 2011. A model of botanical collectors' behavior in the field: Never the same species twice. *American Journal of Botany* 98: 31-37.

Sutherland, L. N., G. S. Powell y S. M. Bybee. 2021. Validating species distribution models to illuminate coastal fireflies in the Sout Pacific (Coleoptera: Lampyridae). *Scientific Reports* 11: 1-12.

Syfert, M. M., M. J. Smith y D. A. Coomes. 2013. The effects of sampling bias and model complexity on the predictive performance of MaxEnt species distribution models. PLoS ONE 8: 1-10.

Tannure, C.L., S. M. Mazza y L. I. Giménez. 2002. Modelos para caracterizar los patrones de distribución espacial de *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae), en el cultivo de algodón (*Gossypium hirsutum*). Revista Facultad de Ciencias Agrarias, UNNE 1: 1-4.

Taylor, L. R. 1961. Aggregation, variance and the mean. Nature 189: 732-735.

Vázquez, J. 1974. Contribución al estudio de las plantas del estado de Morelos (México). Catálogo de las plantas contenidas en el Herbario "L'Amagatall". Ciencia 29: 1-138.

Vásquez-Cortez, V. F., L. Beltrán-Rodríguez, G. Ángeles-Pérez, A. Romero-Manzanares, E. García-Moya, M. Luna-Cavazos, J. Caballero, J. Blancas, A. Martínez-Ballesté y F. Montoya-Reyes. 2020. ¿El descortezamiento de un árbol medicinal impacta en su estructura poblacional-espacial? El caso de *Hintonia latiflora* en México. Madera y Bosques 26: 1-14.

Velasco, P., J. Arellano, A. Silva-Pineda y S. Guarneros. 2007. Aspectos geológicos y paleontológicos. En: Luna, I., J. J. Morrone y D. Espinosa (eds.). Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana. Universidad Nacional Autónoma de México. México, Distrito Federal. p. 25-38.

Villaseñor, J. L. 1987. Clave genérica para las compuestas de la cuenca del río Balsas. Boletín de la Sociedad Botánica de México 47: 65-86.

Villaseñor, J. L., E. Ortiz, J. Cadena y A. S. Estrada-Márquez. 2013. Patrones de riqueza florística en el estado de Jalisco: La tribu Senecioneae (Asteraceae) como estudio de caso. Ibugana 4: 63-78.

Wiegand, T. y K. Moloney. 2004. Rings, circles and null-models for point pattern analysis in ecology. *Oikos* 104: 209-229.

Wright, D. H. 1983. Species-energy theory: an extension of species-area theory. *Oikos* 41: 496-506.

Anexo 1. Especies de Magnoliophyta y Asteraceae presentes en el estado de Morelos, empleadas para el análisis de riqueza de especies. Un asterisco (*) indica aquellas especies endémicas de México y presentes en Morelos. Dos asteriscos (**) señalan a las especies endémicas del estado. El símbolo “!” denota aquellas especies introducidas, presentes en la entidad.

Acanthaceae

Acanthus mollis L. !
Anisacanthus tulensis Greenm. *
Aphelandra verticillata Nees ex Hemsl. *
Barleria oenotheroides Dum. Cours.
Buceragenia minutiflora Greenm. **
Carlowrightia arizonica A. Gray
Carlowrightia neesiana (Schauer ex Nees) T.F. Daniel *
Carlowrightia pectinata Brandegee *
Dicliptera haenkeana Nees *
Dicliptera inaequalis Greenm. *
Dicliptera membranacea Leonard
Dicliptera nervata Greenm. *
Dicliptera peduncularis Nees *
Dicliptera thlaspioides Nees *
Dyschoriste hirsutissima (Nees) Kuntze *
Dyschoriste quadrangularis (Oerst.) Kuntze
Dyschoriste xylopoda Kobuski *
Elytraria imbricata (Vahl) Pers.
Elytraria mexicana Fryxell & S.D. Koch *
Gypsacanthus nelsonii E.J. Lott, V. Jaram. & Rzed. *
Henrya insularis Nees
Henrya tuberculosperma T.F. Daniel *
Jacobinia mexicana Seem. *
Justicia candicans (Nees) L.D. Benson
Justicia fulvicoma Schltld. & Cham.
Justicia furcata Jacq. *
Justicia hilsenbeckii T.F. Daniel *
Justicia pacifica (Oerst.) Hemsl.
Justicia ramosa (Oerst.) V.A.W. Graham
Justicia salviiflora Kunth *
Justicia spicigera Schltld.

Odontonema callistachyum (Schltdl. & Cham.) Kuntze
Pseuderanthemum fasciculatum (Oerst.) Leonard
Pseuderanthemum hispidulum (Nees) Radlk. *
Ruellia blechum L.
Ruellia fruticosa Sessé & Moc. *
Ruellia hookeriana (Nees) Hemsl.
Ruellia intermedia Leonard *
Ruellia inundata Kunth
Ruellia lactea Cav.
Ruellia parva (Nees) Hemsl.
Ruellia pringlei Fernald *
Ruellia puberula (Leonard) Tharp & F.A. Barkley
Ruellia spissa Leonard
Tetramerium abditum (Brandege) T.F. Daniel *
Tetramerium aureum Rose *
Tetramerium glandulosum Oerst. *
Tetramerium glutinosum Lindau *
Tetramerium nervosum Nees
Tetramerium ochoteranae (Miranda) T.F. Daniel *
Tetramerium tenuissimum Rose
Thunbergia alata Bojer ex Sims !

Actinidiaceae

Saurauia scabrida Hemsl.
Saurauia serrata DC. *

Adoxaceae

Sambucus nigra L.

Aizoaceae

Sesuvium verrucosum Raf.
Trianthema portulacastrum L.

Alismataceae

Echinodorus andrieuxii (Hook. & Arn.) Small
Helanthium bolivianum (Rusby) Lehtonen & Myllys
Sagittaria latifolia Willd. !
Sagittaria longiloba Engelm. ex J.G. Sm.
Sagittaria montevidensis Cham. & Schltdl.

Alstroemeriaceae

Bomarea acutifolia (Link & Otto) Herb.

Bomarea edulis (Tussac) Herb.

Altingiaceae

Liquidambar styraciflua L.

Amaranthaceae

Achyranthes indica (L.) Mill. !

Alternanthera obovata (M. Martens & Galeotti) Millsp.

Amaranthus caudatus L.

Amaranthus cruentus L.

Amaranthus hybridus L.

Amaranthus palmeri S. Watson

Amaranthus powellii S. Watson

Amaranthus retroflexus L.

Amaranthus spinosus L.

Celosia argentea L.

Chenopodium murale (L.) S. Fuentes, Uotila & Borsch

Chenopodium giganteum Willd. !

Chenopodium nuttalliae Saff. *

Dysphania ambrosioides (L.) Mosyakin & Clemants

Dysphania graveolens (Willd.) Mosyakin & Clemants

Gomphrena filaginoides M. Martens & Galeotti

Gomphrena globosa L. !

Gomphrena nitida Rothr.

Gomphrena pringlei Coult. & Fisher *

Gomphrena serrata L.

Iresine angustifolia Euphrasén

Iresine calea (Ibañez) Standl.

Iresine discolor Greenm.

Iresine hartmanii Uline

Iresine heterophylla Standl.

Iresine interrupta Benth.

Iresine leptoclada (Hook. f.) Henr.

Tidestromia eliassoniana Sánchez-del Pino

Amaryllidaceae

Allium cepa L. !

Allium glandulosum Link & Otto
Allium sativum L. !
Crinum americanum L.
Crinum erubescens Sol.
Habranthus concolor Lindl. *
Hymenocallis acutifolia (Herb.) Sweet *
Hymenocallis concinna Baker *
Hymenocallis glauca (Zucc.) M. Roem. *
Hymenocallis graminifolia Greenm. *
Hymenocallis harrisiana Herb. *
Hymenocallis littoralis (Jacq.) Salisb.
Nothoscordum bivalve (L.) Britton
Sprekelia formosissima (L.) Herb. *
Zephyranthes brevipes (Baker ex Donn. Sm.) Standl.
Zephyranthes carinata Herb.
Zephyranthes fosteri Traub *
Zephyranthes sessilis Herb. *
Zephyranthes verecunda Herb.

Anacardiaceae

Actinocheita filicina (DC.) F.A. Barkley *
Amphipterygium adstringens (Schltdl.) Standl. *
Comocladia mollissima Kunth *
Cyrtocarpa procera Kunth *
Mangifera indica L. !
Pseudosmodingium andrieuxii (Baill.) Engl. *
Pseudosmodingium perniciosum (Kunth) Engl. *
Rhus barclayi (Hemsl.) Standl.
Rhus eximia (Greene) Standl.
Rhus standleyi F.A. Barkley *
Schinus molle L. !
Schinus terebinthifolius Raddi !
Spondias mombin L.
Spondias purpurea L.

Annonaceae

Annona cherimola Mill. !
Annona longiflora S. Watson *
Annona muricata L. !

Annona primigenia Standl. & Steyerm.

Annona squamosa L.

Apiaceae

Anethum graveolens L.

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 toluensis (Kunth) Hemsl.

Berula erecta (Huds.) Coville !

Conium maculatum L. !

Coriandrum sativum L. !

Cyclospermum leptophyllum (Pers.) Sprague ex Britton & P. Wilson

Daucus montanus Humb. & Bonpl. ex Spreng.

Donnellsmithia biennis (J.M. Coult. & Rose) Mathias & Constance *

Donnellsmithia juncea (Spreng.) Mathias & Constance

Donnellsmithia mexicana (B.L. Rob.) Mathias & Constance *

Donnellsmithia serrata (J.M. Coult. & Rose) Mathias & Constance *

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 cymosum F. Delaroche

Eryngium ghiesbreghtii Decne.

Eryngium heterophyllum Engelm.

Eryngium humile Cav. *

Eryngium monocephalum Cav. *

Eryngium pectinatum C. Presl ex DC. *

Eryngium proteiflorum F. Delaroche *

Eryngium spiculosum Hemsl. *

Lilaeopsis schaffneriana (Schltdl.) J.M. Coult. & Rose

Micropleura renifolia Lag.

Osmorhiza bipatriata Constance & Shan

Petroselinum crispum (Mill.) Fuss. !

Prionosciadium diversifolium Rose *

Prionosciadium nelsonii J.M. Coult. & Rose *

Prionosciadium palustre Rose
Prionosciadium thapsoides (DC.) Mathias
Rhodosciadium diffusum (J.M. Coult. & Rose) Mathias & Constance
Rhodosciadium toluicense (Kunth) Mathias *
Spananthe paniculata Jacq.
Tauschia nudicaulis Schldl.

Apocynaceae

Allamanda cathartica L.
Asclepias coulteri A. Gray
Asclepias curassavica L.
Asclepias engelmanniana Woodson
Asclepias fournieri Woodson *
Asclepias glaucescens Kunth
Asclepias jaliscana B.L. Rob.
Asclepias linaria Cav.
Asclepias lynchiana Fishbein *
Asclepias notha W.D. Stevens *
Asclepias oenotheroides Schldl. & Cham.
Asclepias pringlei (Greenm.) Woodson *
Asclepias rosea Kunth
Asclepias vinosa (E. Fourn.) Woodson *
Blepharodon mucronatum (Schldl.) Decne.
Carissa grandiflora DC.
Cascabela ovata (Cav.) Lippold
Cascabela thevetia (L.) Lippold
Cascabela thevetioides (Kunth) Lippold *
Catharanthus roseus (L.) G. Don !
Cryptostegia grandiflora Roxb. ex R. Br. !
Cynanchum foetidum (Cav.) Kunth *
Cynanchum ligulatum (Benth.) Woodson
Cynanchum unifarium (Scheele) Woodson
Dictyanthus parviflorus Hemsl.
Dictyanthus pavonii Decne. *
Dictyanthus reticulatus (Turcz.) Hemsl. *
Funastrum bilobum (Hook. & Arn.) J.F. Macbr.
Funastrum clausum (Jacq.) Schltr.
Funastrum elegans (Decne.) Schltr. *
Funastrum odoratum (Hemsl.) Schltr.

Funastrum pannosum (Decne.) Schltr. *
Gonolobus barbatus Kunth
Gonolobus erianthus Decne.
Gonolobus grandiflorus (Cav.) R. Br. ex Roem. & Schult. *
Gonolobus jaliscensis B.L. Rob. & Greenm. *
Gonolobus nemorosus Decne.
Gonolobus pectinatus Brandegee *
Gonolobus uniflorus Kunth
Haplophyton cimicidum A. DC.
Macrocepis diademata (Ker Gawl.) W.D. Stevens
Mandevilla foliosa (Müll. Arg.) Hemsl. *
Mandevilla holosericea (Sessé & Moc.) J.K. Williams *
Mandevilla subsagittata (Ruiz & Pav.) Woodson
Matelea calcicola (Greenm.) Woodson *
Matelea caudata (A. Gray) Woodson *
Matelea crenata (Vail) Woodson *
Matelea chrysantha (Greenm.) Woodson *
Matelea gonoloboides (B.L. Rob. & Greenm.) Woodson
Matelea pilosa (Benth.) Woodson *
Matelea suberifera (B.L. Rob.) W.D. Stevens
Metastelma lanceolatum Schltr. *
Metastelma schaffneri A. Gray *
Metastelma trichophyllum (L.O. Williams) W.D. Stevens
Nerium oleander L. !
Orthosia pubescens (Greenm.) Liede & Meve *
Plumeria rubra L.
Polystemma guatemalense (Schltr.) W.D. Stevens
Polystemma viridiflorum Decne.
Prestonia contorta (M. Martens & Galeotti) Hemsl. *
Prestonia mexicana A. DC.
Rauvolfia tetraphylla L.
Ruehssia edulis (S. Watson) L.O. Alvarado *
Ruehssia lanata (Paul G. Wilson) L.O. Alvarado
Ruehssia mexicana (Decne.) L.O. Alvarado
Ruehssia zimapanica (Hemsl.) L.O. Alvarado *
Suberogerens cyclophylla (Standl.) Morillo
Tabernaemontana litoralis Kunth
Tabernaemontana A.O. Simões & M.E. Endress
Tabernaemontana tomentosa (Greenm.) A.O. Simões & M.E. Endress

Thenardia floribunda Kunth *
Thevetia ahouai (L.) A. DC.
Tonduzia longifolia (A. DC.) Markgr.
Vinca major L. !

Aquifoliaceae

Ilex brandegeana Loes.
Ilex guianensis (Aubl.) Kuntze
Ilex mexicana (Turcz.) Black ex Hemsl. *

Araceae

Anthurium scandens (Aubl.) Engl.
Arisaema macrospatum Benth. *
Lemna aequinoctialis Welw.
Lemna gibba L.
Lemna minuta Kunth
Lemna obscura (Austin) Daubs
Monstera deliciosa Liebm.
Monstera pertusa (L.) de Vriese
Philodendron hederaceum (Jacq.) Schott
Philodendron mexicanum Engl.
Philodendron radiatum Schott
Philodendron sagittifolium Liebm.
Philodendron smithii Engl.
Philodendron tripartitum (Jacq.) Schott
Pistia stratiotes L.
Syngonium neglectum Schott
Syngonium podophyllum Schott
Syngonium sagittatum G.S. Bunting
Syngonium salvadorensis Schott
Wolffia brasiliensis Wedd.
Wolffia columbiana H. Karst.
Wolffiella welwitschii (Hegelm.) Monod
Xanthosoma robustum Schott
Zantedeschia aethiopica (L.) Spreng. !

Araliaceae

Aralia humilis Cav.
Hydrocotyle bonariensis Lam.

Hydrocotyle ranunculoides L. f.
Hydrocotyle umbellata L.
Hydrocotyle verticillata Thunb.
Oreopanax peltatus Linden
Oreopanax xalapensis (Kunth) Decne. & Planch.

Arecaceae

Brahea berlandieri Bartlett
Chamaedorea elatior Mart.

Aristolochiaceae

Aristolochia carterae Pfeifer
Aristolochia foetida Kunth *
Aristolochia nelsonii Eastw.
Aristolochia orbicularis Duch.
Aristolochia pringlei Rose *

Asparagaceae

Agave angustiarum Trel. *
Agave angustifolia Haw. *
Agave attenuata Salm-Dyck *
Agave brachystachys Cav.
Agave collina Greenm. *
Agave cupreata Trel. & A. Berger
Agave dasylirioides Jacobi & C.D. Bouché
Agave ghiesbreghtii Lem. ex Jacobi
Agave horrida Lem. ex Jacobi *
Agave inaequidens K. Koch *
Agave marmorata Roezl
Agave microiceps (Kimmach) A. Vázquez & Cházaro *
Agave parryi Engelm.
Agave peacockii Croucher
Agave salmiana Otto ex Salm-Dyck *
Anthericum humboldtii Hemsl. *
Asparagus aethiopicus L. !
Asparagus officinalis L. !
Asparagus setaceus (Kunth) Jessop !
Bessera elegans Schult. f. *
Chlorophytum capense (L.) Kuntze !

Chlorophytum comosum Ker Gawl. !
Echeandia durangensis (Greenm.) Cruden *
Echeandia echeandioides (Schltdl.) Cruden
Echeandia flavescens (Schult. & Schult. f.) Cruden
Echeandia flexuosa Greenm. *
Echeandia imbricata Cruden
Echeandia longipedicellata Cruden
Echeandia mexicana Cruden *
Echeandia michoacensis (Poelln.) Cruden *
Echeandia nana (Baker) Cruden *
Echeandia paniculata Rose *
Echeandia parviflora Baker
Echeandia ramosissima (C. Presl) Cruden
Echeandia reflexa (Cav.) Rose
Echeandia scabrella (Benth.) Cruden
Echeandia skinneri (Baker) Cruden
Furcraea parmentieri (Roezl ex Ortgies) García-Mend. *
Hyacinthus orientalis L. !
Manfreda hauniensis (J.B. Petersen) Verh.-Will. *
Manfreda pringlei Rose *
Manfreda pubescens (Regel & Ortgies) Verh.-Will. ex Pina *
Manfreda scabra (Ortega) McVaugh
Milla biflora Cav.
Milla filifolia T.M. Howard *
Polianthes geminiflora (Lex.) Rose *
Polianthes palustris Rose
Polianthes tuberosa L.
Xochiquetzallia balsensis (López-Ferr. & Espejo) J. Gut. *
Yucca guatemalensis Baker

Asphodelaceae

Aloe arborescens Mill. !
Aloe vera (L.) Burm. f. !
Hemerocallis fulva L.
Hemerocallis lilioasphodelus L.
Kniphofia uvaria (L.) Oken !

Asteraceae

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 glomeriflora (A. Gray) Reveal & R.M. King *
Acourtia huajuapana B.L. Turner *
Acourtia humboldtii (Less.) B.L. Turner *
Acourtia lepidopoda (B.L. Rob.) Reveal & R.M. King *
Acourtia pilulosa (Bacig.) B.L. Turner *
Acourtia reticulata (Lag. ex D. Don) Reveal & R.M. King *
Acourtia simulata (S.F. Blake) Reveal & R.M. King *
Acourtia turbinata (Lex.) DC. *
Acourtia veracruzana B.L. Turner *
Achillea millefolium L.
Adenophyllum cancellatum (Cass.) Villarreal *
Adenophyllum glandulosum (Cav.) Strother *
Adenophyllum porophyllum (Cav.) Hemsl.
Ageratina adenophora (Spreng.) R.M. King & H. Rob.
Ageratina amblyolepis (B.L. Rob.) R.M. King & H. Rob. *
Ageratina areolaris (DC.) Gage ex B.L. Turner
Ageratina brevipes (DC.) R.M. King & H. Rob. *
Ageratina calophylla (Greene) R.M. King & H. Rob. ex Molinari & Mayta
Ageratina conspicua R.M. King & H. Rob.
Ageratina crassiramea (B.L. Rob.) R.M. King & H. Rob.
Ageratina cylindrica (McVaugh) 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 glabrata (Kunth) R.M. King & H. Rob. *
Ageratina havanensis (Kunth) 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 lucida (Ortega) R.M. King & H. Rob. *
Ageratina mairetiana (DC.) R.M. King & H. Rob.
Ageratina malacolepis (B.L. Rob.) R.M. King & H. Rob. *
Ageratina muelleri (Sch. Bip. ex Klatt) R.M. King & H. Rob.
Ageratina oligocephala (DC.) R.M. King & H. Rob. *
Ageratina oreithales (Greenm.) B.L. Turner *
Ageratina pazcuarensis (Kunth) R.M. King & H. Rob.
Ageratina perezii B.L. Turner *

Ageratina petiolaris (Moc. & Sessé ex DC.) R.M. King & H. Rob. *
Ageratina photina (B.L. Rob.) R.M. King & H. Rob. **
Ageratina pichinchensis (Kunth) R.M. King & H. Rob.
Ageratina prunellifolia (Kunth) R.M. King & H. Rob.
Ageratina rhomboidea (Kunth) R.M. King & H. Rob. *
Ageratina riparia (Regel) R.M. King & H. Rob.
Ageratina rubricaulis (Kunth) R.M. King & H. Rob. *
Ageratina vernalis (Vatke & Kurtz) R.M. King & H. Rob.
Ageratum corymbosum Zuccagni
Ageratum houstonianum Mill.
Aldama dentata La Llave
Aldama excelsa (Willd.) E.E. Schill. & Panero *
Aldama morelensis (Greenm.) E.E. Schill. & Panero *
Almutaster pauciflorus (Nutt.) A. Löve & D. Löve
Alomia alata Hemsl. *
Alomia callosa (S. Watson) B.L. Rob.
Alloispermum colimense (McVaugh) H. Rob.
Alloispermum integrifolium (DC.) H. Rob.
Alloispermum scabrum (Lag.) H. Rob.
Ambrosia artemisiifolia L.
Ambrosia confertiflora DC.
Ambrosia cumanensis Kunth
Aphanostephus ramosissimus DC.
Archibaccharis asperifolia (Benth.) S.F. Blake
Archibaccharis auriculata (Hemsl.) G.L. Nesom *
Archibaccharis hieracioides (S.F. Blake) S.F. Blake *
Archibaccharis schiedeana (Benth.) J.D. Jacks.
Archibaccharis serratifolia (Kunth) S.F. Blake
Archibaccharis taeniotricha (S.F. Blake) G.L. Nesom
Argyranthemum frutescens (L.) Sch. Bip. !
Artemisia absinthium L. !
Artemisia klotzschiana Besser
Artemisia ludoviciana Nutt.
Baccharis brevipappa (McVaugh) G.L. Nesom
Baccharis conferta Kunth
Baccharis heterophylla Kunth
Baccharis macrocephala Sch. Bip. ex Greenm.
Baccharis pteronioides DC.
Baccharis salicina Torr. & A. Gray

Baccharis sordescens DC. *
Baccharis thesioides Kunth
Baccharis trinervis (Lam.) Pers.
Bahia absinthifolia Benth.
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 anthemoides (DC.) Sherff *
Bidens aurea (Aiton) Sherff
Bidens laevis (L.) Britton, Sterns & Pogg.
Bidens lemmonii A. Gray
Bidens ocellatus (Greenm.) Melchert *
Bidens odorata Cav.
Bidens ostruthioides (DC.) Sch. Bip.
Bidens pueblensis (Sherff) Melchert
Bidens riparia Kunth
Bidens serrulata (Poir.) Desf. *
Bidens squarrosa Kunth
Bidens triplinervia Kunth
Boeberoides grandiflora (DC.) Strother *
Brickellia cavanillesii (Cass.) A. Gray *
Brickellia diffusa (Vahl) A. Gray
Brickellia eupatorioides (L.) Shinnars
Brickellia glandulosa (La Llave) McVaugh
Brickellia glomerata Fernald *
Brickellia nutanticeps S.F. Blake *
Brickellia oligadena (B.L. Rob.) B.L. Turner *
Brickellia oliganthes (Less.) A. Gray
Brickellia paniculata (Mill.) B.L. Rob.
Brickellia pavonii (A. Gray) B.L. Turner *
Brickellia scoparia (DC.) A. Gray
Brickellia secundiflora (Lag.) A. Gray *
Brickellia squarrosa B.L. Rob. & Seaton *
Brickellia tomentella A. Gray *
Brickellia veronicifolia (Kunth) A. Gray
Calea ternifolia Kunth
Calea urticifolia (Mill.) DC.
Calendula officinalis L. !
Calyptocarpus vialis Less.

Calypocarpus wendlandii Sch. Bip.
Carminatia recondita McVaugh
Carminatia tenuiflora DC.
Cirsium ehrenbergii Sch. Bip. *
Cirsium jorullense (Kunth) Spreng. *
Cirsium lomatolepis (Hemsl.) Petr. *
Cirsium mexicanum DC.
Cirsium nivale (Kunth) Sch. Bip. *
Cirsium pinetorum Greenm. *
Cirsium subcoriaceum (Less.) Sch. Bip.
Cirsium subuliforme G.W. Ownbey *
Conyza canadensis (L.) Cronquist
Conyza coronopifolia Kunth
Conyza sumatrensis (Retz.) E. Walker
Coreopsis rhyacophila Greenm. *
Cosmos bipinnatus Cav.
Cosmos crithmifolius Kunth
Cosmos deficiens (Sherff) Melchert *
Cosmos modestus Sherff *
Cosmos parviflorus (Jacq.) Pers.
Cosmos scabiosoides Kunth *
Cosmos sulphureus Cav.
Critonia hebebotrya DC.
Critonia quadrangularis (DC.) R.M. King & H. Rob.
Chromolaena collina (DC.) R.M. King & H. Rob.
Chromolaena haenkeana (DC.) R.M. King & H. Rob.
Chromolaena odorata (L.) R.M. King & H. Rob.
Chromolaena ovaliflora (Hook. & Arn.) R.M. King & H. Rob.
Chromolaena pulchella (Kunth) R.M. King & H. Rob. *
Dahlia coccinea Cav.
Dahlia merckii Lehm. *
Dahlia rudis P.D. Sorensen *
Dahlia scapigera (A. Dietr.) Knowles & Westc. *
Dahlia sorensenii H.V. Hansen & Hjert.
Decachaeta haenkeana DC. *
Decachaeta ovatifolia (DC.) R.M. King & H. Rob. *
Decachaeta pyramidalis (B.L. Rob.) S.D. Sundb., C.P. Cowan & B.L. Turner *
Delilia biflora (L.) Kuntze
Dendranthema morifolium (Ramat.) Tzvelev

Dendroviguiera eriophora (Greenm.) E.E. Schill. & Panero *
Dendroviguiera mirandae (Panero & E.E. Schill.) E.E. Schill. & Panero *
Dendroviguiera sphaerocephala (DC.) E.E. Schill. & Panero *
Desmanthodium fruticosum Greenm.
Desmanthodium ovatum Benth. *
Digitacalia crypta B.L. Turner *
Dyssodia papposa (Vent.) Hitchc.
Dyssodia pinnata (Cav.) B.L. Rob. *
Dyssodia tagetiflora Lag. *
Eclipta prostrata (L.) L.
Eremosis corymbosa (Mill.) Pruski *
Eremosis pallens (Sch. Bip.) Gleason
Eremosis tomentosa (Lex.) Gleason *
Eremosis triflosculosa (Kunth) Gleason
Erigeron galeottii (A. Gray ex Hemsl.) Greene *
Erigeron karvinskianus DC.
Erigeron longipes DC.
Erigeron morelensis Greenm. **
Erigeron oreophilus Greenm.
Erigeron tephropodus G.L. Nesom *
Erigeron veracruzensis G.L. Nesom
Flaveria pringlei Gand. *
Flaveria trinervia (Spreng.) C. Mohr
Fleischmannia arguta (Kunth) B.L. Rob.
Fleischmannia pycnocephala (Less.) R.M. King & H. Rob.
Fleischmannia sonora (A. Gray) R.M. King & H. Rob.
Florestina pedata (Cav.) Cass.
Gaillardia mexicana A. Gray *
Galeana pratensis (Kunth) Rydb.
Galinsoga longipes Canne *
Galinsoga parviflora Cav.
Gamochaeta americana (Mill.) Wedd.
Guardiola mexicana Bonpl. *
Guardiola stenodonta S.F. Blake
Guardiola tulocarpus A. Gray *
Gutierrezia dunalii (Speng.) G.L. Nesom *
Gymnosperma glutinosum (Spreng.) Less.
Helenium scorzonerifolium (DC.) A. Gray
Heliopsis buphthalmoides (Jacq.) Dunal

Heliopsis parviceps S.F. Blake
Heliopsis procumbens Hemsl. *
Heterosperma pinnatum Cav.
Heterotheca inuloides Cass. *
Hieracium abscissum Less.
Hieracium crepidispermum Fr.
Hieracium mexicanum Less.
Hofmeisteria schaffneri (A. Gray) R.M. King & H. Rob.
Hymenostephium cordatum (Hook. & Arn.) S.F. Blake
Hymenostephium tenuis (A. Gray) E.E. Schill. & Panero
Hymenostephium uniseriatum E.E. Schill. & Panero *
Hymenoxys integrifolia (Kunth) Bierner
Iostephane heterophylla (Cav.) Hemsl. *
Isocoma veneta (Kunth) Greene *
Jaegeria hirta (Lag.) Less.
Jaliscoa pringlei S. Watson *
Koanophyllon albicaule (Sch. Bip. ex Klatt) R.M. King & H. Rob.
Koanophyllon monanthum (Sch. Bip.) T.J. Ayers & B.L. Turner
Koanophyllon pittieri (Klatt) R.M. King & H. Rob.
Laennecia filaginoides DC.
Laennecia schiedeana (Less.) G.L. Nesom
Laennecia sophiifolia (Kunth) G.L. Nesom
Lagascea helianthifolia Kunth
Lagascea mollis Cav.
Lagascea rigida (Cav.) Stuessy *
Lasianthaea ceanothifolia (Willd.) K.M. Becker *
Lasianthaea crocea (A. Gray) K.M. Becker *
Lasianthaea fruticosa (L.) K.M. Becker *
Lasianthaea helianthoides DC. *
Lasianthaea macrocephala (Hook. & Arn.) K.M. Becker *
Lasianthaea squarrosa (Greenm.) K.M. Becker *
Leibnitzia lyrata (D. Don) G.L. Nesom
Melampodium divaricatum (Rich.) DC.
Melampodium gracile Less.
Melampodium linearilobum DC.
Melampodium longipes (A. Gray) B.L. Rob.
Melampodium longipilum B.L. Rob.
Melampodium microcephalum Less.
Melampodium montanum Benth.

Melampodium paniculatum Gardner
Melampodium perfoliatum (Cav.) Kunth
Melampodium repens Sessé & Moc. *
Mexerion sarmentosum (Klatt) G.L. Nesom *
Mikania cordifolia (L. f.) Willd.
Mikania vitifolia DC.
Milleria quinqueflora L.
Montanoa bipinnatifida (Kunth) K. Koch *
Montanoa frutescens (Mairet ex DC.) Hemsl. *
Montanoa grandiflora Alamán ex DC. *
Montanoa karwinskii DC. *
Montanoa leucantha (Lag.) S.F. Blake
Neurolaena lobata (L.) Cass.
Osbertia stolonifera (DC.) Greene
Oteiza acuminata La Llave *
Otopappus epaleaceus Hemsl. *
Otopappus imbricatus (Sch. Bip.) S.F. Blake *
Oxylobus adscendens (Sch. Bip. ex Hemsl.) B.L. Rob. & Greenm.
Packera bellidifolia (Kunth) W.A. Weber & A. Löve *
Packera sanguisorbae (DC.) C. Jeffrey *
Packera toluccana (DC.) W.A. Weber & A. Löve
Parthenium bipinnatifidum (Ortega) Rollins
Parthenium hysterophorus L.
Pectis cylindrica (Fernald) Rydb.
Pectis exilis D.J. Keil *
Pectis haenkeana (DC.) Sch. Bip. *
Pectis linearis La Llave
Pectis repens Brandegee *
Pectis uniaristata DC.
Perymenium berlandieri DC. *
Perymenium globosum B.L. Rob. *
Perymenium macrocephalum Greenm. *
Perymenium mendezii DC. *
Perymenium sonoranum (B.L. Turner) B.L. Turner *
Pinaropappus roseus (Less.) Less.
Piqueria pilosa Kunth *
Piqueria trinervia Cav.
Pittocaulon bombycophole (Bullock) H. Rob. & Brettell *
Pittocaulon filare (McVaugh) H. Rob. & Brettell *

Pittocaulon praecox (Cav.) H. Rob. & Brettell *
Pittocaulon velatum (Greenm.) H. Rob. & Brettell *
Plectocephalus rothrockii (Greenm.) D.J.N. Hind
Pluchea carolinensis (Jacq.) G. Don
Pluchea odorata (L.) Cass.
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 punctatum (Mill.) S.F. Blake
Porophyllum viridiflorum (Kunth) DC. *
Psacalium amplifolium (DC.) H. Rob. & Brettell *
Psacalium cirsiifolium (Zucc.) H. Rob. & Brettell *
Psacalium megaphyllum (B.L. Rob. & Greenm.) Rydb. *
Psacalium peltatum (Kunth) Cass. *
Psacalium silphiifolium (B.L. Rob. & Greenm.) H. Rob. & Brettell *
Pseudelephantopus spicatus (Juss. ex Aubl.) C.F. Baker
Pseudoconyza viscosa (Mill.) D'Arcy
Pseudognaphalium attenuatum (DC.) Anderb.
Pseudognaphalium attenuatum (DC.) Anderb.
Pseudognaphalium bourgovii (A. Gray) Anderb. *
Pseudognaphalium californicum (DC.) Anderb.
Pseudognaphalium canescens (DC.) Anderb.
Pseudognaphalium conoideum (Kunth) Anderb. *
Pseudognaphalium chartaceum (Greenm.) Anderb. *
Pseudognaphalium inornatum (DC.) Anderb. *
Pseudognaphalium monticola (McVaugh) Villarreal, A.E.Estrada & Encina
Pseudognaphalium oxyphyllum (DC.) Kirp. *
Pseudognaphalium roseum (Kunth) Anderb.
Pseudognaphalium (DC.) Anderb.
Pseudognaphalium semilanatum (DC.) Anderb. *
Pseudognaphalium stramineum (Kunth) Anderb.
Pseudognaphalium viscosum (Kunth) Anderb.
Pseudogynoxys chenopodioides (Kunth) Cabrera
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 candicans (Née) Villaseñor, S. Valencia & Coombes *
Roldana chapalensis (S. Watson) H. Rob. & Brettell *
Roldana ehrenbergiana (Klatt) H. Rob. & Brettell *
Roldana hederifolia (Hemsl.) H. Rob. & Brettell *
Roldana lobata La Llave *
Roldana pennellii H. Rob. & Brettell
Roldana platanifolia (Benth.) H. Rob. & Brettell *
Roldana reticulata (DC.) H. Rob. & Brettell *
Roldana suffulta (Greenm.) H. Rob. & Brettell *
Rumfordia floribunda DC. *
Sabazia humilis (Kunth) Cass. *
Salmea oligocephala Hemsl. *
Sanvitalia angustifolia Engelm. ex A. Gray *
Sanvitalia procumbens Lam.
Sclerocarpus divaricatus (Benth.) Hemsl.
Sclerocarpus multifidus Greenm. *
Sclerocarpus papposus (Greenm.) Feddema *
Sclerocarpus uniserialis (Hook.) Hemsl.
Schkuhria pinnata (Lam.) Kuntze ex Thell.
Selloa plantaginea Kunth *
Senecio callosus Sch. Bip.
Senecio cinerarioides Kunth
Senecio deformis Klatt *
Senecio iodanthus Greenm. *
Senecio mulgediifolius S. Schauer *
Senecio prionoapterus B.L. Rob. & Greenm. *
Senecio vulgaris L.
Sigesbeckia agrestis Poepp.
Sigesbeckia jorullensis Kunth
Simsia amplexicaulis (Cav.) Pers.
Simsia foetida (Cav.) S.F. Blake
Simsia lagasciformis DC.
Simsia sanguinea A. Gray
Sinclairia glabra (Hemsl.) Rydb.
Sinclairia moorei (H. Rob. & Brettell) H. Rob. & Brettell *
Smallanthus maculatus (Cav.) H. Rob.
Solidago paniculata DC. *
Sonchus asper (L.) Hill !
Sonchus oleraceus L. !

Stevia amblyolepis (B.L. Rob.) B.L. Rob. *
Stevia anadenotricha (B.L. Rob.) Grashoff
Stevia aschenborniana Sch. Bip. *
Stevia caracasana DC.
Stevia clinopodioides Greenm. *
Stevia connata Lag.
Stevia decumbens (B.L. Rob. & Greenm.) Greene
Stevia deltoidea Greene
Stevia eupatoria (Spreng.) Willd. *
Stevia hypomalaca B.L. Rob. *
Stevia iltisiana Grashoff *
Stevia incognita Grashoff
Stevia jaliscensis B.L. Rob.
Stevia jorullensis Kunth
Stevia latifolia Benth.
Stevia lucida Lag.
Stevia micradenia B.L. Rob. *
Stevia mitopoda B.L. Rob.
Stevia occidentalis (Grashoff) Soejima, Yahara & K. Watanabe *
Stevia origanoides Kunth *
Stevia ovalis (B.L. Rob.) B.L. Rob.
Stevia ovata Willd.
Stevia pilosa Lag. *
Stevia purpusii B.L. Rob. *
Stevia salicifolia Cav.
Stevia scabrella Benth. *
Stevia suaveolens Lag.
Stevia subpubescens Lag. *
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 falcatum (Lindl.) G.L. Nesom
Symphyotrichum moranense (Kunth) G.L. Nesom
Symphyotrichum novi-belgii (L.) G.L. Nesom

Tagetes coronopifolia Willd. *
Tagetes erecta L.
Tagetes filifolia Lag.
Tagetes foetidissima DC.
Tagetes lucida Cav.
Tagetes lunulata Ortega *
Tagetes micrantha Cav.
Tagetes subulata Cerv.
Tagetes tenuifolia Cav. *
Tanacetum parthenium (L.) Sch. Bip. !
Taraxacum officinale F.H. Wigg. !
Tithonia diversifolia (Hemsl.) A. Gray
Tithonia rotundifolia (Mill.) S.F. Blake
Tithonia tubiformis (Jacq.) Cass.
Tridax brachylepis Hemsl. *
Tridax coronopifolia (Kunth) Hemsl. *
Tridax mexicana A.M. Powell *
Tridax trilobata (Cav.) Hemsl. *
Trigonospermum Less.
Trigonospermum annuum McVaugh & Lask.
Trigonospermum melampodioides DC.
Trixis alata D. Don *
Trixis megalophylla Greenm. *
Trixis michuacana Lex. *
Verbesina auriculata DC.
Verbesina breedlovei B.L. Turner *
Verbesina crocata (Cav.) Less.
Verbesina fastigiata B.L. Rob. & Greenm. *
Verbesina grayii (Sch. Bip.) Benth. ex Hemsl. *
Verbesina klattii B.L. Rob. & Greenm. *
Verbesina nelsonii B.L. Rob. & Greenm.
Verbesina oligantha B.L. Rob. *
Verbesina oncophora B.L. Rob. & Seaton *
Verbesina parviflora (Kunth) S.F. Blake *
Verbesina persicifolia DC.
Verbesina pterocaula DC. *
Verbesina seatonii S.F. Blake *
Verbesina sphaerocephala A. Gray *
Verbesina stenophylla Greenm. *

Verbesina tetraptera (Ortega) A. Gray *
Verbesina virgata Cav. *
Vernonanthura cordata (Kunth) H. Rob. *
Vernonanthura liatroides (DC.) H. Rob. *
Vernonanthura patens (Kunth) H. Rob.
Vernonanthura serratuloides (Kunth) H. Rob. *
Vernonia alamanii DC. *
Vernonia karvinskiana DC.
Viguiera dentata (Cav.) Spreng.
Viguiera tepoxtlensis Paray **
Wedelia acapulcensis Kunth
Xanthium strumarium L.
Zaluzania montagnifolia (Sch. Bip.) Sch. Bip. *
Zaluzania pringlei Greenm. *
Zandera blakei (McVaugh & Lask.) D.L. Schulz *
Zinnia americana (Mill.) Olorode & A.M. Torres
Zinnia angustifolia Kunth
Zinnia elegans Jacq.
Zinnia peruviana (L.) L.

Balanophoraceae

Helosis cayennensis (Sw.) Spreng.

Balsaminaceae

Impatiens balsamina L. !
Impatiens walleriana Hook. f. !

Basellaceae

Anredera ramosa (Moq.) Eliasson
Anredera vesicaria (Lam.) C.F. Gaertn.

Begoniaceae

Begonia abaculoides Ziesenh. *
Begonia balmisiana Ruiz ex Klotzsch *
Begonia biserrata Lindl.
Begonia boissieri DC. *
Begonia gracilis Kunth
Begonia heracleifolia Schlttdl. & Cham.
Begonia monophylla A. DC. *

Begonia pedata Liebm.
Begonia plebeja Liebm.
Begonia stigmosa Lindl.

Berberidaceae

Berberis ilicina (Schltdl.) Hemsl.
Berberis moranensis Schult. & Schult. f.
Berberis trifolia Schult. & Schult. F.

Betulaceae

Alnus acuminata Kunth
Alnus jorullensis Kunth *
Carpinus tropicalis (Donn. Sm.) Lundell

Bignoniaceae

Adenocalymma inundatum Mart. ex DC.
Amphilophium buccinatorium (DC.) L.G. Lohmann
Amphilophium crucigerum (L.) L.G. Lohmann
Amphilophium paniculatum (L.) Kunth
Astianthus viminalis (Kunth) Baill.
Catalpa bignonioides Walter
Crescentia alata Kunth
Crescentia cujete L.
Dolichandra unguis-cati (L.) L.G. Lohmann
Fridericia patellifera (Schltdl.) L.G. Lohmann
Fridericia pubescens (L.) L.G. Lohmann
Fridericia viscida (Donn. Sm.) L.G. Lohmann
Handroanthus impetiginosus (Mart. ex DC.) Mattos
Mansoa hymenaea (DC.) A.H. Gentry
Parmentiera aculeata (Kunth) Seem.
Podranea ricasoliana (Tanfani) Sprague !
Pyrostegia venusta (Ker Gawl.) Miers !
Roseodendron donnell-smithii (Rose) Miranda
Tabebuia rosea (Bertol.) A. DC.
Tecoma stans (L.) Juss ex Kunth

Bixaceae

Amoreuxia palmatifida Moc. & Sessé ex DC.
Cochlospermum vitifolium (Willd.) Spreng.

Boraginaceae

Cynoglossum amabile Stapf. & J.R. Drumm. !
Euploca confertifolia (Torr.) Feuillet & Halse *
Euploca fruticosa (L.) J.I.M. Melo & Semir
Euploca procumbens (Mill.) Diane & Hilger
Euploca ternata (Vahl) J.I.M.Melo & Semir
Hackelia mexicana (Schltdl. & Cham.) I.M. Johnst.
Hackelia stricta I.M. Johnst. *
Heliotropium angiospermum Murray
Heliotropium indicum L.
Heliotropium pringlei B.L. Rob.
Lithospermum calycosum (J.F. Macbr.) I.M. Johnst. *
Lithospermum distichum Ortega
Lithospermum exsertum (D. Don) J. Cohen *
Lithospermum oblongifolium Greenm. *
Lithospermum trinervium (Lehm.) J. Cohen *
Lithospermum viride Greene
Nama dichotoma (Ruiz & Pav.) Choisy
Nama organifolia Kunth *
Tournefortia acutiflora M. Martens & Galeotti
Tournefortia bicolor Sw.
Tournefortia hartwegiana Steud. *
Tournefortia mutabilis Vent.
Tournefortia petiolaris DC.
Tournefortia volubilis L.
Wigandia urens (Ruiz & Pav.) Kunth

Brassicaceae

Brassica napus L.
Brassica rapa L. !
Capsella bursa-pastoris (L.) Medik. !
Cardamine bonariensis Pers.
Cardamine obliqua Hochst.
Descurainia virletii (Fourn.) O.E. Schulz
Eruca sativa Mill. !
Lepidium costaricense Thell.
Lepidium schaffneri Thell. *
Lepidium virginicum L.
Lobularia maritima (L.) Desv.

Matthiola incana (L.) R. Br.
Nasturtium officinale R. Br. !
Pennellia longifolia (Benth.) Rollins
Raphanus raphanistrum L. !
Rapistrum rugosum (L.) All.
Romanschulzia arabiformis (DC. ex Kunth) Rollins
Romanschulzia orizabae (Schltdl. & Cham.) O.E. Schulz *
Rorippa indica (L.) Hiern
Rorippa mexicana (Moc. & Sessé ex DC.) Standl. & Steyerm.
Rorippa palustris (L.) Besser !
Rorippa pinnata (Moc. & Sessé) Rollins
Sinapis arvensis L.

Bromeliaceae

Bromelia hemisphaerica Lam.
Bromelia pinguin L.
Hechtia chichinautzensis Martínez-Correa, Espejo & López-Ferrari **
Hechtia galeottii Mez
Hechtia matudae L.B. Sm. *
Hechtia montis-frigidi Gonz.-Rocha, Espejo, López-Ferrari & Cerros **
Hechtia podantha Mez *
Pitcairnia heterophylla (Lindl.) Beer
Pitcairnia karwinskyana Schult. & Schult. f. *
Pitcairnia micheliana André
Pitcairnia pteropoda L.B. Sm. *
Pitcairnia roseana L.B. Sm. *
Tillandsia achyrostachys E. Morren ex Baker *
Tillandsia andrieuxii (Mez) L.B. Sm. *
Tillandsia balbisiana Schult. & Schult. f.
Tillandsia bourgaei Baker *
Tillandsia brachycaulos Schltdl.
Tillandsia bulbosa Hook.
Tillandsia caput-medusae E. Morren
Tillandsia circinnatioides Matuda *
Tillandsia cossonii Baker *
Tillandsia chalcatzingensis Gonz.-Rocha, Cerros, López-Ferrari & Espejo **
Tillandsia dasyliriifolia Baker
Tillandsia glabrior (L.B. Sm.) López-Ferrari, Espejo & I. Ramírez
Tillandsia hintoniana L.B. Sm. *

Tillandsia kolbii W. Till & Schatzl
Tillandsia limbata Schltdl. *
Tillandsia makoyana Baker
Tillandsia prodigiosa (Lem.) Baker *
Tillandsia recurvata (L.) L.
Tillandsia religiosa Hern.-Cárdenas, Gonz.-Rocha, Espejo, López- Ferrari, Cerros & Ehlers **
Tillandsia rotundata (L.B. Sm.) C.S. Gardner
Tillandsia streptophylla Scheidw. ex E. Morren
Tillandsia violacea Baker *
Viridantha atroviridipetala (Matuda) Espejo *
Viridantha ignesia (Mez) Espejo *
Viridantha mauryana (L.B. Sm.) Espejo

Burseraceae

Bursera aptera Ramírez *
Bursera ariensis (Kunth) McVaugh & Rzed. *
Bursera bicolor (Willd. ex Schltdl.) Engl. *
Bursera bipinnata (DC.) Engl.
Bursera copallifera (Sessé & Moc. ex DC.) 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 krusei Rzed. *
Bursera lancifolia (Schltdl.) Engl. *
Bursera linanoe (La Llave) Rzed., Calderón & Medina *
Bursera longipes (Rose) Standl. *
Bursera morelensis Ramírez
Bursera schlechtendalii Engl.
Bursera simaruba (L.) Sarg.
Bursera submoniliformis Engl. *

Cactaceae

Cephalocereus multiareolatus (E.Y. Dawson) H.J. Tapia & S. Arias *
Coryphantha pycnacantha (Mart.) Lem. *
Disocactus speciosus (Cav.) Barthlott

Echinocereus viereckii Werderm.
Hylocereus undatus (Haw.) Britton & Rose
Lophocereus marginatus (DC.) S. Arias & Terrazas *
Mammillaria discolor Haw. *
Mammillaria haageana Pfeiff. *
Mammillaria karwinskiana Mart. *
Mammillaria knippeliana Quehl **
Mammillaria nunezii (Britton & Rose) Orcutt *
Mammillaria spinosissima Lem. *
Myrtillocactus geometrizans (Mart. ex Pfeiff.) Console *
Opuntia atropes Rose *
Opuntia auberi Pfeiff. *
Opuntia cochenillifera (L.) Mill.
Opuntia decumbens Salm-Dyck
Opuntia dejecta Salm-Dyck
Opuntia depressa Rose *
Opuntia ficus-indica (L.) Mill. !
Opuntia fuliginosa Griffiths *
Opuntia hyptiacantha F.A.C. Weber *
Opuntia macrocentra Engelm.
Opuntia megacantha Salm-Dyck
Opuntia pubescens J.C. Wendl. ex Pfeiff.
Opuntia tomentosa Salm-Dyck *
Opuntia undulata Griffiths *
Opuntia velutina F.A.C. Weber *
Pachycereus grandis Rose *
Pachycereus pecten-aboriginum (Engelm. ex S. Watson) Britton & Rose *
Pachycereus weberi (J.M. Coult.) Backeb. *
Peniocereus viperinus (F.A.C. Weber) Buxb. *
Pereskia aculeata Mill. !
Pereskiaopsis aquosa (F.A.C. Weber) Britton & Rose
Pereskiaopsis blakeana J.G. Ortega
Pereskiaopsis diguetii (F.A.C. Weber) Britton & Rose *
Pereskiaopsis kellermanii Rose
Pereskiaopsis rotundifolia (DC.) Britton & Rose *
Pilosocereus chrysacanthus (F.A.C. Weber ex Schum.) Byles & G.D. Rowley *
Stenocereus beneckeii (Ehrenb.) F. Buxb. *
Stenocereus dumortieri (Scheidw.) Buxb. *
Stenocereus stellatus (Pfeiff.) Riccob. *

Calceolariaceae

Calceolaria mexicana Benth.

Calceolaria tripartita Ruiz & Pav.

Calophyllaceae

Mammea americana L.

Campanulaceae

Diastatea micrantha (Kunth) McVaugh

Diastatea tenera (A. Gray) McVaugh

Diastatea virgata Scheidw. *

Hippobroma longiflora (L.) G. Don

Lobelia aguana E. Wimm.

Lobelia berlandieri A. DC.

Lobelia cardinalis L.

Lobelia cordifolia Hook. & Arn.

Lobelia ehrenbergii Vatke

Lobelia fenestralis Cav.

Lobelia gruina Cav. *

Lobelia longicaulis Brandegee

Cannabaceae

Cannabis sativa L. !

Celtis caudata Planch.

Celtis iguanaea (Jacq.) Sarg.

Celtis reticulata Torr.

Trema micrantha (L.) Blume

Cannaceae

Canna glauca L.

Canna indica L. !

Capparaceae

Crateva tapia L.

Forchhammeria macrocarpa Standl. *

Quadrella incana (Kunth) H.H. Iltis & X. Cornejo

Caprifoliaceae

Lonicera japonica Thunb. ex Murray !

Lonicera pilosa (Kunth) Willd. ex Kunth *
Symphoricarpos microphyllus Kunth
Valeriana clematitidis Kunth
Valeriana deltoidea F.G. Mey.
Valeriana edulis Nutt.
Valeriana naidae Barrie *
Valeriana oaxacana Barrie *
Valeriana palmeri A. Gray *
Valeriana robertianifolia Briq.
Valeriana scandens L.
Valeriana sorbifolia Kunth
Valeriana urticifolia Kunth

Caricaceae

Carica papaya L.
Jacaratia mexicana A. DC.

Caryophyllaceae

Arenaria bourgaei Hemsl.
Arenaria bryoides Willd. ex Schldtl.
Arenaria lycopodioides Willd. ex Schldtl.
Arenaria megalantha (Rohrb.) F.N. Williams
Arenaria paludicola B.L. Rob.
Arenaria reptans Hemsl.
Cerastium brachypodum (Engelm. ex A. Gray) B.L. Rob. ex Britton
Cerastium vulcanicum Schldtl.
Drymaria cordata (L.) Willd. ex Roem. & Schult.
Drymaria excisa Standl *
Drymaria fendleri S. Watson
Drymaria gracilis Schldtl. & Cham.
Drymaria villosa Schldtl. & Cham.
Lychnis mexicana Rose *
Minuartia moehringioides (Moc. & Sessé ex Ser.) Mattf. *
Silene gallica L. !
Spergula arvensis L. !
Stellaria cuspidata Willd. ex Schldtl.
Stellaria media (L.) Cirillo !
Stellaria nemorum L. !
Stellaria ovata Willd. ex Schldtl.

Casuarinaceae

Casuarina equisetifolia L. !

Celastraceae

Celastrus pringlei Rose *

Crossopetalum parviflorum (Hemsl.) Lundell

Hippocratea volubilis L.

Pristimera celastroides (Kunth) A.C. Sm

Quetzalia schiedeana (Loes.) Lundell

Semialarium mexicanum (Miers) Mennega

Wimmeria persicifolia Radlk. *

Wimmeria serrulata (DC.) Radlk. *

Zinowiewia concinna Lundell *

Zinowiewia integerrima (Turcz.) Turcz.

Ceratophyllaceae

Ceratophyllum demersum L.

Ceratophyllum muricatum Cham.

Cistaceae

Crocanthemum glomeratum (Lag.) Janch.

Helianthemum concolor (L. Riley) J.G. Ortega *

Helianthemum coulteri S. Watson

Cleomaceae

Cleome parvisepala Heilborn

Cleoserrata speciosa (Raf.) H.H. Iltis

Gynandropsis gynandra (L.) Briq.

Clethraceae

Clethra hartwegii Britton *

Clethra mexicana DC.

Combretaceae

Combretum fruticosum (Loefl.) Stuntz

Combretum indicum (L.) DeFilipps !

Conocarpus erectus L.

Terminalia catappa L. !

Commelinaceae

- Callisia filiformis* (M. Martens & Galeotti) D.R. Hunt
Callisia fragrans (Lindl.) Woodson
Callisia navicularis (Ortgies) D.R. Hunt
Callisia repens L.
Commelina coelestis Willd.
Commelina dianthifolia Delile
Commelina diffusa Burm. f.
Commelina erecta L.
Commelina leiocarpa Benth.
Commelina orchioides Booth ex Lindl.
Commelina rufipes Seub.
Commelina texcocana Matuda
Commelina tuberosa L.
Dichorisandra hexandra (Aubl.) Standl.
Gibasis consobrina D.R. Hunt *
Gibasis karwinskyana (Schult. f.) Rohweder *
Gibasis linearis (Benth.) Rohweder *
Gibasis pellucida (M. Martens & Galeotti) D.R. Hunt
Gibasis pulchella (Kunth) Raf.
Gibasoides laxiflora (C.B. Clarke) D.R. Hunt *
Thyrsanthemum floribundum (M. Martens & Galeotti) Pichon *
Thyrsanthemum macrophyllum (Greenm.) Rohweder *
Tinantia erecta (Jacq.) Schldl.
Tinantia longipedunculata Standl. & Steyerm.
Tradescantia andrieuxii C.B. Clarke *
Tradescantia crassifolia Cav. *
Tradescantia gracillima Standl.
Tradescantia pallida (Rose) D.R. Hunt
Tradescantia tepoxtlana Matuda *
Tradescantia zanonina (L.) Sw.
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.

Convolvulaceae

- Calycobolus nutans* (Choisy) D.F. Austin *
- Calycobolus velutinus* (M. Martens & Galeotti) House *
- Camonea umbellata* (L.) A.R. Simões & Staples
- Cuscuta corymbosa* Ruiz & Pav.
- Cuscuta pentagona* Engelm.
- Cuscuta saccharata* (Engelm.) Yunck. *
- Cuscuta strobilacea* Liebm.
- Cuscuta tinctoria* Mart. ex Engelm.
- Dichondra brachypoda* Wootton & Standl.
- Distimake quinquefolius* (L.) A.R. Simões & Staples
- Evolvulus alsinoides* (L.) L.
- Ipomoea alba* L.
- Ipomoea arborescens* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) G. Don
- Ipomoea aristolochiifolia* (Kunth) G. Don
- Ipomoea batatas* (L.) Lam.
- Ipomoea batatoides* Choisy *
- Ipomoea bracteata* Cav. *
- Ipomoea capillacea* (Kunth) G. Don
- Ipomoea carnea* Jacq.
- Ipomoea konzattii* Greenm. *
- Ipomoea costellata* Torr.
- Ipomoea cuernavacensis* House **
- Ipomoea cholulensis* Kunth
- Ipomoea dumetorum* Willd. ex Roem. & Schult.
- Ipomoea dumosa* (Benth.) L.O. Williams
- Ipomoea emetica* Choisy *
- Ipomoea hederifolia* L.
- Ipomoea intrapilosa* Rose *
- Ipomoea minutiflora* (M. Martens & Galeotti) House
- Ipomoea murucoides* Roem. & Schult.
- Ipomoea orizabensis* (Pelletan) Ledeb. ex Steud.
- Ipomoea parasitica* (Kunth) G. Don
- Ipomoea pauciflora* M. Martens & Galeotti
- Ipomoea pedicellaris* Benth.
- Ipomoea purpurea* (L.) Roth
- Ipomoea quamoclit* L.
- Ipomoea robinsonii* House *
- Ipomoea sagittata* Poir.

Ipomoea simulans T. Hanb. *
Ipomoea spectata J.A. McDonald
Ipomoea stans Cav. *
Ipomoea tenuiloba Torr.
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 platyphylla (Fernald) O'Donell *
Operculina pinnatifida (Kunth) O'Donell
Operculina pteripes (G. Don) O'Donell
Turbina corymbosa (L.) Raf.

Cordiaceae

Cordia alliodora (Ruiz & Pav.) Oken
Cordia dentata Poir.
Cordia dodecandra DC.
Cordia morelosana Standl. *
Varronia curassavica Jacq.
Varronia globosa Jacq.

Coriariaceae

Coriaria ruscifolia L.

Cornaceae

Cornus disciflora Moc. & Sessé ex DC.
Cornus excelsa Kunth

Crassulaceae

Bryophyllum pinnatum (Lam.) Oken !
Crassula aquatica (L.) Schönland
Cremonophila nutans (Rose) Rose **
Echeveria byrnesii Rose *
Echeveria crenulata Rose **
Echeveria fulgens Lem.

Echeveria grandiflora Haw.
Echeveria mucronata Schltdl. *
Echeveria obtusifolia Rose *
Kalanchoe flammea Stapf.
Kalanchoe pinnata (Lam.) Pers. !
Sedum bourgaei Hemsl. *
Sedum calcicola B.L. Rob. & Greenm.
Sedum ebracteatum Moc. & Sessé ex DC.
Sedum frutescens Rose *
Sedum goldmanii (Rose) Moran *
Sedum hemsleyanum Rose *
Sedum jaliscanum S. Watson *
Sedum longipes Rose *
Sedum moranense Kunth
Sedum oxypetalum Kunth *
Sedum quevae Raym.-Hamet *
Sedum tortuosum Hemsl.
Thompsonella minutiflora (Rose) Britton & Rose *

Cucurbitaceae

Cionosicyos macranthus (Pittier) C. Jeffrey
Citrullus lanatus (Thunb.) Matsum. & Nakai !
Cucumis dipsaceus Ehrenb. ex Spach !
Cucumis melo L. !
Cucurbita argyrosperma K. Koch
Cucurbita ficifolia Bouché
Cucurbita mixta Pangalo
Cucurbita moschata Duchesne
Cucurbita okechobeensis (Small) L.H. Bailey
Cucurbita pepo L.
Cucurbita radicans Naudin *
Cyclanthera gracillima Cogn.
Cyclanthera integrifoliola Cogn.
Cyclanthera tamnoides (Willd.) Cogn. *
Echinopepon cirrhopedunculatus Rose *
Echinopepon gemellus (Ser.) A.K. Monroe & P.J. Stafford
Echinopepon jaliscanus Rose
Echinopepon pubescens (Benth.) Cogn.
Echinopepon wrightii (A. Gray) S. Watson

Lagenaria siceraria (Molina) Standl. !
Luffa cylindrica (L.) M. Roem. !
Melothria pendula L.
Melothria pringlei (S. Watson) Mart. Crov. *
Microsechium palmatum (Ser.) Cogn.
Momordica charantia L. !
Polyclathra cucumerina Bertol.
Rytidostylis gracilis Hook. & Arn.
Rytidostylis longisepala (Cogn.) C. Jeffrey *
Schizocarpum filiforme Schrad.
Schizocarpum parviflorum B.L. Rob. & Greenm. *
Schizocarpum reflexum Rose *
Sechiopsis triquetra (Moc. & Sessé ex Ser.) Naudin *
Sechium edule (Jacq.) Sw.
Sicyos longisepalus Cogn.
Sicyos microphyllus Kunth *

Cyperaceae

Bulbostylis funckii (Steud.) C.B. Clarke
Bulbostylis juncoides (Vahl) Kük. ex Osten
Bulbostylis pubescens (J. Presl & C. Presl) Svenson
Carex cortesii Liebm.
Carex echinata Murray
Carex hermannii Cochrane
Carex lurida Wahlenb.
Carex madrensis L.H. Bailey *
Carex polystachya Sw. ex Wahlenb.
Carex psilocarpa Steud.
Carex tuberculata Liebm.
Cyperus aggregatus (Willd.) Endl.
Cyperus articulatus L.
Cyperus aschenbornianus Boeck. *
Cyperus canus J. Presl & C. Presl
Cyperus cuspidatus Kunth
Cyperus elegans L.
Cyperus esculentus L. !
Cyperus flavescens L.
Cyperus flavicomus Michx.
Cyperus fugax Liebm.

Cyperus hermaphroditus (Jacq.) Standl.
Cyperus humilis Kunth
Cyperus imbricatus Retz.
Cyperus involucratus Rottb. !
Cyperus iria L. !
Cyperus lanceolatus Poir.
Cyperus macrostachyos Lam.
Cyperus manimae Kunth
Cyperus mutisii (Kunth) Andersson
Cyperus niger Ruiz & Pav.
Cyperus ochraceus Vahl
Cyperus pallidicolor (Kük.) G.C. Tucker
Cyperus polystachyos Rottb.
Cyperus rotundus L. !
Cyperus sanguineo-ater Boeck.
Cyperus semiochraceus Boeck.
Cyperus seslerioides Kunth
Cyperus spectabilis Link
Cyperus squarrosus L.
Cyperus surinamensis Rottb.
Cyperus tenerrimus J. Presl & C. Presl
Cyperus thyrsiflorus Jungh.
Cyperus virens Michx.
Eleocharis acicularis (L.) Roem. & Schult.
Eleocharis bonariensis Nees
Eleocharis densa Benth. *
Eleocharis dombeyana Kunth
Eleocharis elegans (Kunth) Roem. & Schult.
Eleocharis filiculmis Kunth
Eleocharis geniculata (L.) Roem. & Schult.
Eleocharis interstincta (Vahl) Roem. & Schult.
Eleocharis macrostachya Britton
Eleocharis montana (Kunth) Roem. & Schult.
Eleocharis palustris (L.) Roem. & Schult.
Eleocharis parishii Britton
Eleocharis radicans (Poir.) Kunth
Fimbristylis miliacea (L.) Vahl
Fuirena simplex Vahl
Kyllinga brevifolia Rottb.

Kyllinga odorata Vahl
Kyllinga pumila Michx.
Lipocarpha micrantha (Vahl) G.C. Tucker
Rhynchospora colorata (L.) H. Pfeiff.
Rhynchospora contracta (Nees) J. Raynal
Scleria setuloso-ciliata Boeck.
Schoenoplectus americanus (Pers.) Volkart ex Schinz & R. Keller
Schoenoplectus californicus (C.A. Mey.) Soják
Schoenoplectus tabernaemontani (C.C. Gmel.) Palla
Uncinia hamata (Sw.) Urb.

Cytinaceae

Bdallophytum americanum (R. Br.) Eichler ex Solms

Chloranthaceae

Hedyosmum mexicanum Cordem.

Chrysobalanaceae

Licania arborea Seem.
Licania platypus (Hemsl.) Fritsch

Dioscoreaceae

Dioscorea bulbifera L. !
Dioscorea convolvulacea Schltld. & Cham.
Dioscorea dugesii B.L. Rob. *
Dioscorea galeottiana Kunth *
Dioscorea gallegosi Matuda *
Dioscorea guerrerensis Matuda
Dioscorea liebmannii Uline *
Dioscorea longituba Uline
Dioscorea militaris B.L. Rob. *
Dioscorea morelosana (Uline) Matuda *
Dioscorea nelsonii Uline ex R. Knuth
Dioscorea platycalpota Uline *
Dioscorea polygonoides Humb. & Bonpl. ex Willd.
Dioscorea pringlei B.L. Rob.
Dioscorea pumicicola Uline *
Dioscorea sparsiflora Uline *
Dioscorea subtomentosa Miranda

Dioscorea ulinei Greene *
Dioscorea urceolata Uline *

Dipentodontaceae

Perrottetia longistylis Rose

Ebenaceae

Diospyros nigra (J.F. Gmel.) Perr. !
Diospyros salicifolia Humb. & Bonpl. ex Willd.

Ehretiaceae

Bouyeria andrieuxii (DC.) Hemsl. *
Ehretia latifolia DC.
Ehretia tinifolia L.
Lennea madreporoides Lex.

Ericaceae

Arbutus arizonica (A. Gray) Sarg.
Arctostaphylos pungens Kunth
Comarostaphylis glaucescens (Kunth) Zucc. ex Klotzsch *
Comarostaphylis macvaughii (Diggs) L.M. González
Comarostaphylis polifolia (Kunth) Zucc. ex Klotzsch *
Chimaphila umbellata (L.) W.P.C. Barton
Gaultheria acuminata Schltld. & Cham.
Gaultheria erecta Vent.
Monotropa hypopitys L.
Monotropa uniflora L.
Pernettya ciliata (Schltld. & Cham.) Small
Pernettya prostrata (Cav.) DC.
Pterospora andromedea Nutt.
Pyrola angustifolia (Alef.) Hemsl.
Rhododendron indicum (L.) Sweet !

Eriocaulaceae

Eriocaulon ehrenbergianum Klotzsch ex Körn.
Eriocaulon jaliscanum S. Watson
Eriocaulon microcephalum Kunth

Erythroxylaceae

Erythroxylum havanense Jacq.
Erythroxylum pringlei Rose *
Erythroxylum rotundifolium Lunan

Euphorbiaceae

Acalypha adenostachya Müll. Arg.
Acalypha alopecuroidea Jacq.
Acalypha arvensis Poepp. & Endl.
Acalypha botteriana Müll. Arg. *
Acalypha fournieri Müll. Arg. *
Acalypha hispida Burm. f. !
Acalypha langiana Müll. Arg.
Acalypha mollis Kunth
Acalypha ocymoides Kunth
Acalypha persimilis Müll. Arg.
Acalypha phleoides Cav.
Acalypha poiretii Spreng.
Acalypha polystachya Jacq.
Acalypha schiedeana Schltld.
Acalypha setosa A. Rich.
Acalypha synoica Pax & K. Hoffm.
Acalypha triloba Müll. Arg.
Acalypha wilkesiana Müll. Arg. !
Adelia barbinervis Schltld. & Cham.
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 tubulosus (Müll. Arg.) I.M. Johnst.
Cnidoscolus urens (L.) Arthur
Codiaeum variegatum (L.) A. Juss. !
Croton ciliatoglandulifer Ortega
Croton dioicus Cav.
Croton draco Schltld. & Cham.
Croton mazapensis Lundell *
Croton morifolius Willd.
Croton niveus Jacq.

Croton ramillatus Croizat *
Croton soliman Cham. & Schltldl.
Croton sonora Torr.
Chiropetalum astroplethos (J.W. Ingram) Radcl. Sm. & R. Govaerts
Dalechampia scandens L.
Dalembertia populifolia Baill. *
Ditaxis guatemalensis (Müll. Arg.) Pax & K. Hoffm.
Ditaxis pringlei (Greenm.) Pax & K. Hoffm. *
Euphorbia adiantoides Lam.
Euphorbia albomarginata Torr. & A. Gray
Euphorbia anychioides Boiss.
Euphorbia ariensis Kunth
Euphorbia berteriana Balb. ex Spreng.
Euphorbia calcicola Fernald
Euphorbia cyathophora Murray
Euphorbia chamaesula Boiss.
Euphorbia chersonesa Huft
Euphorbia davidii Subils
Euphorbia delicatula Boiss.
Euphorbia densiflora (Klotzsch & Garcke) Klotzsch
Euphorbia derickii V.W. Steinm. *
Euphorbia dioscoreoides Boiss. *
Euphorbia eglandulosa V.W. Steinm. *
Euphorbia graminea Jacq.
Euphorbia hirta L.
Euphorbia hypericifolia L.
Euphorbia hyssopifolia L.
Euphorbia lasiocarpa Klotzsch
Euphorbia leucantha (Klotzsch & Garcke) Boiss. *
Euphorbia leucocephala Lotsy
Euphorbia macropus (Klotzsch & Garcke) Boiss.
Euphorbia mendezii Boiss.
Euphorbia multiseta Benth.
Euphorbia muscicola Fernald **
Euphorbia nutans Lag.
Euphorbia ocymoidea L.
Euphorbia ophthalmica Pers.
Euphorbia peplus L.
Euphorbia prostrata Aiton

Euphorbia pulcherrima Willd. ex Klotzsch
Euphorbia schiedeana (Klotzsch & Garcke) Mayfield
Euphorbia schlechtendalii Boiss.
Euphorbia serpens Kunth
Euphorbia sphaerorhiza Benth. *
Euphorbia subpeltata S. Watson *
Euphorbia subreniformis S. Watson *
Euphorbia tanquahuete Sessé & Moc. *
Euphorbia thymifolia L.
Euphorbia tithymaloides L.
Euphorbia umbellulata Engelm. ex Boiss. *
Hura polyandra Baill.
Jatropha ciliata Sessé ex Cerv. *
Jatropha integerrima Jacq.
Jatropha mcvaughii Dehgan & G.L. Webster
Manihot angustiloba (Torr.) Müll. Arg.
Manihot esculenta Crantz
Manihot rhomboidea Müll. Arg.
Manihot triloba (Sessé ex Cerv.) McVaugh ex Miranda *
Pleradenophora lottiae (McVaugh) A. L. Melo & Esser *
Ricinus communis L. !
Sapium glandulosum (L.) Morong
Sapium macrocarpum Müll. Arg.
Sebastiania appendiculata (Müll. Arg.) Jabl.
Sebastiania hintonii Lundell *
Sebastiania pavoniana (Müll. Arg.) Müll. Arg.
Stillingia zelayensis (Kunth) Müll. Arg.
Tragia affinis B.L. Rob. & Greenm. *
Tragia ramosa Torr.

Fabaceae

Acaciella angustissima (Mill.) Britton & Rose
Acaciella hartwegii (Benth.) Britton & Rose *
Acaciella holwayi Britton & Rose *
Acaciella igualensis Britton & Rose *
Acaciella painteri Britton & Rose *
Acaciella villosa (Sw.) Britton & Rose
Aeschynomene americana L.
Aeschynomene petraea B.L. Rob. *

Aeschynomene scabra G. Don
Aeschynomene villosa Poir.
Albizia lebbbeck (L.) Benth. !
Arachis hypogaea L. !
Astragalus guatemalensis Hemsl.
Astragalus lyonnetii Barneby *
Astragalus nuttallianus DC. *
Astragalus strigulosus Kunth *
Bauhinia andrieuxii Hemsl. *
Bauhinia chapulhuacania Wunderlin
Bauhinia deserti (Britton & Rose) Lundell
Bauhinia variegata L. !
Brongniartia discolor Brandegee *
Brongniartia intermedia Moric. *
Brongniartia montalvoana Dorado & D.M. Arias *
Brongniartia nudiflora S. Watson *
Brongniartia podalyrioides Kunth *
Brongniartia vazquezii O. Dorado *
Caesalpinia pulcherrima (L.) Sw. !
Cajanus cajan (L.) Millsp. !
Calliandra caeciliae Harms
Calliandra eriophylla Benth.
Calliandra grandiflora (L'Hér.) Benth.
Calliandra longipedicellata (McVaugh) Macqueen & H.M. Hern.
Canavalia glabra (M. Martens & Galeotti) J.D. Sauer
Centrosema pubescens Benth.
Cologania broussonetii (Balb.) DC.
Cologania obovata Schltdl.
Cologania rufescens Rose
Cologania tenuis Rose *
Conzattia multiflora (B.L. Rob.) Standl. *
Coursetia diversifolia (Lieb.) M. Sousa & Lavin
Coursetia glandulosa A. Gray
Coursetia madrensis Micheli *
Crotalaria cajanifolia Kunth
Crotalaria filifolia Rose *
Crotalaria incana L.
Crotalaria longirostrata Hook. & Arn.
Crotalaria maypurensis Kunth

Crotalaria mollicula Kunth
Crotalaria pumila Ortega
Crotalaria sagittalis L.
Crotalaria vitellina Ker Gawl.
Chamaecrista absus (L.) H.S. Irwin & Barneby
Chamaecrista diphylla (L.) Greene
Chamaecrista flexuosa (L.) Greene
Chamaecrista nictitans (L.) Moench
Dalbergia congestiflora Pittier *
Dalbergia glabra (Mill.) Standl.
Dalea bacchantum Barneby **
Dalea cliffortiana Willd.
Dalea elata Hook. & Arn. *
Dalea foliolosa (Aiton) Barneby
Dalea humilis G. Don
Dalea leporina (Aiton) Bullock
Dalea leptostachya DC. *
Dalea obovatifolia Ortega
Dalea obreniformis (Rydb.) Barneby *
Dalea prostrata Ortega
Dalea reclinata (Cav.) Willd. *
Dalea sericea Lag.
Dalea thouinii Schrank *
Dalea tomentosa (Cav.) Willd.
Delonix regia (Bojer ex Hook.) Raf. !
Desmanthus glandulosus (B.L. Turner) Luckow
Desmanthus interior (Britton & Rose) Bullock *
Desmodium amplifolium Hemsl.
Desmodium bellum (S.F. Blake) B.G. Schub. *
Desmodium konzattii Greenm. *
Desmodium densiflorum Hemsl. *
Desmodium hartwegianum Hemsl.
Desmodium intortum (Mill.) Urb.
Desmodium nitidum M. Martens & Galeotti *
Desmodium scorpiurus (Sw.) Desv.
Desmodium skinneri Benth. ex Hemsl.
Diphysa americana (Mill.) M. Sousa
Diphysa carthagenensis Jacq.
Diphysa minutifolia Rose *

Diphysa punctata Rydb. *
Diphysa racemosa Rose *
Diphysa suberosa S. Watson *
Diphysa villosa Rydb. *
Enterolobium cyclocarpum (Jacq.) Griseb.
Eriosema grandiflorum (Schltdl. & Cham.) G. Don
Erythrina americana Mill. *
Erythrina breviflora DC. *
Erythrina crista-galli L.
Erythrina leptorhiza Moc. & Sessé ex DC. *
Eysenhardtia adenostylis Baill.
Eysenhardtia polystachya (Ortega) Sarg.
Galactia striata (Jacq.) Urb.
Gliricidia sepium (Jacq.) Kunth ex Walp.
Haematoxylum brasiletto H. Karst.
Harpalyce pringlei Rose *
Havardia pallens (Benth.) Britton & Rose
Indigofera cuernavacana Rose *
Indigofera densiflora M. Martens & Galeotti *
Indigofera miniata Ortega
Indigofera platycarpa Rose *
Indigofera suffruticosa Mill.
Inga eriocarpa Benth. *
Inga inicuil Schltdl. & Cham. ex G. Don
Inga laurina (Sw.) Willd.
Inga vera Willd.
Lablab purpureus (L.) Sweet !
Leptospron adenanthum (G. Mey.) A. Delgado
Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit
Leucaena macrophylla Benth. *
Leucaena matudae (Zárate) C.E. Hughes
Libidibia coriaria (Jacq.) Schltdl.
Lonchocarpus andrieuxii M. Sousa *
Lonchocarpus argyrotrichus Harms *
Lonchocarpus caudatus Pittier *
Lonchocarpus eriophyllus Benth. *
Lonchocarpus hintonii Sandwith
Lonchocarpus hondurensis Benth.
Lonchocarpus sericeus (Poir.) Kunth ex DC.

Lupinus campestris Schltld. & Cham. *
Lupinus elegans Kunth
Lupinus exaltatus Zucc. *
Lupinus splendens Rose *
Lupinus stipulatus J. Agardh *
Lupinus uncinatus Schltld.
Lupinus versicolor Sweet
Lysiloma acapulcense (Kunth) Benth.
Lysiloma divaricatum (Jacq.) J.F. Macbr.
Lysiloma terginum Benth. *
Macroptilium atropurpureum (Sessé & Moc. ex DC.) Urb.
Macroptilium gibbosifolium (Ortega) A. Delgado
Macroptilium longepedunculatum (Mart. ex Benth.) Urb.
Marina holwayi (Rose) Barneby *
Marina minutiflora (Rose) Barneby *
Marina nutans (Cav.) Barneby *
Marina procumbens (DC.) Barneby *
Marina pueblensis (Brandege) Barneby *
Marina scopa Barneby
Marina spiciformis (Rose) Barneby *
Marina stilligera Barneby *
Mariosousa acatlensis (Benth.) Seigler & Ebinger *
Mariosousa coulteri (Benth.) Seigler & Ebinger
Medicago polymorpha L. !
Microlobius foetidus (Jacq.) M. Sousa & G. Andrade *
Mimosa adenanthroides (M. Martens & Galeotti) Benth. *
Mimosa affinis B.L. Rob. *
Mimosa albida Humb. & Bonpl. ex Willd.
Mimosa benthamii J.F. Macbr. *
Mimosa caerulea Rose *
Mimosa dysocarpa Benth.
Mimosa galeottii Benth. *
Mimosa goldmanii B.L. Rob. *
Mimosa hexandra Micheli
Mimosa ionema B.L. Rob. *
Mimosa lacerata Rose *
Mimosa lactiflua Delile ex Benth. *
Mimosa mollis Benth. *
Mimosa monancistra Benth.

Mimosa polyantha Benth.
Mimosa rhododactyla B.L. Rob. *
Mimosa tricephala Schltld. & Cham. *
Mimosa zimapanensis Britton & Rose
Myrospermum frutescens Jacq.
Myroxylon balsamum (L.) Harms
Neptunia oleracea Lour.
Neptunia plena (L.) Benth.
Neptunia pubescens Benth.
Nissolia fruticosa Jacq.
Nissolia hintonii Sandwith
Nissolia laxior (B.L. Rob.) Rose *
Nissolia leiogyne Sandwith
Nissolia microptera Poir. *
Nissolia pringlei Rose *
Pachecoa prismatica (Sessé & Moc.) Standl. & B.G. Schub.
Pachyrhizus erosus (L.) Urb.
Parkinsonia aculeata L.
Phaseolus acutifolius A. Gray
Phaseolus anisotrichos Schltld.
Phaseolus coccineus L.
Phaseolus esperanzae Seaton
Phaseolus lunatus L.
Phaseolus marechalii A. Delgado *
Phaseolus microcarpus Mart. *
Phaseolus pedicellatus Benth.
Phaseolus pluriflorus Maréchal, Mascherpa & Stainier *
Phaseolus vulgaris L.
Piptadenia flava (Spreng. ex DC.) Benth.
Piscidia grandifolia (Donn. Sm.) I.M. Johnst. *
Pisum sativum L.
Pithecellobium dulce (Roxb.) Benth.
Prosopis laevigata (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C. Johnst.
Prosopis tamaulipana Burkart
Pterocarpus orbiculatus DC. *
Pterocarpus rohrii Vahl
Rhynchosia discolor M. Martens & Galeotti
Rhynchosia edulis Griseb.
Rhynchosia longeracemosa M. Martens & Galeotti

Rhynchosia macrocarpa Benth.
Rhynchosia minima (L.) DC.
Rhynchosia nelsonii (Rose) Grear
Rhynchosia precatorea (Humb. & Bonpl. ex Willd.) DC.
Rhynchosia senna Gillies ex Hook. & Arn.
Senegalia berlandieri (Benth.) Britton & Rose
Senegalia macilenta (Rose) Britton & Rose *
Senegalia picachensis (Brandege) Britton & Rose
Senegalia polyphylla (DC.) Britton & Rose !
Senegalia riparia (Kunth) Britton
Senna alata (L.) Roxb. !
Senna andrieuxii (Benth.) H.S. Irwin & Barneby
Senna argentea (Kunth) H.S. Irwin & Barneby *
Senna cobanensis (Britton) H.S. Irwin & Barneby
Senna didymobotrya (Fresen.) H.S. Irwin & Barneby !
Senna galegifolia (L.) Barneby & Lourteig
Senna galeottiana (M. Martens) H.S. Irwin & Barneby
Senna guatemalensis (Donn. Sm.) 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 nicaraguensis (Benth.) H.S. Irwin & Barneby
Senna obtusifolia (L.) H.S. Irwin & Barneby
Senna occidentalis (L.) Link
Senna racemosa (Mill.) H.S. Irwin & Barneby *
Senna skinneri (Benth.) H.S. Irwin & Barneby
Senna spectabilis (DC.) H.S. Irwin & Barneby !
Senna uniflora (Mill.) H.S. Irwin & Barneby
Senna wislizeni (A. Gray) H.S. Irwin & Barneby *
Sesbania herbacea (Mill.) McVaugh !
Sphingia acatlensis (Benth.) Barneby & J.W. Grimes *
Stylosanthes humilis Kunth
Tamarindus indica L. !
Tara cacalaco (Bonpl.) Molinari & Sánchez Och.
Tephrosia konzattii (Rydb.) Standl.
Tephrosia cuernavacana (Rose) J.F. Macbr. *
Tephrosia nicaraguensis Oerst.
Tephrosia vicioides Schltld.
Teramnus uncinatus (L.) Sw.

Trifolium amabile Kunth *
Trifolium repens L. !
Trifolium wormskioldii Lehm.
Vachellia bilimekii (J.F. Macbr.) Seigler & Ebinger *
Vachellia campechiana (Mill.) Seigler & Ebinger
Vachellia farnesiana (L.) Wight & Arn.
Vachellia pennatula (Schltdl. & Cham.) Seigler & Ebinger
Vachellia rigidula (Benth.) Seigler & Ebinger
Vicia faba L. !
Vicia sativa L.
Vicia sessei G. Don
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 thymifolia Kunth

Fagaceae

Quercus acutifolia Née
Quercus affinis Scheidw. *
Quercus calophylla Schltdl. & Cham.
Quercus castanea Née
Quercus crassipes Bonpl. *
Quercus deserticola Trel. *
Quercus diversifolia Née *
Quercus durifolia Seemen
Quercus glabrescens Benth.
Quercus glaucoides M. Martens & Galeotti
Quercus laeta Liebm. *
Quercus laurina Bonpl.
Quercus liebmannii Oerst. ex Trel. *
Quercus magnoliifolia Née
Quercus mexicana Bonpl. *
Quercus obtusata Bonpl. *
Quercus peduncularis Née
Quercus polymorpha Schltdl. & Cham.
Quercus resinosa Liebm. *
Quercus rugosa Née

Quercus salicifolia Née
Quercus scytophylla Liebm.
Quercus seemannii Liebm.
Quercus splendens Née *

Fouquieriaceae

Fouquieria formosa Kunth *

Garryaceae

Garrya laurifolia Hartw. ex Benth.
Garrya longifolia Rose *

Gentianaceae

Eustoma russellianum (Hook.) G. Don
Gentiana bicuspidata (G. Don) Briq. *
Gentiana calyculata Lex. *
Gentiana spathacea Kunth *
Gyrandra pauciflora (M. Martens & Galeotti) G. Mans.
Halenia brevicornis (Kunth) G. Don
Halenia decumbens Benth. *
Zeltnera martinii (C.R. Broome) G. Mans.
Zeltnera quitensis (Kunth) G. Mans.
Zeltnera stricta (Schiede) Druce

Geraniaceae

Erodium cicutarium (L.) L'Hér. ex Aiton !
Erodium moschatum (L.) L'Hér. ex Aiton !
Geranium bellum Rose
Geranium deltoideum Rydb. *
Geranium dissectum L.
Geranium hernandesii DC. *
Geranium latum Small *
Geranium lilacinum R. Knuth *
Geranium mexicanum Kunth *
Geranium potentillifolium DC. *
Geranium seemannii Peyr.
Pelargonium zonale (L.) L'Hér. !

Gesneriaceae

Achimenes antirrhina (DC.) C.V. Morton
Achimenes fimbriata Rose ex C.V. Morton *
Achimenes glabrata (Zucc.) Fritsch *
Achimenes grandiflora (Schiede) DC.
Achimenes heterophylla (M. Martens) DC.
Achimenes patens Benth. *
Moussonia elegans Decne.
Smithiantha zebrina (Regel) Kuntze *

Grossulariaceae

Ribes affine Kunth *
Ribes ciliatum Humb. & Bonpl. ex Roem. & Schult.
Ribes microphyllum Kunth

Haloragaceae

Myriophyllum aquaticum (Vell.) Verdc. !
Myriophyllum heterophyllum Michx.
Myriophyllum hippuroides Nutt.

Heliconiaceae

Heliconia adflexa (Griggs) Standl.

Hernandiaceae

Gyrocarpus americanus Jacq.
Gyrocarpus jatrophiifolius Domin

Hydrangeaceae

Philadelphus mexicanus Schltld.

Hydrocharitaceae

Egeria densa Planch. !
Najas guadalupensis (Spreng.) Magnus
Najas marina L.
Vallisneria americana Michx.

Hydroleaceae

Hydrolea spinosa L.

Hydrophyllaceae

Phacelia platycarpa (Cav.) Spreng.

Hypericaceae

Hypericum formosum Kunth

Hypericum pauciflorum Kunth

Hypericum philonotis Schltld. & Cham.

Hypericum pumilum Sessé & Moc.

Hypoxidaceae

Hypoxis decumbens L.

Hypoxis fibrata Brackett

Hypoxis mexicana Schult. & Schult. f.

Hypoxis micrantha Pollard

Iridaceae

Cipura campanulata Ravenna

Cipura paludosa Aubl.

Eleutherine latifolia (Standl. & L.O. Williams) Ravenna

Nemastylis tenuis (Herb.) S. Watson

Sisyrinchium angustifolium Mill.

Sisyrinchium angustissimum (B.L. Rob. & Greenm.) Greenm. & C.H. Thomps. *

Sisyrinchium cernuum (E.P. Bicknell) Kearney

Sisyrinchium convolutum Nocca

Sisyrinchium quadrangulatum Klatt

Sisyrinchium scabrum Cham. & Schltld.

Sisyrinchium schaffneri S. Watson *

Sisyrinchium tenuifolium Humb. & Bonpl. ex Willd.

Sisyrinchium toluense Peyr. *

Tigridia alpestris Molseed

Tigridia ehrenbergii (Schltld.) Molseed *

Tigridia matudae Molseed *

Tigridia meleagris (Lindl.) G. Nicholson

Tigridia multiflora (Herb.) Ravenna *

Tigridia pavonia (L. f.) DC.

Tigridia tepoxtlana Ravenna *

Juglandaceae

Juglans microcarpa Berl.

Juglans mollis Engelm. *

Juncaceae

Juncus aemulans Liebm.

Juncus balticus Willd.

Juncus ebracteatus E. Mey.

Juncus liebmannii J.F. Macbr.

Juncus microcephalus Kunth

Luzula caricina E. Mey.

Luzula racemosa Desv.

Juncaginaceae

Triglochin scilloides (Poir.) Mering & Kadereit

Krameriaceae

Krameria lanceolata Torr.

Lamiaceae

Agastache mexicana (Kunth) Link & Epling

Asterohyptis mociniana (Benth.) Epling

Asterohyptis stellulata (Benth.) Epling *

Cantinoa mutabilis (Rich.) Harley & J.F.B. Pastore

Clerodendrum chinense (Osbeck) Mabb. !

Clinopodium macrostemum (Moc. & Sessé ex Benth.) Kuntze *

Cunila lythrifolia Benth. *

Cunila pycnantha B.L. Rob. & Greenm. *

Hedeoma piperita Benth.

Holmskioldia sanguinea Retz. !

Hyptis conferta Pohl ex Benth.

Hyptis sinuata Pohl ex Benth.

Leonotis nepetifolia (L.) R. Br. !

Lepechinia caulescens (Ortega) Epling

Marrubium vulgare L. !

Mesosphaerum pectinatum (L.) Kuntze

Mesosphaerum suaveolens (L.) Kuntze

Mesosphaerum urticoides (Kunth) Kuntze

Ocimum basilicum L. !

Ocimum campechianum Mill.

Origanum vulgare L. !

Phlomis fruticosa L. !
Plectranthus scutellarioides (L.) R. Br. !
Prunella vulgaris L. !
Salvia albocaerulea Linden *
Salvia breviflora Moc. & Sessé *
Salvia carnea Kunth
Salvia coccinea Buc'hoz ex Etl.
Salvia concolor Lamb. ex Benth. *
Salvia elegans Vahl *
Salvia exilis Epling
Salvia fasciculata Fernald !
Salvia fluviatilis Fernald *
Salvia forreri Greene
Salvia fulgens Cav. *
Salvia gesneriflora Lindl. & Paxton *
Salvia gracilipes Epling !
Salvia helianthemifolia Benth.
Salvia hispanica L.
Salvia iodantha Fernald *
Salvia isochroma (Fernald) B.L. Turner *
Salvia laevis Benth. *
Salvia lasiantha Benth.
Salvia lasiocephala Hook. & Arn.
Salvia lavanduloides Kunth
Salvia leptostachys Benth. *
Salvia leucantha Cav.
Salvia longispicata M. Martens & Galeotti *
Salvia longistyla Benth.
Salvia mcvaughii Bedolla, Lara & Zamudio *
Salvia melissodora Lag.
Salvia mexicana L. *
Salvia microphylla Kunth *
Salvia misella Kunth
Salvia mocinoi Benth.
Salvia moniliformis Fernald *
Salvia muscarioides Kunth
Salvia nana Kunth *
Salvia nelsonii Fernald *
Salvia oreopola Fernald *

Salvia podadena Briq. *
Salvia protracta Benth. *
Salvia purpurea Cav.
Salvia ramamoorthyana Espejo emend. J.G. González *
Salvia remota Benth. *
Salvia reptans Jacq.
Salvia rhyacophila (Fernald) Epling *
Salvia sessei Benth. *
Salvia setosa Fernald
Salvia setulosa Fernald *
Salvia stachyoides Kunth *
Salvia tehuacana Fernald
Salvia uruapana Fernald
Salvia xalapensis Benth.
Scutellaria dumetorum Schltld.
Stachys agraria Schltld. & Cham
Stachys bigelovii A. Gray
Stachys coccinea Ortega
Stachys eriantha Benth.
Stachys keerlii Benth. *
Stachys rotundifolia Sessé & Moc. *
Teucrium vesicarium Mill.
Vitex gaumeri Greenm.
Vitex hemsleyi Briq.
Vitex mollis Kunth *
Vitex pyramidata B.L. Rob. *

Lauraceae

Litsea glaucescens Kunth
Nectandra hihua (Ruiz & Pav.) Rohwer
Persea americana Mill.

Lentibulariaceae

Pinguicula macrophylla Kunth *
Pinguicula moranensis Kunth
Pinguicula parvifolia B.L. Rob.
Utricularia gibba L.
Utricularia livida E. Mey.

Liliaceae

Calochortus barbatus (Kunth) J.H. Painter *

Calochortus cernuus J.H. Painter *

Calochortus fuscus Schult. f.

Calochortus hartwegii Benth.

Calochortus pringlei B.L. Rob. *

Calochortus purpureus (Kunth) Baker *

Calochortus venustus Greene

Linaceae

Linum australe Heller

Linum mexicanum Kunth *

Linum orizabae Planch. *

Linderniaceae

Lindernia anagallidea (Michx.) Pennell

Loasaceae

Gronovia longiflora Rose *

Gronovia scandens L.

Mentzelia aspera L.

Mentzelia hispida Willd.

Loganiaceae

Spigelia longiflora M. Martens & Galeotti

Spigelia scabrella Benth.

Loranthaceae

Cladocolea grahamii (Benth.) Tiegh. *

Cladocolea loniceroides (Tiegh.) Kuijt *

Cladocolea microphylla (Kunth) Kuijt *

Cladocolea oligantha (Standl. & Steyerl.) Kuijt

Psittacanthus americanus (Jacq.) Mart.

Psittacanthus calyculatus (DC.) G. Don

Psittacanthus palmeri (S. Watson) Barlow & Wiens *

Psittacanthus rhynchanthus (Benth.) Kuijt

Struthanthus interruptus (Kunth) G. Don

Lythraceae

Ammannia coccinea Rottb.
Cuphea aequipetala Cav.
Cuphea angustifolia Jacq. ex Koehne
Cuphea bustamanta Lex. *
Cuphea carthagenensis (Jacq.) J.F. Macbr.
Cuphea decandra Aiton
Cuphea ferrisiae Bacig.
Cuphea glossostoma Koehne *
Cuphea heterophylla Benth. *
Cuphea hookeriana Walp.
Cuphea hyssopifolia Kunth
Cuphea itzocanensis Koehne *
Cuphea jorullensis Kunth *
Cuphea koehneana Rose *
Cuphea laminuligera Koehne *
Cuphea lanceolata W.T. Aiton *
Cuphea leptopoda Hemsl.
Cuphea lobophora Koehne *
Cuphea lophostoma Koehne
Cuphea llavea Lex.
Cuphea micropetala Kunth *
Cuphea paucipetala S.A. Graham *
Cuphea procumbens Ortega *
Cuphea secundiflora Sessé & Moc. ex DC.
Cuphea toluicana Peyr.
Cuphea wrightii A. Gray
Heimia salicifolia Link
Lagerstroemia indica L. !
Lythrum ovalifolium (A. Gray) Koehne
Punica granatum L. !
Rotala ramosior (L.) Koehne

Magnoliaceae

Liriodendron tulipifera L.

Malpighiaceae

Bunchosia canescens (W.T. Aiton) DC. *
Bunchosia lindeniana A. Juss.

Bunchosia montana A. Juss.
Bunchosia palmeri S. Watson *
Byrsonima crassifolia (L.) Kunth
Callaeum coactum D.M. Johnson *
Echinopterys eglandulosa (A. Juss.) Small *
Galphimia glauca Cav.
Galphimia paniculata Bartl. *
Gaudichaudia albida Schltld. & Cham.
Gaudichaudia cycloptera (DC.) W.R. Anderson *
Gaudichaudia chasei W.R. Anderson *
Gaudichaudia mucronata (Moc. & Sessé ex DC.) A. Juss.
Heteropterys brachiata (L.) DC.
Heteropterys cotinifolia A. Juss. *
Heteropterys laurifolia (L.) A. Juss.
Lasiocarpus salicifolius Liebm. *
Malpighia ovata Rose *
Mascagnia gouania Small *
Mascagnia polybotrya (A. Juss.) Nied. *
Psychopterys dipholiphylla (Small) W.R. Anderson & S. Corso *
Tetrapteryx mexicana Hook. & Arn. *

Malvaceae

Abutilon haenkeanum C. Presl *
Abutilon simulans Rose *
Abutilon trisulcatum (Jacq.) Urb.
Alcea rosea L. !
Anoda acerifolia Cav.
Anoda albiflora Fryxell
Anoda cristata (L.) Schltld.
Anoda hintoniorum Fryxell *
Anoda paniculata Hochr.
Anoda thurberi A. Gray
Ayenia berlandieri S. Watson *
Ayenia glabra S. Watson
Ayenia jaliscana S. Watson
Ayenia magna L.
Ayenia micrantha Standl.
Ayenia neglecta Cristóbal *
Ayenia ovata Hemsl. *

Ayenia wrightii B.L. Rob.
Bastardia viscosa (L.) Kunth
Byttneria aculeata (Jacq.) Jacq.
Ceiba acuminata (S. Watson) Rose *
Ceiba aesculifolia (Kunth) Britten & Baker f. *
Ceiba pentandra (L.) Gaertn.
Dombeya wallichii (Lindl.) K. Schum. !
Fuertesimalva jacens (S. Watson) Fryxell
Fuertesimalva limensis (L.) Fryxell
Gaya minutiflora Rose
Gaya occidentalis (L.) Sweet
Gossypium hirsutum L. !
Gossypium trilobum (DC.) Skovsted *
Guazuma ulmifolia Lam.
Helicteres guazumifolia Kunth
Heliocarpus americanus L
Heliocarpus donnellsmithii Rose
Heliocarpus occidentalis Rose
Heliocarpus pallidus Rose *
Heliocarpus terebinthinaceus (DC.) Hochr.
Heliocarpus velutinus Rose *
Herissantia crispa (L.) Brizicky
Hibiscus jaliscensis Fryxell *
Hibiscus schizopetalus (Dyer) Hook. f. !
Hibiscus tiliaceus L.
Hibiscus zygomorphus Fryxell & S.D. Koch
Kearnemalvastrum subtriflorum (Lag.) D.M. Bates
Kosteletzkya depressa (L.) O.J. Blanch., Fryxell & D.M. Bates
Malachra alceifolia Jacq.
Malachra capitata (L.) L.
Malva parviflora L. !
Malvastrum americanum (L.) Torr.
Malvastrum bicuspidatum (S. Watson) Rose *
Malvastrum coromandelianum (L.) Garcke
Malvaviscus drummondii Torr. & A. Gray
Malvaviscus lanceolatus Rose
Malvaviscus penduliflorus DC.
Malvaviscus urticifolius (C. Presl) Fryxell
Melochia corymbosa (C. Presl) Meisn. ex Steud. *

Melochia nodiflora Sw.
Melochia nudiflora Standl. & L.O. Williams
Melochia pyramidata L.
Melochia tomentosa L.
Neobrittonia acerifolia (G. Don) Hochr.
Pavonia oxyphylla (DC.) Fryxell *
Periptera punicea (Lag.) DC.
Phymosia rosea (DC.) Kearney
Physodium adenodes (Goldberg) Fryxell
Pseudabutilon ellipticum (Schltdl.) Fryxell
Pseudabutilon scabrum (C. Presl) R.E. Fr.
Pseudobombax ellipticum (Kunth) Dugand
Pseudobombax palmeri (S. Watson) Dugand
Sida abutifolia Mill.
Sida barclayi Baker f.
Sida ciliaris L.
Sida cordifolia L.
Sida cuspidata (A. Robyns) Krapov.
Sida glabra Mill.
Sida haenkeana C. Presl
Sida jamaicensis L.
Sida jussiaeana DC.
Sida linifolia Cav.
Sida rhombifolia L.
Sida salviifolia C. Presl
Sida spinosa L.
Sida viarum A. St.-Hil.
Sphaeralcea angustifolia (Cav.) G. Don
Talipariti tiliaceum (L.) Fryxell
Tilia americana L.
Triumfetta columnaris Hochr. *
Triumfetta galeottiana Turcz.
Triumfetta lappula L.
Triumfetta semitriloba Jacq.
Triumfetta simplicifolia (Sessé & Moc.) Fryxell *
Waltheria indica L.
Waltheria pringlei Rose & Standl. *
Wissadula amplissima (L.) R.E. Fr.

Marantaceae

Maranta divaricata Roscoe

Thalia geniculata L.

Martyniaceae

Martynia annua L.

Proboscidea louisiana (Mill.) Thell.

Proboscidea triloba (Schltdl. & Cham.) Decne.

Melanthiaceae

Anticlea frigida (Schltdl. & Cham.) Zomlefer & Judd *

Schoenocaulon officinale (Schltdl. & Cham.) A. Gray ex Benth.

Schoenocaulon pringlei Greenm. *

Schoenocaulon tenue Baker *

Melastomataceae

Chaetogastra scabriuscula (Schltdl.) P.J.F. Guim. & Michelang.

Chaetogastra tortuosa (Bonpl.) DC. *

Miconia cornoides (Schltdl. & Cham.) Almeda

Miconia glaberrima (Schltdl.) Naudin

Monochaetum calcaratum (DC.) Triana *

Pleroma urvilleanum (DC.) P.J.F. Guim. & Michelang.

Meliaceae

Cedrela oaxacensis C. DC. & Rose *

Cedrela salvadorensis Standl.

Guarea glabra Vahl

Swietenia humilis L.

Swietenia macrophylla G. King

Trichilia americana (Sessé & Moc.) T.D. Penn.

Trichilia havanensis Jacq.

Trichilia hirta L.

Menispermaceae

Cocculus diversifolius DC.

Montiaceae

Claytonia perfoliata Donn ex Willd.

Moraceae

Dorstenia contrajerva L.
Dorstenia drakena L.
Ficus carica L. !
Ficus cotinifolia Kunth
Ficus crocata (Miq.) Miq.
Ficus elastica Roxb. Ex Hornem. !
Ficus insipida Willd.
Ficus maxima Mill.
Ficus membranacea C. Wright
Ficus pertusa L. f.
Ficus petiolaris Kunth *
Ficus pumila L. !
Ficus trigonata L.
Ficus velutina Humb. & Bonpl. ex Willd.
Morus celtidifolia Kunth
Trophis racemosa (L.) Urb.

Moringaceae

Moringa oleifera Lam. !

Muntingiaceae

Muntingia calabura L.

Myrtaceae

Acca sellowiana (O. Berg) Burret !
Eucalyptus camaldulensis Dehnh. !
Eugenia acapulcensis Steud.
Eugenia cantuana Lundell **
Eugenia capuli (Schltdl. & Cham.) Hook. & Arn.
Eugenia crenularis Lundell *
Eugenia mexicana Steud.
Eugenia pleurocarpa Standl.
Eugenia rekoii Standl.
Eugenia yautepecana Lundell *
Melaleuca leucadendra L. !
Pimenta dioica (L.) Merr. !
Psidium cattleianum Sabine !
Psidium guajava L.

Psidium sartorianum (O. Berg) Nied.

Syzygium jambos (L.) Alston !

Nyctaginaceae

Boerhavia coccinea Mill.

Boerhavia coulteri (Hook. f.) S. Watson

Boerhavia diffusa L. !

Boerhavia intermedia M.E. Jones

Boerhavia spicata Choisy

Boerhavia torreyana (S. Watson) Standl.

Bougainvillea glabra Choisy !

Commicarpus scandens (L.) Standl.

Guapira petenensis (Lundell) Lundell

Mirabilis gracilis (Standl.) Le Duc

Mirabilis longiflora L.

Mirabilis violacea (L.) Heimerl

Mirabilis viscosa Cav.

Okenia hypogaea Schtdl. & Cham.

Pisonia aculeata L.

Salpianthus purpurascens (Cav. ex Lag.) Hook. & Arn.

Nymphaeaceae

Nymphaea elegans Hook.

Nymphaea pulchella DC.

Oleaceae

Fraxinus purpusii Brandegee *

Fraxinus uhdei (Wenz.) Lingelsh.

Ligustrum lucidum Aiton !

Onagraceae

Epilobium ciliatum Raf.

Fuchsia arborescens Sims

Fuchsia cylindracea Lindl. *

Fuchsia encliandra Steud. *

Fuchsia microphylla Kunth

Fuchsia obconica Breedlove

Fuchsia thymifolia Kunth *

Gaura mutabilis Cav. *

Hauya elegans DC. *
Lopezia miniata Lag. ex DC.
Lopezia racemosa Cav.
Lopezia violacea Rose *
Ludwigia leptocarpa (Nutt.) H. Hara
Ludwigia octovalvis (Jacq.) P.H. Raven
Ludwigia palustris (L.) Elliot
Ludwigia peploides (Kunth) P.H. Raven
Oenothera deserticola (Loes.) Munz *
Oenothera grandis (Britton) Smyth
Oenothera hexandra (Ortega) W.L. Wagner & Hoch
Oenothera kunthiana (Spach) Munz
Oenothera pubescens Willd. ex Spreng.
Oenothera rosea L'Hér. ex Aiton
Oenothera suffrutescens (Ser.) W.L. Wagner & Hoch
Oenothera tubifera Seringe *

Opiliaceae

Agonandra racemosa (DC.) Standl.

Orchidaceae

Aulosepalum pyramidale (Lindl.) M.A. Dix & M.W. Dix
Aulosepalum tenuiflorum (Greenm.) Garay *
Barkeria obovata (Presl) Christenson
Beloglottis costaricensis (Rchb. f.) Schltr.
Bletia adenocarpa Rchb. f. *
Bletia amabilis C. Schweinf.
Bletia campanulata Lex.
Bletia coccinea Lex. *
Bletia gracilis Lodd.
Bletia greenmaniana L.O. Williams *
Bletia lilacina A. Rich. & Galeotti *
Bletia macrithmochila Greenm. *
Bletia neglecta Sosa *
Bletia parkinsonii Hook. *
Bletia punctata Lex. *
Bletia purpurata A. Rich. & Galeotti
Bletia purpurea (Lam.) DC.
Bletia reflexa Lindl.

Bulbophyllum nagelii L.O. Williams *
Bulbophyllum sordidum Lindl.
Clowesia thylaciochila (Lem.) Dodson *
Corallorhiza bulbosa A. Rich. & Galeotti *
Corallorhiza maculata (Raf.) Raf.
Corallorhiza odontorhiza (Willd.) Poir.
Corallorhiza striata Lindl.
Corallorhiza williamsii Correll
Cranichis subumbellata A. Rich. & Galeotti *
Cyclopogon saccatus (A. Rich. & Galeotti) Schltr. *
Cypripedium irapeanum Lex.
Cyrtopodium macrobulbon (Lex.) G.A. Romero-Gonzalez & Carnevali
Deiregyne albovaginata (C. Schweinf.) Garay *
Deiregyne densiflora (C. Schweinf.) Salazar & Soto Arenas *
Deiregyne eriophora (B.L. Rob. & Greenm.) Garay
Deiregyne rhombilabia Garay *
Dichaea squarrosa Lindl.
Dichromanthus aurantiacus (Lex.) Salazar & Soto Arenas
Dichromanthus cinnabarinus (Lex.) Garay
Dichromanthus michuacanus (Lex.) Salazar & Soto Arenas
Encyclia adenocarpa (Lex.) Schltr.
Encyclia meliosma (Rchb. f.) Schltr. *
Encyclia microbulbon (Hook.) Schltr. *
Encyclia spatella (Rchb. f.) Schltr. *
Epidendrum anisatum Lex. *
Epidendrum ciliare L.
Epidendrum clowesii Bateman ex Lindl.
Epidendrum galeottianum A. Rich. & Galeotti
Epidendrum magnoliae Muhl.
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
Galeottiella sarcoglossa (A. Rich. & Galeotti) Schltr.

Goodyera striata Rchb. f.
Govenia capitata Lindl. *
Govenia lagenophora Lindl.
Govenia purpusii Schltr.
Guarianthe aurantiaca (Bateman ex Lindl.) Dressler & W.E. Higgins
Habenaria alata Hook.
Habenaria clypeata Lindl.
Habenaria crassicornis Lindl.
Habenaria guadalajarana S. Watson
Habenaria novemfida Lindl.
Habenaria oreophila Greenm. *
Habenaria quinqueseta (Michx.) Eaton
Habenaria repens Nutt.
Habenaria rosulifolia Espejo & López-Ferrari *
Habenaria rzedowskiana R. González
Habenaria schaffneri S. Watson
Habenaria trifida Kunth
Hexalectris brevicaulis L.O. Williams *
Hintonella mexicana Ames *
Isochilus bracteatus (Lex.) Salazar & Soto Arenas ex Espejo & López-Ferrari *
Isochilus carnosiflorus Lindl.
Kionophyton sawyeri (Standl. & L.O. Williams) Garay *
Laelia autumnalis (Lex.) Lindl. *
Leochilus carinatus (Knowles & Westc.) Lindl.
Lepanthes nagelii Salazar & Soto Arenas *
Liparis cordiformis C. Schweinf.
Liparis greenwoodiana Espejo *
Liparis vexillifera (Lex.) Cogn.
Malaxis abieticola Salazar & Soto Arenas
Malaxis brachystachys (Rchb. f.) Kuntze
Malaxis carnosa (Kunth) C. Schweinf.
Malaxis elliptica A. Rich. & Galeotti
Malaxis fastigiata (Rchb. f.) Kuntze
Malaxis lepidota (Finet) Ames
Malaxis lyonnetii Salazar *
Malaxis maianthemifolia Schldl. & Cham.
Malaxis myurus (Lindl.) Kuntze *
Malaxis ochreatea (S. Watson) Ames *
Malaxis rosei Ames *

Malaxis rosilloi R. González & E.W. Greenw. *
Malaxis soulei L.O. Williams
Malaxis streptopetala (B.L. Rob. & Greenm.) Ames *
Malaxis tepicana Ames
Malaxis unifolia Michx.
Malaxis urbana E.W. Greenw. *
Maxillaria houtteana Rchb. f.
Maxillaria lezarzana Soto Arenas & F. Chiang *
Mesadenus lucayanus (Britton) Schltr.
Mesadenus polyanthus (Rchb. f.) Schltr.
Mesadenus tenuissimus (L.O. Williams) Garay *
Microthelys nutantiflora (Schltr.) Garay !
Nemaconia dressleriana (Soto Arenas) van den Berg, Salazar & Soto Arenas *
Nemaconia pellita (Rchb. f.) Van den Berg, Salazar & Soto Arenas
Oestlundia ligulata (Lex.) Soto Arenas *
Oncidium brachyandrum Lindl.
Oncidium geertianum C. Morren
Oncidium microstigma Rchb. f. *
Oncidium reflexum Lindl.
Oncidium reichenheimii (Linden & Rchb. f.) Garay & Stacy
Oncidium suave Lindl. *
Oncidium unguiculatum Lindl. *
Physogyne sparsiflora (C. Schweinf.) Garay *
Platanthera brevifolia (Greene) Kraenzl.
Platanthera limosa Lindl.
Polystachya mcvaughiana Soto Arenas
Ponthieva brittoniae Ames
Ponthieva ephippium Rchb. f.
Prosthechea calamaria (Lindl.) W.E. Higgins !
Prosthechea concolor (Lex.) W.E. Higgins *
Prosthechea michuacana (Lex.) W.E. Higgins
Prosthechea pringlei (Rolfe) 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
Rhynchostele stellata (Lindl.) Soto Arenas & Salazar

Sacoila lanceolata (Aubl.) Garay
Sarcoglottis assurgens (Rchb. f.) Schltr.
Sarcoglottis sceptrodes (Rchb. f.) Schltr.
Sarcoglottis schaffneri (Rchb. f.) Ames
Schiedeella affinis (C. Schweinf.) Salazar *
Schiedeella llaveana (Lindl.) Schltr.
Specklinia emarginata Lindl.
Spiranthes graminea Lindl.
Stanhopea hernandezii (Kunth) Schltr. *
Stelis nigriflora (L.O. Williams) Pridgeon & M.W. Chase *
Stelis oestlundiana (L.O. Williams) Pridgeon & M.W. Chase *
Stelis retusa (Lex.) Pridgeon & M.W. Chase *
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.
Xylobium elongatum (Lindl. & Paxton) Hemsl.

Orobanchaceae

Agalinis peduncularis (Benth.) Pennell
Buchnera pusilla Kunth
Castilleja arvensis Schlttdl. & Cham.
Castilleja aurea B.L. Rob. & Greenm. *
Castilleja gracilis Benth. *
Castilleja lithospermoides Kunth *
Castilleja moranensis Kunth *
Castilleja nervata Eastw.
Castilleja scorzonerifolia Kunth *
Castilleja stipifolia G.L. Nesom
Castilleja tenuiflora Benth.
Castilleja tenuifolia M. Martens & Galeotti *
Conopholis alpina Liebm.
Escobedia grandiflora (L. f.) Kuntze
Escobedia longiflora Pennell
Lamourouxia dasyantha (Cham. & Schlttdl.) W.R. Ernst
Lamourouxia gracilis B.L. Rob. & Greenm. *
Lamourouxia multifida Kunth
Lamourouxia nelsonii B.L. Rob. & Greenm. *

Lamourouxia rhinanthifolia Kunth *
Lamourouxia viscosa Kunth
Lamourouxia xalapensis Kunth
Melasma physalodes (D. Don) Melch.
Pedicularis mexicana Zucc. ex Benth. *
Silviella prostrata (Kunth) Pennell

Oxalidaceae

Oxalis alpina (Rose) Knuth
Oxalis bipartita Rose *
Oxalis decaphylla Kunth
Oxalis divergens Benth. ex Lindl.
Oxalis gregaria (Rose) Knuth *
Oxalis hernandezii DC. *
Oxalis jacquiniana Kunth
Oxalis latifolia Kunth
Oxalis stricta L.
Oxalis tetraphylla Cav.

Papaveraceae

Argemone mexicana L.
Argemone ochroleuca Sweet *
Argemone platyceras Link & Otto
Bocconia arborea S. Watson
Bocconia gracilis Hutch.
Bocconia integrifolia Bonpl.

Passifloraceae

Passiflora arida (Mast. & Rose) Killip
Passiflora biflora Lam.
Passiflora bryonioides Kunth
Passiflora exsudans Zucc. *
Passiflora mexicana Juss.
Passiflora pavonis Mast.
Passiflora pilosa Ruiz & Pav. ex DC.
Passiflora sicyoides Schltld. & Cham.
Passiflora suberosa L.
Passiflora subpeltata Ortega
Passiflora tarminiana Coppens & V.E. Barney

Passiflora tripartita (Juss.) Poir. !

Turnera callosa Urb. *

Turnera ulmifolia L.

Pentaphragaceae

Cleyera integrifolia (Benth.) Choisy *

Ternstroemia lineata DC. *

Ternstroemia sylvatica Schltld. & Cham.

Phrymaceae

Erythranthe glabrata (Kunth) G.L. Nesom

Erythranthe guttata (Fisch. ex DC.) G.L. Nesom

Erythranthe rupestris (Greene) G.L. Nesom & N.S. Fraga *

Phytolaccaceae

Nowickeia glabra J. Martínez & J.A. McDonald **

Petiveria alliacea L.

Phytolacca americana L.

Phytolacca icosandra L.

Phytolacca rugosa A. Braun & C.D. Bouché

Rivina humilis L.

Stegnosperma scandens (Lunan) Standl.

Trichostigma octandrum (L.) H. Walter

Picramniaceae

Alvaradoa amorphoides Liebm.

Picramnia antidesma Sw.

Piperaceae

Peperomia bracteata A.W. Hill

Peperomia deppeana Schltld. & Cham.

Peperomia galioides Kunth

Peperomia hispidula (Sw.) A. Dietr.

Peperomia pellucida (L.) Kunth

Peperomia tetraphylla Hook & Arn.

Peperomia tuerckheimii C. DC. ex Donn. Sm.

Piper aduncum L.

Piper amalago L.

Piper auritum Kunth

Piper bourgeaui C. DC. **
Piper eriopodon (Miq.) C. DC. !
Piper hispidum Sw.
Piper leucophyllum (Miq.) C. DC. *
Piper montanum C. DC. !
Piper peltatum L.
Piper pseudoasperifolium C. DC.
Piper pseudolindenii C. DC.
Piper sanctum (Miq.) Schltl. ex C. DC.
Piper umbellatum L.
Piper unguiculatum Ruiz & Pav.
Piper verbascifolium (Miq.) C. DC.
Piper villiramulum C. DC.

Pittosporaceae

Pittosporum undulatum Vent. !

Plantaginaceae

Bacopa monnieri (L.) Wettst.
Bacopa rotundifolia (Michx.) Wettst.
Cymbalaria muralis P. Gaertn., B. Mey. & Scherb. !
Gratiola oresbia B.L. Rob. !
Maurandya antirrhiniflora Humb. & Bonpl. ex Willd.
Maurandya erubescens (D. Don) A. Gray
Maurandya scandens (Cav.) Pers.
Mecardonia procumbens (Mill.) Small
Penstemon campanulatus (Cav.) Willd.
Penstemon hartwegii Benth.
Penstemon imberbis (Kunth) Trautv. *
Penstemon isophyllus B.L. Rob.
Penstemon miniatus Lindl. *
Penstemon roseus (Sweet) G. Don *
Plantago australis Lam.
Plantago linearis Kunth
Plantago major L. !
Russelia coccinea (L.) Wettst.
Russelia cuneata B.L. Rob. *
Russelia jaliscensis B.L. Rob. *
Russelia polyedra Zucc. *

Russelia retrorsa Greene *
Russelia rotundifolia Cav.
Russelia sarmentosa Jacq.
Russelia ternifolia Kunth
Russelia verticillata Kunth
Russelia villosa Lundell *
Scoparia dulcis L.
Schistophragma pusillum Benth.
Sibthorpia rotundifolia (Ruiz & Pav.) Edwin
Stemodia durantifolia (L.) Sw.
Stemodia jorullensis Kunth
Stemodia palmeri A. Gray *
Veronica americana (Raf.) Schwein. ex Benth.
Veronica peregrina L.
Veronica persica Poir.
Veronica polita R.E. Fr. !

Plumbaginaceae

Limonium sinuatum (L.) Mill.
Plumbago auriculata Lam. !
Plumbago pulchella Boiss. *
Plumbago zeylanica L. !

Poaceae

Agrostis bourgeaei E. Fourn. *
Agrostis ghiesbreghtii E. Fourn.
Agrostis perennans (Walter) Tuck.
Agrostis subrepens (Hitchc.) Hitchc.
Agrostis toluensis Kunth
Andropogon glomeratus (Walter) Britton, Stearn & Pogg.
Anthephora hermaphrodita (L.) Kuntze
Anthoxanthum mexicanum (Rupr. ex E. Fourn.) Mez *
Aristida adscensionis L.
Aristida appressa Vasey
Aristida jorullensis Kunth
Aristida laxa Cav.
Aristida schiedeana Trin. & Rupr.
Aristida ternipes Cav.
Arundinella berteroniana (Schult.) Hitchc. & Chase

Arundinella deppeana Nees ex Steud.
Arundinella hispida (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Kuntze
Arundo donax L. !
Avena fatua L. !
Avena sativa L. !
Bambusa vulgaris Schrad. ex J.C. Wendl. !
Bothriochloa alta (Hitchc.) Henrard
Bothriochloa barbinodis (Lag.) Herter
Bothriochloa hirtifolia (J. Presl) Henrard
Bothriochloa ischaemum (L.) Keng !
Bothriochloa laguroides (DC.) Herter
Bouteloua barbata Lag.
Bouteloua curtipendula (Michx.) Torr.
Bouteloua dactyloides (Nutt.) J.T. Columbus
Bouteloua dimorpha J.T. Columbus
Bouteloua disticha (Kunth) Benth.
Bouteloua erecta (Vasey & Hack.) J.T. Columbus
Bouteloua griffithsii J.T. Columbus *
Bouteloua hirsuta Lag.
Bouteloua media (E. Fourn.) Gould & Kapadia
Bouteloua multifida (Griffiths) J.T. Columbus *
Bouteloua polymorpha (E. Fourn.) J.T. Columbus *
Bouteloua repens (Kunth) Scribn. & Merr.
Bouteloua triaena (Trin. ex Spreng.) Scribn.
Bouteloua varia (Swallen) J.T. Columbus
Brachypodium mexicanum (Roem. & Schult.) Link
Briza minor L. !
Bromus arizonicus (Shear) Stebbins
Bromus catharticus Vahl !
Bromus diandrus Roth !
Bromus dolichocarpus Wagnon
Bromus exaltatus Bernh.
Bromus lanatipes (Shear) Rydb.
Bromus marginatus Nees ex Steud.
Calamagrostis orizabae (Rupr. ex E. Fourn.) Beal *
Calamagrostis toluensis (Kunth) Trin. ex Steud.
Cenchrus brownii Roem. & Schult. !
Cenchrus ciliaris L. !
Cenchrus clandestinus (Hochst. ex Chiov.) Morrone

Cenchrus echinatus L.
Cenchrus longisetus M.C. Johnst.
Cenchrus pilosus Kunth
Cenchrus polystachios (L.) Morrone
Cenchrus purpureus (Schumach.) Morrone
Cenchrus spinifex Cav.
Cinna poiformis (Kunth) Scribn. & Merr.
Coix lacryma-jobi L. !
Cymbopogon citratus (DC.) Stapf !
Cynodon nlemfuensis Vanderyst !
Chaetium bromoides (J. Presl) Benth. ex Hemsl.
Chloris gayana Kunth !
Chloris radiata (L.) Sw.
Chloris rufescens Lag.
Chloris virgata Sw.
Dactyloctenium aegyptium (L.) Willd. !
Deschampsia elongata (Hook.) Munro
Dichanthelium commutatum (Schult.) Gould
Diectomis fastigiata (Sw.) P. Beauv.
Digitaria argillacea (Hitchc. & Chase) Fernald
Digitaria badia (Scribn. & Merr.) Fernald *
Digitaria bicornis (Lam.) Roem. & Schult. !
Digitaria ciliaris (Retz.) Koeler
Digitaria horizontalis Willd.
Digitaria insularis (L.) Mex ex Ekman
Digitaria leucites (Trin.) Henrard
Digitaria milaniana (Rendle) Stapf !
Digitaria nuda Schumach. !
Digitaria obtusa Swallen
Digitaria sanguinalis (L.) Scop. !
Digitaria ternata (Hochst. ex A. Rich.) Stapf !
Digitaria velutina (Forssk.) P. Beauv. !
Dinebra aquatica (Scribn. & Merr.) P.M. Peterson & N. Snow
Dinebra panicea (Retz.) P.M. Peterson & N. Snow
Dinebra panicoides (J. Presl) P.M. Peterson & N. Snow
Diplachne fusca (L.) Kunth
Disakisperma dubium (Kunth) P.M. Peterson & N. Snow
Distichlis spicata (L.) Greene
Echinochloa colona (L.) Link

Echinochloa crus-galli (L.) P. Beauv. !
Echinochloa holciformis (Kunth) Chase
Echinochloa oplismenoides (E. Fourn.) Hitchc.
Eleusine indica (L.) Gaertn. !
Eleusine multiflora Hochst. ex A. Rich. !
Elionurus ciliaris Kunth
Elymus elymoides (Raf.) Swezey
Elymus x pseudorepens (Scribn. & J.G. Sm.) Barkworht & D.R. Dewey
Eragrostis cilianensis (All.) Vignolo ex Janch. !
Eragrostis ciliaris (L.) R. Br.
Eragrostis hirta E. Fourn.
Eragrostis japonica (Thunb.) Trin.
Eragrostis mexicana (Hornem.) Link
Eragrostis pectinacea (Michx.) Nees
Eragrostis pilosa (L.) P. Beauv. !
Eriochloa acuminata (J. Presl) Kunth
Eriochloa aristata Vasey
Eriochloa nelsonii Scribn. & J.G. Sm.
Eriochloa punctata (L.) Desv. ex Ham.
Euclasta condylotricha (Hochst. ex Steud.) Stapf !
Festuca breviglumis Swallen
Festuca lugens (E. Fourn.) Hitchc. ex Hern.-Xol.
Festuca orizabensis E.B. Alexeev *
Festuca pringlei St.-Yves
Festuca rosei Piper
Festuca tolucensis Kunth
Glyceria striata (Lam.) Hitchc.
Gouinia virgata (J. Presl) Scribn. *
Guadua angustifolia Kunth
Guadua longifolia (E. Fourn.) R.W. Pohl
Hemarthria altissima (Poir.) Stapf & C.E. Hubb. !
Heteropogon contortus (L.) P. Beauv. ex Roem. & Schult.
Heteropogon melanocarpus (Elliott) Benth.
Hilaria belangeri (Steud.) Nash
Hopia obtusa (Kunth) Zuloaga & Morrone
Hordeum vulgare L. !
Hyparrhenia rufa (Nees) Stapf !
Hyperthelia dissoluta (Nees ex Steud.) Clayton !
Ichnanthus pallens (Sw.) Munro ex Benth.

Ixophorus unisetus (J. Presl) Schltldl.
Jarava ichu Ruiz & Pav.
Lasiacis divaricata (L.) Hitchc.
Lasiacis grisebachii (Nash) Hitchc.
Lasiacis nigra Davidse
Lasiacis procerrima (Hack.) Hitchc.
Lasiacis ruscifolia (Kunth) Hitchc.
Leersia hexandra Sw.
Leptochloa virgata (L.) P. Beauv.
Megathyrus maximus (Jacq.) B.K. Simon & S.W.L. Jacobs !
Melinis minutiflora P. Beauv. !
Melinis repens (Willd.) Zizka !
Microchloa kunthii Desv.
Mnesithea granularis (L.) de Koning & Sosef !
Morronea trichidiachnis (Döll) Zuloaga & Scataglini
Muhlenbergia alamosae Vasey *
Muhlenbergia capillaris (Lam.) Trin.
Muhlenbergia cenchroides (Humb. & Bonpl. ex Willd.) P.M. Peterson
Muhlenbergia ciliata (Kunth) Trin.
Muhlenbergia diversiglumis Trin.
Muhlenbergia dubia E. Fourn.
Muhlenbergia emersleyi Vasey
Muhlenbergia implicata (Kunth) Trin.
Muhlenbergia macroura (Kunth) Hitchc.
Muhlenbergia microsperma (DC.) Kunth
Muhlenbergia minutissima (Steud.) Swallen
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) J.T. Columbus
Muhlenbergia plumiseta J.T. Columbus
Muhlenbergia quadridentata (Kunth) Trin.
Muhlenbergia ramulosa (Kunth) Swallen
Muhlenbergia repens (J. Presl) Hitchc.
Muhlenbergia rigida (Kunth) Kunth
Muhlenbergia robusta (E. Fourn.) Hitchc.
Muhlenbergia tenella (Kunth) Trin.

Muhlenbergia unisetata (Lag.) J.T. Columbus
Muhlenbergia utilis (Torr.) Hitchc.
Muhlenbergia versicolor Swallen
Muhlenbergia virletii (E. Fourn.) Soderstr.
Nassella mucronata (Kunth) R.W. Pohl
Oplismenus burmannii (Retz.) P. Beauv.
Oplismenus compositus (L.) P. Beauv.
Oplismenus hirtellus (L.) P. Beauv.
Oryza latifolia Desv. !
Otatea acuminata (Munro) C.E. Calderón & Soderstr. *
Panicum alatum Zuloaga & Morrone
Panicum lepidulum Hitchc. & Chase
Panicum parcum Hitchc. & Chase
Panicum stramineum Hitchc. & Chase
Panicum trichoides Sw.
Paspalidium geminatum (Forssk.) Stapf
Paspalum arsenei Chase *
Paspalum botterii (E. Fourn.) Chase
Paspalum candidum (Humb. & Bonpl. ex Flüggé) Kunth
Paspalum conjugatum P.J. Bergius
Paspalum conspersum Schrad.
Paspalum convexum Humb. & Bonpl. ex Flüggé
Paspalum denticulatum Trin.
Paspalum distichum L.
Paspalum hartwegianum E. Fourn.
Paspalum humboldtianum Flüggé
Paspalum lentiginosum J. Presl
Paspalum longicuspe Nash *
Paspalum notatum Alain ex Flüggé
Paspalum palmeri Chase *
Paspalum paniculatum L.
Paspalum plenum Chase
Paspalum plicatulum Michx.
Paspalum prostratum Scribn. & Merr.
Paspalum pubiflorum Rupr. ex Fourn.
Paspalum pygmaeum Hack.
Paspalum repens P.J. Bergius
Paspalum squamulatum E. Fourn.
Paspalum tenellum Willd.

Paspalum tinctum Chase
Paspalum unispicatum (Scribn. & Merr.) Nash
Paspalum variable (E. Fourn.) Nash
Paspalum virgatum L.
Peyritschia deyeuxioides (Kunth) Finot
Peyritschia koelerioides (Peyr.) E. Fourn. *
Phalaris canariensis L. !
Phalaris minor Retz.
Phragmites australis (Cav.) Trin. ex Steud. !
Piptochaetium fimbriatum (Kunth) Hitchc.
Piptochaetium seleri (Pilg.) Henrard
Piptochaetium virescens (Kunth) Parodi
Poa bigelovii Vasey & Scribn. !
Poa pratensis L. !
Poa scaberula Hook. f.
Polypogon elongatus Kunth
Polypogon viridis (Gouan) Breistr. !
Rottboellia cochinchinensis (Lour.) Clayton !
Schedonorus arundinaceus (Schreb.) Dumort. !
Schizachyrium brevifolium (Sw.) Nees ex Büse
Schizachyrium cirratum (Hack.) Wooton & Standl.
Schizachyrium mexicanum (Hitchc.) A. Camus *
Schizachyrium sanguineum (Retz.) Alston
Schizachyrium scoparium (Michx.) Nash
Schizachyrium semitectum (Swallen) Reeder
Setaria grisebachii E. Fourn.
Setaria liebmannii E. Fourn.
Setaria macrostachya Kunth
Setaria parviflora (Poir.) Kerguélen
Setaria pumila (Poir.) Roem. & Schult. !
Setaria tenax (Rich.) Desv.
Setaria vulpiseta (Lam.) Roem. & Schult.
Setariopsis auriculata (E. Fourn.) Scribn.
Setariopsis latiglumis (Vasey) Scribn. *
Sorghastrum incompletum (J. Presl) Nash
Sorghastrum nudipes Nash *
Sorghastrum nutans (L.) Nash
Sorghum bicolor (L.) Moench !
Sorghum halepense (L.) Pers. !

Sporobolus indicus (L.) R. Br.
Sporobolus trichodes Hitchc. *
Steinchisma cupreum (Hitchc. & Chase) W.V. Br. *
Stenotaphrum secundatum (Walter) Kuntze
Tetrapogon chlorideus (J. Presl) P.M. Peterson
Themeda quadrivalvis (L.) Kuntze !
Trachypogon spicatus (L. f.) Kuntze
Trinichloa micrantha (Scribn.) Hitchc. *
Trinichloa stipoides (Kunth) Hitchc.
Tripsacum dactyloides (L.) L.
Tripsacum lanceolatum Rupr. ex E. Fourn.
Tripsacum latifolium Hitchc.
Tripsacum pilosum Scribn. & Merr.
Tripsacum zopilotense Hern.-Xol. & Randolph
Trisetum irazuense (Kuntze) Hitchc.
Trisetum virletii E. Fourn. *
Urochloa arizonica (Scribn. & Merr.) Morrone & Zuloaga
Urochloa brizantha (Hochst. ex A. Rich.) R.D. Webster !
Urochloa discifera (E. Fourn.) Morrone & Zuloaga *
Urochloa fusca (Sw.) B.F. Hansen & Wunderlin
Urochloa meziana (Hitchc.) Morrone & Zuloaga *
Urochloa mollis (Sw.) Morrone & Zuloaga
Urochloa mutica (Forssk.) T.Q. Nguyen !
Urochloa panicoides P. Beauv. !
Urochloa plantaginea (Link) R.D. Webster !
Urochloa reptans (L.) Stapf !
Vulpia bromoides (L.) Gray !
Zea mays L.
Zea perennis (Hitchc.) Reeves & Mangelsd.
Zeugites americanus Willd.
Zeugites smilacifolius Scribn. *
Zuloagaea bulbosa (Kunth) Bess

Podostemaceae

Marathrum foeniculaceum Bonpl.
Marathrum tenue Liebm.
Noveloa coulteriana (Tul.) C.T. Philbrick *
Tristicha trifaria (Bory ex Willd.) Spreng.

Polemoniaceae

- Bonplandia geminiflora* Cav.
Loeselia caerulea (Cav.) G. Don
Loeselia mexicana (Lam.) Brand
Loeselia pumila (M. Martens & Galeotti) Walp.
Loeselia ramosissima (M. Martens & Galeotti) Walp.
Polemonium grandiflorum Benth.
Polemonium mexicanum Cerv. ex Lag. *

Polygalaceae

- Hebecarpa rivinifolia* (Kunth) J.R. Abbott & J.F.B. Pastore *
Hebecarpa tehuacana (Brandege) J.R. Abbott & J.F.B. Pastore
Monnina ciliolata DC. *
Monnina xalapensis Kunth
Polygala annectens S.F. Blake !
Polygala appressipilis S.F. Blake *
Polygala berlandieri S. Watson
Polygala brachysepala S.F. Blake *
Polygala brachytropis S.F. Blake *
Polygala compacta Rose *
Polygala floribunda Benth.
Polygala glochidiata Kunth
Polygala gracillima S. Watson
Polygala russelliana S.F. Blake *
Rhinotropis nitida (Brandege) J.R. Abbott

Polygonaceae

- Antigonon flavescens* S. Watson
Antigonon leptopus Hook. & Arn.
Homalocladium platycladum (F.J. Müll.) L.H. Bailey
Muehlenbeckia tamnifolia (Kunth) Meisn.
Persicaria amphibia (L.) Gray
Persicaria hispida (Kunth) M. Gómez
Persicaria hydropiperoides (Michx.) Small
Persicaria lapathifolia (L.) Gray !
Persicaria punctata (Elliott) Small
Persicaria segetum (Kunth) Small
Polygonum acuminatum Kunth
Polygonum aviculare L. !

Rumex acetosella L. !
Rumex crispus L. !
Rumex obtusifolius L. !
Ruprechtia fusca Fernald *
Ruprechtia pallida Standl.

Pontederiaceae

Eichhornia crassipes (C. Mart.) Solms !
Heteranthera limosa (Sw.) Willd.
Heteranthera peduncularis Benth.
Heteranthera reniformis Ruiz & Pav.
Heteranthera rotundifolia (Kunth) Griseb.

Portulacaceae

Portulaca halimoides L.
Portulaca oleracea L.
Portulaca pilosa L.
Portulaca rzedowskiana G. Ocampo

Potamogetonaceae

Potamogeton crispus L. !
Potamogeton foliosus Raf.
Potamogeton illinoensis Morong
Potamogeton nodosus Poir.
Potamogeton praelongus Wulfen
Potamogeton pusillus L.
Stuckenia pectinata (L.) Börner
Stuckenia striata (Ruiz & Pav.) Holub
Zannichellia palustris L.

Primulaceae

Ardisia mexicana Lundell
Ardisia revoluta Kunth
Bonellia macrocarpa (Cav.) B. Ståhl & Källersjö *
Bonellia pringlei (Bartlett) B. Ståhl & Källersjö
Lysimachia arvensis (L.) U. Manns & Anderb. !
Myrsine coriacea (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult.
Myrsine juergensenii (Mez) Ricketson & Pipoly
Parathesis cubana (A. DC.) Molinet & M. Gómez

Samolus ebracteatus Kunth

Ranunculaceae

Clematis dioica L.

Clematis grossa Benth.

Clematis pitcheri Torr. & A. Gray

Delphinium bicornutum Hemsl. *

Delphinium pedatisectum Hemsl. *

Delphinium subscandens Ewan

Ranunculus aquatilis L.

Ranunculus dichotomus Moc. & Sessé ex DC.

Ranunculus fasciculatus Sessé & Moc.

Ranunculus forreri Greene

Ranunculus hydrocharoides A. Gray

Ranunculus macranthus Scheele

Ranunculus pueblensis W.B. Drew

Ranunculus sierrae-orientalis (L. Benson) G.L. Nesom

Thalictrum cuernavacatum Rose *

Thalictrum gibbosum Lecoy. *

Thalictrum grandifolium S. Watson *

Thalictrum guatemalense C. DC. & Rose *

Thalictrum hernandezii Tausch

Thalictrum pringlei S. Watson

Thalictrum pubigerum Benth. *

Thalictrum roseanum B. Boivin

Thalictrum strigillosum Hemsl. *

Resedaceae

Reseda luteola L. !

Rhamnaceae

Ceanothus caeruleus Lag.

Ceanothus lanuginosus (M.E. Jones) Rose

Colubrina greggii S. Watson

Colubrina macrocarpa (Cav.) G. Don *

Colubrina triflora Brongn. ex G. Don

Condalia mexicana Schltld.

Condalia velutina I.M. Johnst.

Frangula hintonii (M.C. Johnst. & L.A. Johnst.) A. Pool *

Frangula mucronata (Schltdl.) Grubov
Gouania lupuloides (L.) Urb.
Karwinskia humboldtiana (Schult.) Zucc.
Karwinskia umbellata (Cav.) Schltdl. *
Sarcomphalus amole (Sessé & Moc.) Hauenschild *
Ventia serrata (Schult.) Hauenschild

Rosaceae

Acaena elongata L.
Crataegus gracilior J.B. Phipps *
Crataegus mexicana DC.
Cydonia oblonga Mill. !
Eriobotrya japonica (Thunb.) Lindl. !
Fragaria vesca L. *
Holodiscus argenteus (L. f.) Maxim.
Lachemilla aphanoides (Mutis ex L. f.) Rothm.
Lachemilla orbiculata (Ruiz & Pav.) Rydb.
Lachemilla procumbens (Rose) Rydb.
Lachemilla siboldiifolia (Kunth) Rydb.
Malus pumila Mill. !
Potentilla candicans Humb. & Bonpl. ex Nestl. *
Potentilla ranunculoides Kunth. *
Prunus brachybotrya Zucc.
Prunus cortapico Kerber ex Koehne
Prunus ochoterena Ramírez-Cant. **
Prunus persica (L.) Batsch !
Prunus serotina Ehrh.
Pyracantha koidzumii Rehd. !
Pyrus communis L. !
Rosa centifolia L. !
Rubus adenotrichos Schltdl.
Rubus coriifolius Liebm.
Rubus cymosus Rydb.
Rubus irasuensis Liebm.
Rubus liebmannii Focke *
Rubus miser Liebm.
Rubus pringlei Rydb.
Rubus pumilus Focke *
Rubus sapidus Schltdl.

Rubus schiedeanus Steud.
Rubus urticifolius Poir.
Spiraea cantoniensis Lour. !

Rubiaceae

Bouvardia cordifolia DC. *
Bouvardia laevis M. Martens & Galeotti
Bouvardia multiflora (Cav.) Schult. & Schult. f.
Bouvardia obovata Kunth *
Bouvardia ternifolia (Cav.) Schltdl.
Bouvardia viminalis Schltdl.
Cephalanthus salicifolius Bonpl.
Coffea arabica L. !
Crusea calocephala DC.
Crusea coccinea DC.
Crusea diversifolia (Kunth) W.R. Anderson
Crusea hispida (Mill.) B.L. Rob.
Crusea longiflora (Willd. ex Roem. & Schult.) W.R. Anderson
Crusea psyllioides (Kunth) W.R. Anderson *
Crusea setosa (M. Martens & Galeotti) Standl. & Steyerm.
Chiococca alba (L.) Hitchc.
Chione venosa (Sw.) Urb.
Didymaea alsinoides (Schltdl. & Cham.) Standl.
Didymaea floribunda Rzed. *
Didymaea mexicana Hook. f.
Exostema caribaeum (Jacq.) Roem. & Schult.
Galium aschenbornii S. Schauer
Galium mexicanum Kunth
Galium seatonii Greenm.
Galium trifidum L.
Galium uncinulatum DC.
Hamelia rovirosae Wernham
Hamelia versicolor A. Gray *
Hedyotis wrightii (A. Gray) Fosberg
Hintonia latiflora (Sessé & Moc. ex DC.) Bullock
Hoffmannia cuneatissima B.L. Rob. *
Mitracarpus breviflorus A. Gray
Mitracarpus hirtus (L.) DC.
Mitracarpus linearifolius A. Rich.

Mitracarpus linearis Benth.
Paederia ciliata (Bartl. ex DC.) Standl. *
Palicourea tetragona (Donn. Sm.) C.M. Taylor & Lorence
Psychotria erythrocarpa Schltdl.
Randia canescens Greenm. *
Randia capitata DC.
Randia cinerea (Fernald) Standl. *
Randia echinocarpa Sessé & Moc. ex DC.
Randia tetracantha (Cav.) DC. *
Randia tomatillo Loes.
Spermacoce confusa Rendle
Spermacoce ocymoides Burm. f.
Spermacoce remota Lam.
Spermacoce tenuior L.

Ruppiaceae

Ruppia maritima L.

Rutaceae

Casimiroa edulis La Llave & Lex.
Casimiroa sapota Oerst.
Citrus aurantifolia (Christm.) Swingle !
Citrus maxima (Burm.) Merr. !
Citrus medica L. !
Esenbeckia vazquezii Ramos & E. Martínez **
Murraya paniculata (L.) Jack !
Ptelea trifoliata L.
Ruta chalepensis L. !
Zanthoxylum arborescens Rose *
Zanthoxylum fagara (L.) Sarg.
Zanthoxylum limoncello Planch. & Oerst.

Sabiaceae

Meliosma dentata (Liebm.) Urb.

Salicaceae

Neopringlea integrifolia (Hemsl.) S. Watson *
Neopringlea viscosa (Liebm.) Rose
Prockia crucis P. Browne ex L.

Salix bonplandiana Kunth
Salix cana M. Martens & Galeotti *
Salix exilifolia Dorn
Salix hartwegii Benth. *
Salix humboldtiana Willd.
Salix lasiolepis Benth.
Salix mexicana Seemen
Salix paradoxa Kunth *
Xylosma flexuosa (Kunth) Hemsl.

Santalaceae

Arceuthobium globosum Hawksw. & Wiens
Phoradendron brachystachyum (DC.) Nutt.
Phoradendron carneum Urb. *
Phoradendron falcifer Kuijt
Phoradendron palmeri Greenm.
Phoradendron quadrangulare (Kunth) Griseb.
Phoradendron reichenbachianum (Seem.) Oliv.
Phoradendron robinsonii Urb.
Phoradendron velutinum (DC.) Oliv.
Phoradendron wattii Krug & Urb.

Sapindaceae

Allophylus cominia (L.) Sw.
Cardiospermum halicacabum L.
Dodonaea viscosa (L.) Jacq.
Sapindus saponaria L.
Serjania brachycarpa A. Gray ex Raldk.
Serjania cardiospermoides Schltdl. & Cham.
Serjania lobulata Standl. & Steyerm.
Serjania mexicana (L.) Willd.
Serjania racemosa Schumach.
Serjania schiedeana Schltdl. *
Serjania trifoliolata Radlk. *
Serjania triquetra Radlk.
Thouinia villosa DC. *
Urvillea ulmacea Kunth

Sapotaceae

- Chrysophyllum cainito* L. !
Manilkara zapota (L.) P. Royen
Pouteria campechiana (Kunth) Baehni
Pouteria sapota (Jacq.) H.E. Moore & Stearn
Sideroxylon capiri (A. DC.) Pittier

Saxifragaceae

- Heuchera hemsleyana* Rosend., Butters & Lakela
Heuchera longipetala Moc. ex Ser. *
Heuchera orizabensis Hemsl. *

Scrophulariaceae

- Buddleja americana* L.
Buddleja cordata Kunth
Buddleja crotonoides A. Gray
Buddleja parviflora Kunth *
Buddleja sessiliflora Kunth
Capraria biflora L.
Capraria frutescens (Mill.) Britton
Limosella aquatica L.

Smilacaceae

- Smilax bona-nox* L.
Smilax mollis Humb. & Bonpl. ex Willd.
Smilax moranensis M. Martens & Galeotti
Smilax pringlei Greenm. *

Solanaceae

- Brugmansia candida* Pers. !
Brugmansia suaveolens (Willd.) Bercht. & C. Presl !
Capsicum frutescens L.
Capsicum pubescens Ruiz & Pav. !
Capsicum rhomboideum (Dunal) Kuntze
Cestrum aurantiacum Lindl.
Cestrum dumetorum Schltld.
Cestrum flavescens Greenm. *
Cestrum laxum Benth.
Cestrum nitidum M. Martens & Galeotti *

Cestrum nocturnum L.
Cestrum oblongifolium Schltdl. *
Cestrum thyrsoides Kunth
Cestrum tomentosum L. f.
Datura ceratocaula Ortega *
Datura discolor Bernh.
Datura innoxia Mill.
Datura pruinosa Greenm.
Datura stramonium L.
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 rzedowskii E. Dean *
Nectouxia formosa Kunth
Nicandra physalodes (L.) Gaertn. !
Nicotiana glauca Graham !
Nicotiana plumbaginifolia Viv.
Nicotiana tabacum L. !
Physalis angulata L.
Physalis angustior Waterf. **
Physalis angustiphysa Waterf.
Physalis coztomatl Moc. & Sessé ex Dunal *
Physalis gracilis Miers
Physalis lagascae Roem. & Schult.
Physalis nicandroides Schltdl.
Physalis orizabae Dunal *
Physalis patula Mill. *
Physalis peruviana L.
Physalis philadelphica Lam.
Physalis pruinosa L.
Physalis pubescens L.
Physalis turbinatoides Waterf. **
Physalis versicolor Rydb.
Solandra grandiflora Sw.
Solandra guerrerensis Martínez *
Solandra guttata D. Don *
Solandra nitida Zuccagni
Solanum adscendens Sendtn.

Solanum aligerum Schltldl.
Solanum americanum Mill.
Solanum angustifolium Mill.
Solanum aphyodendron S. Knapp
Solanum appendiculatum Humb. & Bonpl. ex Dunal
Solanum bulbocastanum Dunal
Solanum demissum Lindl.
Solanum diphyllum L.
Solanum douglasii Dunal
Solanum dulcamaroides Dunal
Solanum ehrenbergii (Bitter) Rydb. *
Solanum elaeagnifolium Cav.
Solanum erianthum D. Don
Solanum grayi Rose
Solanum hazenii Britton
Solanum iopetalum (Bitter) Hawkes *
Solanum laxum Spreng. !
Solanum lycopersicum L. !
Solanum marginatum L. f. !
Solanum mitlense Dunal
Solanum nigrescens M. Martens & Galeotti
Solanum nigricans M. Martens & Galeotti
Solanum nudum Dunal
Solanum pubigerum Dunal
Solanum refractum Hook. & Arn. *
Solanum rostratum Dunal
Solanum rudepannum Dunal
Solanum schenkii Bitter
Solanum seaforthianum Andrews !
Solanum tuberosum L. !
Solanum umbellatum Mill.
Solanum vallis-mexici Juz. *
Solanum verrucosum Schltldl. *

Strelitziaceae

Strelitzia reginae Aiton !

Styracaceae

Styrax glabrescens Benth.

Styrax ramirezii Greenm. *

Symplocaceae

Symplocos citrea Lex. ex La Llave & Lex. *

Talinaceae

Talinum fruticosum (L.) Juss.

Talinum paniculatum (Jacq.) Gaertn.

Theaceae

Camellia japonica L. !

Thymelaeaceae

Daphnopsis americana (Mill.) J.R. Johnst.

Tropaeolaceae

Tropaeolum majus L. !

Typhaceae

Typha domingensis Pers.

Typha latifolia L.

Urticaceae

Boehmeria ramiflora Jacq.

Discocnide mexicana (Liebm.) Chew

Gyrotaenia microcarpa (Wedd.) Fawc. & Rendle

Myriocarpa brachystachys S. Watson *

Parietaria debilis G. Forst.

Parietaria macrophylla B.L. Rob. & Greenm. *

Parietaria pensylvanica Muhl. ex Willd.

Phenax hirtus (Sw.) Wedd.

Pilea herniarioides (Sw.) Wedd.

Pilea hyalina Fenzl

Pilea microphylla (L.) Liebm.

Pouzolzia occidentalis (Liebm.) Wedd.

Urera alceifolia Gaudich.

Urera corallina (Liebm.) Wedd.

Urera verrucosa V.W. Steinm.

Urtica holosericea Nutt.

Urtica praetermissa V.W. Steinm.

Urtica spiralis Blume

Verbenaceae

Bouchea prismatica (L.) Kuntze

Citharexylum hintonii Moldenke *

Citharexylum ovatifolium Greenm. *

Duranta erecta L.

Glandularia bipinnatifida (Nutt.) Nutt.

Glandularia teucrifolia (M. Martens & Galeotti) Umber

Lantana achyranthifolia Desf.

Lantana camara L.

Lantana canescens Kunth

Lantana glandulosissima Hayek

Lantana hintonii Moldenke

Lantana involucrata L.

Lippia alba (Mill.) N.E. Br. ex Britton & P. Wilson

Lippia bicolor Kunth & Bouché

Lippia chrysantha Greenm. *

Lippia graveolens Kunth

Lippia mexicana G.L. Nesom *

Lippia oaxacana B.L. Rob. & Greenm. *

Lippia umbellata Cav.

Petrea volubilis L.

Phyla dulcis (Trevir.) Moldenke

Phyla fruticosa (Mill.) K. Kenn. ex Wunderlin & B.F. Hansen

Phyla nodiflora (L.) Greene

Phyla strigulosa (M. Martens & Galeotti) Moldenke

Priva aspera Kunth

Priva lappulacea (L.) Pers.

Priva mexicana (L.) Pers.

Stachytarpheta frantzii Pol.

Stachytarpheta mutabilis (Jacq.) Vahl

Stachytarpheta velutina Moldenke *

Verbena carolina L.

Verbena gentryi Moldenke

Verbena litoralis Kunth

Verbena recta Kunth *

Violaceae

Pombalia attenuata (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Paula-Souza

Pombalia oppositifolia (L.) Paula-Souza

Viola grahamii Benth.

Viola guatemalensis W. Becker

Viola hemsleyana Calderón

Viola hookeriana Kunth *

Viola painteri Rose & House *

Vitaceae

Ampelocissus acapulcensis (Kunth) Planch.

Ampelopsis denudata Planch.

Cissus alata Jacq.

Cissus cucurbitina Standl. *

Cissus erosa Rich.

Cissus microcarpa Vahl

Cissus verticillata (L.) Nicolson & C.E. Jarvis

Vitis blancoi Munson emend. Comeaux *

Vitis cinerea (Engelm.) Engelm. ex Millardet

Vitis tiliifolia Humb. & Bonpl. ex Roem. & Schult.

Zingiberaceae

Alpinia speciosa (J.C. Wendl.) K. Schum. !

Hedychium coronarium J. König !

Zygophyllaceae

Guaiacum coulteri A. Gray

Kallstroemia hirsutissima Vail

Kallstroemia maxima (L.) Hook. & Arn.

Kallstroemia parviflora Norton

Kallstroemia rosei Rydb. *

Morkillia mexicana (Moc. & Sessé) Rose & Painter

Tribulus cistoides L. !

Anexo 2. Variables ambientales no colineales, derivadas del análisis de correlación de Pearson.

	Nombre de la variable	Acrónimo
Climáticas		
1	Estacionalidad de la precipitación	Bio15
2	Estacionalidad de la temperatura	Bio04
3	Evapotranspiración real anual	Evaannual
4	Isotermalidad	Bio03
5	Precipitación anual	Bio12
6	Precipitación del mes más seco	Bio14
7	Precipitación del trimestre más cálido	Bio18
8	Precipitación del trimestre más frío	Bio19
9	Rango medio diario	Bio02
10	Temperatura media anual	Bio01
Topográficas		
11	Calentamiento anisotrópico diario	Dah
12	Escorrentía	Runoff
13	Índice de convergencia	Convrgin
14	Índice de humedad topográfica	Twi
15	Medida de rugosidad del vector	Vrm
16	Orientación (de 0° a 90°)	Aspect
17	Pendiente	Slope
Edáficas		
18	Calcio	Ca
19	Carbono orgánico	Co
20	Magnesio	Mg
21	Materia orgánica	Mo
22	Potasio	K
23	Radio de absorción de sodio	Ras
24	Sodio	Na
Índices normalizados de vegetación		
25	Índice normalizado de los meses secos	Seco modis
26	Índice normalizado de los meses húmedos	Hum modis
27	Índice normalizado de marzo	Modismar
28	Índice normalizado de septiembre	Modissep

Anexo 3. Especies de Magnoliophyta distribuidas en el estado de Morelos, empleadas para la estimación de la riqueza conocida y potencial. Se indica el número de registros y los valores del Área Bajo la Curva (AUC) obtenidos en los Modelos de Distribución de Especies para cada una de las especies de Magnoliophyta en Morelos.

Familia	Especie	Número de registros	AUC
Acanthaceae	<i>Carlowrightia arizonica</i> A. Gray	9	0.75
Acanthaceae	<i>Carlowrightia neesiana</i> (Schauer ex Nees) T.F. Daniel	9	0.9375
Acanthaceae	<i>Carlowrightia pectinata</i> Brandegee	7	1
Acanthaceae	<i>Dicliptera membranacea</i> Leonard	11	1
Acanthaceae	<i>Dicliptera peduncularis</i> Nees	7	1
Acanthaceae	<i>Dyschoriste hirsutissima</i> (Nees) Kuntze	7	0.94444444
Acanthaceae	<i>Elytraria imbricata</i> (Vahl) Pers.	19	0.87755102
Acanthaceae	<i>Henrya insularis</i> Nees	9	1
Acanthaceae	<i>Justicia candicans</i> (Nees) L.D. Benson	14	0.78375
Acanthaceae	<i>Justicia fulvicoma</i> Schltld. & Cham.	8	1
Acanthaceae	<i>Justicia pacifica</i> (Oerst.) Hemsl.	14	0.875
Acanthaceae	<i>Justicia salviiflora</i> Kunth	10	0.875
Acanthaceae	<i>Justicia spicigera</i> Schltld.	8	0.83333333
Acanthaceae	<i>Ruellia fruticosa</i> Sessé & Moc.	5	1
Acanthaceae	<i>Ruellia inundata</i> Kunth	10	0.94444444
Acanthaceae	<i>Siphonoglossa sessilis</i> (Jacq.) D. Gibson	11	1
Acanthaceae	<i>Thunbergia alata</i> Bojer ex Sims	6	0.88888889
Actinidiaceae	<i>Saurauia serrata</i> DC.	5	1
Adoxaceae	<i>Sambucus nigra</i> L.	9	0.94444444
Alismataceae	<i>Echinodorus andrieuxii</i> (Hook. & Arn.) Small	32	0.78571429
Alismataceae	<i>Sagittaria longiloba</i> Engelm. ex J.G. Sm.	27	0.9453125
Alstroemeriaceae	<i>Bomarea edulis</i> (Tussac) Herb.	24	0.94
Amaranthaceae	<i>Alternanthera obovata</i> (M. Martens & Galeotti) Millsp.	5	1
Amaranthaceae	<i>Amaranthus hybridus</i> L.	36	0.88757396
Amaranthaceae	<i>Amaranthus palmeri</i> S. Watson	8	0.8125
Amaranthaceae	<i>Amaranthus spinosus</i> L.	14	1
Amaranthaceae	<i>Iresine calea</i> (Ibañez) Standl.	31	0.95549887
Amaranthaceae	<i>Iresine diffusa</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	30	0.89795918
Amaranthaceae	<i>Iresine heterophylla</i> Standl.	9	1
Amaryllidaceae	<i>Hymenocallis acutifolia</i> (Herb.) Sweet	17	0.89833333
Amaryllidaceae	<i>Hymenocallis graminifolia</i> Greenm.	6	0.94444444
Amaryllidaceae	<i>Hymenocallis harrisiana</i> Herb.	8	1
Amaryllidaceae	<i>Nothoscordum bivalve</i> (L.) Britton	7	0.75

Amaryllidaceae	<i>Sprekelia formosissima</i> (L.) Herb.	8	0.88888889
Amaryllidaceae	<i>Zephyranthes fosteri</i> Traub	8	1
Anacardiaceae	<i>Amphipterygium adstringens</i> (Schltdl.) Standl.	23	0.93032526
Anacardiaceae	<i>Cyrtocarpa procera</i> Kunth	8	1
Anacardiaceae	<i>Pseudosmodium perniciosum</i> (Kunth) Engl.	20	0.87055556
Anacardiaceae	<i>Spondias purpurea</i> L.	16	0.78444444
Annonaceae	<i>Annona cherimola</i> Mill.	12	1
Apiaceae	<i>Arracacia atropurpurea</i> (Lehm.) Benth. & Hook. f. ex Hemsl.	6	1
Apiaceae	<i>Arracacia quadrifida</i> Constance & Affolter	8	0.96875
Apiaceae	<i>Berula erecta</i> (Huds.) Coville	9	1
Apiaceae	<i>Donnellsmithia biennis</i> (J.M. Coult. & Rose) Mathias & Constance	15	1
Apiaceae	<i>Donnellsmithia mexicana</i> B.L. Rob.) Mathias & Constance	8	1
Apiaceae	<i>Eryngium bonplandii</i> F. Delaroché	5	1
Apiaceae	<i>Eryngium carlinae</i> F. Delaroché	10	0.90625
Apiaceae	<i>Eryngium columnare</i> Hemsl.	5	1
Apiaceae	<i>Eryngium ghiesbreghtii</i> Decne.	14	1
Apiaceae	<i>Eryngium monocephalum</i> Cav.	5	1
Apiaceae	<i>Eryngium pectinatum</i> C. Presl ex DC.	9	0.85069444
Apiaceae	<i>Eryngium subacaule</i> Cav.	7	1
Apiaceae	<i>Lilaeopsis schaffneriana</i> (Schltdl.) J.M. Coult. & Rose	20	1
Apiaceae	<i>Micropleura renifolia</i> Lag.	7	1
Apiaceae	<i>Prionosciadium nelsonii</i> J.M. Coult. & Rose	5	1
Apiaceae	<i>Rhodosciadium tolucense</i> (Kunth) Mathias	5	1
Apocynaceae	<i>Asclepias auriculata</i> Kunth	9	1
Apocynaceae	<i>Asclepias coulteri</i> A. Gray	5	0.76388889
Apocynaceae	<i>Asclepias curassavica</i> L.	59	0.81777778
Apocynaceae	<i>Asclepias glaucescens</i> Kunth	58	0.75111111
Apocynaceae	<i>Asclepias jaliscana</i> B.L. Rob.	5	1
Apocynaceae	<i>Asclepias linaria</i> Cav.	12	1
Apocynaceae	<i>Asclepias lynchiana</i> Fishbein	8	0.88194444
Apocynaceae	<i>Asclepias oenotheroides</i> Schltdl. & Cham.	12	1
Apocynaceae	<i>Asclepias rosea</i> Kunth	6	1
Apocynaceae	<i>Cascabela thevetioides</i> (Kunth) Lippold	26	0.95679012
Apocynaceae	<i>Catharanthus roseus</i> (L.) G. Don	5	0.77777778
Apocynaceae	<i>Dictyanthus parviflorus</i> Hemsl.	6	1
Apocynaceae	<i>Dictyanthus pavonii</i> Decne.	25	0.98
Apocynaceae	<i>Funastrum clausum</i> (Jacq.) Schltr.	9	0.88888889
Apocynaceae	<i>Funastrum odoratum</i> (Hemsl.) Schltr.	8	1
Apocynaceae	<i>Gonolobus uniflorus</i> Kunth	7	0.96875
Apocynaceae	<i>Haplophyton cimidum</i> A.DC.	31	0.90740741
Apocynaceae	<i>Mandevilla foliosa</i> (Müll. Arg.) Hemsl.	20	0.98
Apocynaceae	<i>Mandevilla holosericea</i> (Sessé & Moc.) J.K. Williams	6	1
Apocynaceae	<i>Marsdenia lanata</i> (Paul G. Wilson) W.D. Stevens	11	1

Apocynaceae	<i>Marsdenia zimapanica</i> Hemsl.	14	0.94444444
Apocynaceae	<i>Matelea caudata</i> (A. Gray) Woodson	8	0.83333333
Apocynaceae	<i>Matelea chrysantha</i> (Greenm.) Woodson	16	1
Apocynaceae	<i>Matelea pilosa</i> (Benth.) Woodson	15	0.96
Apocynaceae	<i>Nerium oleander</i> L.	7	0.88888889
Apocynaceae	<i>Plumeria rubra</i> L.	27	0.7976466
Apocynaceae	<i>Polystemma guatemalense</i> (Schltr.) W.D. Stevens	17	0.93055556
Apocynaceae	<i>Polystemma viridiflorum</i> Decne.	9	1
Apocynaceae	<i>Rauvolfia tetraphylla</i> L.	7	0.84375
Apocynaceae	<i>Tabernaemontana odontadeniiflora</i> A.O. Simões & M.E. Endress	34	0.895
Apocynaceae	<i>Tabernaemontana tomentosa</i> (Greenm.) A.O. Simões & M.E. Endress	11	0.75
Apocynaceae	<i>Vinca major</i> L.	5	1
Aquifoliaceae	<i>Ilex brandegeana</i> Loes.	5	1
Araceae	<i>Arisaema macrospatum</i> Benth.	16	0.86
Araceae	<i>Lemna aequinoctialis</i> Welw.	92	0.90094875
Araceae	<i>Lemna gibba</i> L.	8	1
Araceae	<i>Philodendron mexicanum</i> Engl.	7	1
Araceae	<i>Syngonium neglectum</i> Schott	5	1
Araliaceae	<i>Hydrocotyle verticillata</i> Thunb.	34	0.855
Araliaceae	<i>Oreopanax peltatus</i> Linden	7	1
Arecaceae	<i>Brahea dulcis</i> (Kunth) Mart.	7	0.83333333
Aristolochiaceae	<i>Aristolochia pringlei</i> Rose	8	0.83333333
Asparagaceae	<i>Agave angustiarum</i> Trel.	8	0.88888889
Asparagaceae	<i>Agave dasylirioides</i> Jacobi & C.D. Bouché	8	1
Asparagaceae	<i>Agave horrida</i> Lem. ex Jacobi	16	1
Asparagaceae	<i>Agave inaequidens</i> K. Koch	5	1
Asparagaceae	<i>Echeandia mexicana</i> Cruden	5	1
Asparagaceae	<i>Echeandia paniculata</i> Rose	10	0.875
Asparagaceae	<i>Echeandia reflexa</i> (Cav.) Rose	5	1
Asparagaceae	<i>Furcraea parmentieri</i> (Roezl ex Ortgies) García-Mend.	7	1
Asparagaceae	<i>Manfreda pringlei</i> Rose	6	1
Asparagaceae	<i>Manfreda pubescens</i> (Regel & Ortgies) Verh.-Will. ex Pina	5	1
Asteraceae	<i>Acmella radicans</i> (Jacq.) R.K. Jansen	18	0.78
Asteraceae	<i>Acourtia cordata</i> (Cerv.) B.L. Turner	12	0.875
Asteraceae	<i>Acourtia cuernavacana</i> (B.L. Rob. & Greenm.) Reveal & R.M. King	11	1
Asteraceae	<i>Acourtia glomeriflora</i> (A. Gray) Reveal & R.M. King	8	1
Asteraceae	<i>Acourtia reticulata</i> (Lag. ex D. Don) Reveal & R.M. King	10	0.88888889
Asteraceae	<i>Achillea millefolium</i> L.	13	0.77777778
Asteraceae	<i>Adenophyllum glandulosum</i> (Cav.) Strother	8	0.875
Asteraceae	<i>Adenophyllum porophyllum</i> (Cav.) Hemsl.	16	0.8775
Asteraceae	<i>Ageratina adenophora</i> (Spreng.) R.M. King & H. Rob.	9	0.94444444
Asteraceae	<i>Ageratina areolaris</i> (DC.) Gage ex B.L. Turner	23	0.90625
Asteraceae	<i>Ageratina conspicua</i> (Kunth & C.D. Bouché) R.M. King & H. Rob.	7	0.75

Asteraceae	<i>Ageratina crassiramea</i> (B.L. Rob.) R.M. King & H. Rob.	16	0.92
Asteraceae	<i>Ageratina chiapensis</i> (B.L. Rob.) R.M. King & H. Rob.	5	1
Asteraceae	<i>Ageratina choricephala</i> (B.L. Rob.) R.M. King & H. Rob.	6	1
Asteraceae	<i>Ageratina glabrata</i> (Kunth) R.M. King & H. Rob.	17	0.875
Asteraceae	<i>Ageratina leiocarpa</i> (B.L. Rob.) Gage ex B.L. Turner	19	1
Asteraceae	<i>Ageratina liebmanni</i> (Sch. Bip. ex Klatt) R.M. King & H. Rob.	5	1
Asteraceae	<i>Ageratina lucida</i> (Ortega) R.M. King & H. Rob.	6	1
Asteraceae	<i>Ageratina mairetiana</i> (DC.) R.M. King & H. Rob.	24	1
Asteraceae	<i>Ageratina muelleri</i> (Sch. Bip. ex Klatt) R.M. King & H. Rob.	6	1
Asteraceae	<i>Ageratina pazcuarensis</i> (Kunth) R.M. King & H. Rob.	9	1
Asteraceae	<i>Ageratina pichinchensis</i> (Kunth) R.M. King & H. Rob.	11	0.875
Asteraceae	<i>Ageratina rhomboidea</i> (Kunth) R.M. King & H. Rob.	6	1
Asteraceae	<i>Ageratina rubricaulis</i> (Kunth) R.M. King & H. Rob.	10	1
Asteraceae	<i>Ageratum corymbosum</i> Zuccagni	63	0.86735537
Asteraceae	<i>Ageratum houstonianum</i> Mill.	10	1
Asteraceae	<i>Aldama excelsa</i> (Willd.) E.E. Schill. & Panero	8	1
Asteraceae	<i>Aldama morelensis</i> (Greenm.) E.E. Schill. & Panero	10	0.80208333
Asteraceae	<i>Alomia alata</i> Hemsl.	6	1
Asteraceae	<i>Alloispermum integrifolium</i> (DC.) H. Rob.	7	0.94444444
Asteraceae	<i>Alloispermum scabrum</i> (Lag.) H. Rob.	19	1
Asteraceae	<i>Archibaccharis hieracioides</i> (S.F. Blake) S.F. Blake	7	1
Asteraceae	<i>Archibaccharis hirtella</i> (DC.) Heering	10	1
Asteraceae	<i>Archibaccharis serratifolia</i> (Kunth) S.F. Blake	8	1
Asteraceae	<i>Artemisia ludoviciana</i> Nutt.	10	1
Asteraceae	<i>Baccharis conferta</i> Kunth	26	1
Asteraceae	<i>Baccharis multiflora</i> Kunth	9	0.875
Asteraceae	<i>Baccharis salicifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	6	1
Asteraceae	<i>Baccharis sordescens</i> DC.	5	1
Asteraceae	<i>Barkleyanthus salicifolius</i> (Kunth) H. Rob. & Brettell	47	0.84443871
Asteraceae	<i>Bartlettina oresbia</i> (B.L. Rob.) R.M. King & H. Rob.	6	1
Asteraceae	<i>Bartlettina sordida</i> (Less.) R.M. King & H. Rob.	7	1
Asteraceae	<i>Bidens anthemoides</i> (DC.) Sherff	6	1
Asteraceae	<i>Bidens laevis</i> (L.) Britton, Sterns & Pogg.	7	1
Asteraceae	<i>Bidens ocellatus</i> (Greenm.) Melchert	26	1
Asteraceae	<i>Bidens odorata</i> Cav.	38	0.76565582
Asteraceae	<i>Bidens ostruthioides</i> (DC.) Sch. Bip.	5	1
Asteraceae	<i>Bidens pilosa</i> L.	9	0.90625
Asteraceae	<i>Bidens serrulata</i> (Poir.) Desf.	5	1
Asteraceae	<i>Bidens squarrosa</i> Kunth	6	1
Asteraceae	<i>Blumea viscosa</i> (Mill.) V.M. Badillo	5	1
Asteraceae	<i>Brickellia cavanillesii</i> (Cass.) A. Gray	6	0.86111111
Asteraceae	<i>Brickellia glandulosa</i> (La Llave) McVaugh	18	1
Asteraceae	<i>Brickellia glomerata</i> Fernald	6	0.75

Asteraceae	<i>Brickellia nutanticeps</i> S.F. Blake	7	1
Asteraceae	<i>Brickellia paniculata</i> (Mill.) B.L. Rob.	12	1
Asteraceae	<i>Brickellia pavonii</i> (A. Gray) B.L. Turner	12	0.90875
Asteraceae	<i>Brickellia pendula</i> (Schrad.) A. Gray	12	0.94444444
Asteraceae	<i>Brickellia scoparia</i> (DC.) A.Gray	5	1
Asteraceae	<i>Calea ternifolia</i> Kunth	45	0.78472222
Asteraceae	<i>Calea urticifolia</i> (Mill.) DC.	22	1
Asteraceae	<i>Calyptocarpus wendlandii</i> Sch.Bip.	5	1
Asteraceae	<i>Carminatia recondita</i> McVaugh	5	1
Asteraceae	<i>Carminatia tenuiflora</i> DC.	5	0.94444444
Asteraceae	<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronquist	8	1
Asteraceae	<i>Conyza coronopifolia</i> Kunth	8	1
Asteraceae	<i>Coreopsis rhyacophila</i> Greenm.	23	1
Asteraceae	<i>Cosmos crithmifolius</i> Kunth	10	1
Asteraceae	<i>Cosmos scabiosoides</i> Kunth	13	1
Asteraceae	<i>Cosmos sulphureus</i> Cav.	30	0.85185185
Asteraceae	<i>Critonia hebebotrya</i> DC.	8	0.75
Asteraceae	<i>Critonia quadrangularis</i> (DC.) R.M. King & H. Rob.	6	1
Asteraceae	<i>Chromolaena collina</i> (DC.) R.M. King & H. Rob.	7	0.77777778
Asteraceae	<i>Chromolaena odorata</i> (L.) R.M. King & H. Rob.	39	0.87628099
Asteraceae	<i>Chromolaena pulchella</i> (Kunth) R.M. King & H. Rob.	5	1
Asteraceae	<i>Dahlia merckii</i> Lehm.	34	0.94444444
Asteraceae	<i>Delilia biflora</i> (L.) Kuntze	18	0.84
Asteraceae	<i>Dendroviguiera sphaerocephala</i> (DC.) E.E. Schill. & Panero	12	0.88888889
Asteraceae	<i>Dyssodia tagetiflora</i> Lag.	30	0.8835841
Asteraceae	<i>Eremosis triflosculosa</i> (Kunth) Gleason	7	1
Asteraceae	<i>Erigeron galeottii</i> (A. Gray ex Hemsl.) Greene	15	1
Asteraceae	<i>Erigeron karvinskianus</i> DC.	9	1
Asteraceae	<i>Erigeron longipes</i> DC.	15	0.83666667
Asteraceae	<i>Flaveria trinervia</i> (Spreng.) C. Mohr	15	0.94
Asteraceae	<i>Fleischmannia arguta</i> (Kunth) B.L. Rob.	15	0.79513889
Asteraceae	<i>Florestina pedata</i> (Cav.) Cass.	43	0.81996097
Asteraceae	<i>Galeana pratensis</i> (Kunth) Rydb.	13	0.9375
Asteraceae	<i>Galinsoga longipes</i> Canne	6	1
Asteraceae	<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	27	0.85544218
Asteraceae	<i>Gamochaeta americana</i> (Mill.) Wedd.	10	0.94444444
Asteraceae	<i>Guardiola mexicana</i> Bonpl.	15	0.92
Asteraceae	<i>Helenium scorzonerifolium</i> (DC.) A.Gray	10	1
Asteraceae	<i>Heliopsis buphthalmoides</i> (Jacq.) Dunal	65	0.9852071
Asteraceae	<i>Heterosperma pinnatum</i> Cav.	9	1
Asteraceae	<i>Heterotheca inuloides</i> Cass.	6	0.875
Asteraceae	<i>Hymenostephium tenuis</i> (A. Gray) E.E. Schill. & Panero	9	0.83333333
Asteraceae	<i>Hymenostephium uniseriatum</i> E.E. Schill. & Panero	15	1

Asteraceae	<i>Iostephane heterophylla</i> (Cav.) Hemsl.	16	0.94444444
Asteraceae	<i>Jaegeria hirta</i> (Lag.) Less.	22	0.91833333
Asteraceae	<i>Laennecia schiedeana</i> (Less.) G.L. Nesom	8	1
Asteraceae	<i>Laennecia sophiifolia</i> (Kunth) G.L. Nesom	5	0.76388889
Asteraceae	<i>Lagascea helianthifolia</i> Kunth	24	0.98611111
Asteraceae	<i>Lagascea mollis</i> Cav.	15	0.96875
Asteraceae	<i>Lagascea rigida</i> (Cav.) Stuessy	45	0.80578512
Asteraceae	<i>Lasianthaea ceanothifolia</i> (Willd.) K.M. Becker	18	1
Asteraceae	<i>Lasianthaea crocea</i> (A. Gray) K.M. Becker	34	0.88874507
Asteraceae	<i>Lasianthaea helianthoides</i> DC.	17	0.79055556
Asteraceae	<i>Melampodium linearilobum</i> DC.	8	1
Asteraceae	<i>Melampodium longipilum</i> B.L. Rob.	5	1
Asteraceae	<i>Melampodium microcephalum</i> Less.	23	0.78769841
Asteraceae	<i>Melampodium montanum</i> Benth.	5	1
Asteraceae	<i>Melampodium perfoliatum</i> (Cav.) Kunth	27	0.88321995
Asteraceae	<i>Melampodium repens</i> Sessé & Moc.	13	1
Asteraceae	<i>Melampodium sericeum</i> Lag.	9	0.88888889
Asteraceae	<i>Milleria quinqueflora</i> L.	26	0.99
Asteraceae	<i>Montanoa frutescens</i> (Mairet ex DC.) Hemsl.	33	0.89342404
Asteraceae	<i>Montanoa karwinskii</i> DC.	9	0.94444444
Asteraceae	<i>Montanoa leucantha</i> (Lag.) S.F. Blake	17	0.92875
Asteraceae	<i>Neurolaena lobata</i> (L.) Cass.	6	0.875
Asteraceae	<i>Otopappus epaleaceus</i> Hemsl.	24	0.8632716
Asteraceae	<i>Otopappus imbricatus</i> (Sch. Bip.) S.F. Blake	11	0.83333333
Asteraceae	<i>Packera sanguisorbae</i> (DC.) C. Jeffrey	9	1
Asteraceae	<i>Packera toluccana</i> (DC.) W.A. Weber & A. Löve	7	1
Asteraceae	<i>Parthenium hysterophorus</i> L.	25	0.83896684
Asteraceae	<i>Pectis prostrata</i> Cav.	24	0.87953515
Asteraceae	<i>Perymenium berlandieri</i> DC.	29	0.93833333
Asteraceae	<i>Perymenium macrocephalum</i> Greenm.	6	1
Asteraceae	<i>Perymenium mendezii</i> DC.	18	0.98611111
Asteraceae	<i>Pinaropappus roseus</i> (Less.) Less.	14	1
Asteraceae	<i>Piqueria pilosa</i> Kunth	7	1
Asteraceae	<i>Pittocaulon bombycophole</i> (Bullock) H. Rob. & Brettell	8	1
Asteraceae	<i>Pittocaulon velatum</i> (Greenm.) H. Rob. & Brettell	16	0.78125
Asteraceae	<i>Pluchea carolinensis</i> (Jacq.) G. Don	12	0.82638889
Asteraceae	<i>Pluchea salicifolia</i> (Mill.) S.F. Blake	15	0.75
Asteraceae	<i>Porophyllum calcicola</i> B.L. Rob. & Greenm.	19	0.86933107
Asteraceae	<i>Porophyllum linaria</i> (Cav.) DC.	10	0.875
Asteraceae	<i>Porophyllum macrocephalum</i> DC.	33	0.79
Asteraceae	<i>Porophyllum punctatum</i> (Mill.) S.F. Blake	24	0.78571429
Asteraceae	<i>Porophyllum viridiflorum</i> (Kunth) DC.	15	1
Asteraceae	<i>Psacalium amplifolium</i> (DC.) H. Rob. & Brettell	5	0.75

Asteraceae	<i>Psacalium megaphyllum</i> (B.L. Rob. & Greenm.) Rydb.	11	0.91666667
Asteraceae	<i>Psacalium peltatum</i> (Kunth) Cass.	13	1
Asteraceae	<i>Psacalium silphiifolium</i> (B.L. Rob. & Greenm.) H. Rob. & Brettell	7	1
Asteraceae	<i>Pseudelephantopus spicatus</i> (Juss. ex Aubl.) C.F. Baker	13	0.875
Asteraceae	<i>Pseudognaphalium attenuatum</i> (DC.) Anderb.	9	0.88888889
Asteraceae	<i>Pseudognaphalium chartaceum</i> (Greenm.) Anderb.	11	0.96875
Asteraceae	<i>Pseudognaphalium liebmannii</i> (Sch. Bip. ex Klatt) Anderb.	7	1
Asteraceae	<i>Pseudognaphalium oxyphyllum</i> (DC.) Kirp.	14	1
Asteraceae	<i>Pseudognaphalium viscosum</i> (Kunth) Anderb.	7	0.83333333
Asteraceae	<i>Roldana albonervia</i> (Greenm.) H. Rob. & Brettell	11	1
Asteraceae	<i>Roldana angulifolia</i> (DC.) H. Rob. & Brettell	17	1
Asteraceae	<i>Roldana barba-johannis</i> (DC.) H. Rob. & Brettell	16	1
Asteraceae	<i>Roldana candicans</i> (Née) Villaseñor, S. Valencia & Coombes	10	1
Asteraceae	<i>Roldana chapalensis</i> (S. Watson) H. Rob. & Brettell	10	1
Asteraceae	<i>Roldana ehrenbergiana</i> (Klatt) H. Rob. & Brettell	9	1
Asteraceae	<i>Roldana lobata</i> La Llave	39	0.90277778
Asteraceae	<i>Roldana suffulta</i> (Greenm.) H. Rob. & Brettell	21	1
Asteraceae	<i>Rumfordia floribunda</i> DC.	22	0.96
Asteraceae	<i>Sabazia humilis</i> (Kunth) Cass.	6	1
Asteraceae	<i>Sanvitalia procumbens</i> Lam.	79	0.81019841
Asteraceae	<i>Sclerocarpus multifidus</i> Greenm.	10	0.82638889
Asteraceae	<i>Sclerocarpus papposus</i> (Greenm.) Feddema	22	0.98
Asteraceae	<i>Sclerocarpus uniserialis</i> (Hook.) Hemsl.	31	0.90123457
Asteraceae	<i>Schkuhria pinnata</i> (Lam.) Kuntze ex Thell.	31	0.82716049
Asteraceae	<i>Senecio callosus</i> Sch. Bip.	13	1
Asteraceae	<i>Senecio cinerarioides</i> Kunth	15	1
Asteraceae	<i>Senecio deformis</i> Klatt	6	1
Asteraceae	<i>Senecio mulgediifolius</i> S. Schauer	5	1
Asteraceae	<i>Senecio prionoapterus</i> B.L. Rob. & Greenm.	18	1
Asteraceae	<i>Sigesbeckia agrestis</i> Poepp. & Endl.	5	1
Asteraceae	<i>Sigesbeckia jorullensis</i> Kunth	8	1
Asteraceae	<i>Simsia amplexicaulis</i> (Cav.) Pers.	6	0.83333333
Asteraceae	<i>Simsia foetida</i> (Cav.) S.F. Blake	23	0.835
Asteraceae	<i>Simsia lagasciformis</i> DC.	16	0.89795918
Asteraceae	<i>Sinclairia glabra</i> Rydb.	33	0.94052934
Asteraceae	<i>Sonchus asper</i> (L.) Hill	5	1
Asteraceae	<i>Stevia aschenborniana</i> Sch. Bip.	18	0.8575
Asteraceae	<i>Stevia caracasana</i> DC.	9	1
Asteraceae	<i>Stevia connata</i> Lag.	8	0.79166667
Asteraceae	<i>Stevia jaliscensis</i> B.L. Rob.	6	0.83333333
Asteraceae	<i>Stevia jorullensis</i> Kunth	14	1
Asteraceae	<i>Stevia monardifolia</i> Kunth	18	0.90625
Asteraceae	<i>Stevia origanoides</i> Kunth	23	0.90277778

Asteraceae	<i>Stevia ovata</i> Willd.	28	0.8276644
Asteraceae	<i>Stevia pilosa</i> Lag.	5	1
Asteraceae	<i>Stevia purpusii</i> B.L. Rob.	9	1
Asteraceae	<i>Stevia serrata</i> Cav.	10	1
Asteraceae	<i>Stevia suaveolens</i> Lag.	6	0.94444444
Asteraceae	<i>Stevia subpubescens</i> Lag.	39	0.94116709
Asteraceae	<i>Stevia trifida</i> Lag.	11	0.83333333
Asteraceae	<i>Stevia triflora</i> DC.	10	1
Asteraceae	<i>Stevia vernicosa</i> Greenm.	6	1
Asteraceae	<i>Stevia viscida</i> Kunth	5	1
Asteraceae	<i>Steviopsis adenosperma</i> (Sch. Bip.) B.L. Turner	5	1
Asteraceae	<i>Steviopsis vigintisetata</i> (DC.) R.M. King & H. Rob.	6	1
Asteraceae	<i>Tagetes erecta</i> L.	37	0.85802469
Asteraceae	<i>Tagetes filifolia</i> Lag.	34	0.9038843
Asteraceae	<i>Tagetes foetidissima</i> DC.	14	1
Asteraceae	<i>Tagetes lucida</i> Cav.	61	0.81940587
Asteraceae	<i>Tagetes lunulata</i> Ortega	14	0.8125
Asteraceae	<i>Tagetes micrantha</i> Cav.	12	0.75
Asteraceae	<i>Tagetes tenuifolia</i> Cav.	39	0.96020661
Asteraceae	<i>Tanacetum parthenium</i> (L.) Sch. Bip.	6	1
Asteraceae	<i>Taraxacum officinale</i> F.H. Wigg.	14	1
Asteraceae	<i>Tithonia rotundifolia</i> (Mill.) S.F. Blake	17	0.98611111
Asteraceae	<i>Tithonia tubiformis</i> (Jacq.) Kuntze	38	0.78032544
Asteraceae	<i>Tridax brachylepis</i> Hemsl.	8	1
Asteraceae	<i>Trigonospermum melampodioides</i> DC.	19	0.88888889
Asteraceae	<i>Trixis megalophylla</i> Greenm.	10	1
Asteraceae	<i>Verbesina crocata</i> (Cav.) Less.	46	0.93491124
Asteraceae	<i>Verbesina fastigiata</i> B.L. Rob. & Greenm.	17	0.98611111
Asteraceae	<i>Verbesina klattii</i> B.L. Rob. & Greenm.	8	1
Asteraceae	<i>Verbesina oncophora</i> B.L. Rob. & Seaton	28	1
Asteraceae	<i>Verbesina seatonii</i> S.F. Blake	12	1
Asteraceae	<i>Verbesina sphaerocephala</i> A. Gray	7	1
Asteraceae	<i>Vernonanthura cordata</i> (Kunth) H. Rob.	26	0.78077168
Asteraceae	<i>Vernonanthura liatroides</i> (DC.) H. Rob.	26	0.95833333
Asteraceae	<i>Vernonia alamanii</i> DC.	35	0.94897959
Asteraceae	<i>Viguiera dentata</i> (Cav.) Spreng.	25	0.79012346
Asteraceae	<i>Xanthium strumarium</i> L.	10	0.96875
Asteraceae	<i>Zaluzania montagnifolia</i> (Sch. Bip.) Sch. Bip.	6	0.94444444
Asteraceae	<i>Zaluzania pringlei</i> Greenm.	13	1
Asteraceae	<i>Zinnia elegans</i> Jacq.	25	0.98611111
Asteraceae	<i>Zinnia peruviana</i> (L.) L.	23	0.984375
Begoniaceae	<i>Begonia balmisiana</i> Ruiz ex Klotzsch	19	0.75
Begoniaceae	<i>Begonia gracilis</i> Kunth	20	0.96875

Begoniaceae	<i>Begonia monophylla</i> A. DC.	11	0.85763889
Begoniaceae	<i>Begonia plebeja</i> Liebm.	10	1
Berberidaceae	<i>Berberis moranensis</i> Schult. & Schult. f.	5	1
Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	6	1
Betulaceae	<i>Alnus jorullensis</i> Kunth	22	1
Betulaceae	<i>Carpinus tropicalis</i> (Donn.Sm.) Lundell	5	1
Bignoniaceae	<i>Amphilophium buccinatorium</i> (DC.) L.G. Lohmann	7	1
Bignoniaceae	<i>Amphilophium crucigerum</i> (L.) L.G. Lohmann	23	0.84905478
Bignoniaceae	<i>Amphilophium paniculatum</i> (L.) Kunth	8	1
Bignoniaceae	<i>Crescentia alata</i> Kunth	20	0.88888889
Bignoniaceae	<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss ex Kunth	51	0.86419753
Bixaceae	<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	7	1
Boraginaceae	<i>Hackelia mexicana</i> (Schltdl. & Cham.) I.M. Johnst.	6	1
Boraginaceae	<i>Heliotropium angiospermum</i> Murray	5	0.88888889
Boraginaceae	<i>Heliotropium limbatum</i> Benth.	11	0.76388889
Boraginaceae	<i>Heliotropium pringlei</i> B.L. Rob.	16	0.84375
Boraginaceae	<i>Lithospermum distichum</i> Ortega	8	1
Boraginaceae	<i>Lithospermum strictum</i> Lehm.	6	1
Boraginaceae	<i>Lithospermum trinervium</i> (Lehm.) J. Cohen	16	0.94444444
Boraginaceae	<i>Nama origanifolia</i> Kunth	8	0.94444444
Boraginaceae	<i>Tournefortia acutiflora</i> M. Martens & Galeotti	10	0.94444444
Boraginaceae	<i>Tournefortia hartwegiana</i> Steud.	7	1
Boraginaceae	<i>Tournefortia mutabilis</i> Vent.	14	0.855
Brassicaceae	<i>Brassica rapa</i> L.	15	0.85833333
Brassicaceae	<i>Cardamine bonariensis</i> Pers.	13	1
Brassicaceae	<i>Raphanus raphanistrum</i> L.	16	1
Brassicaceae	<i>Romanschulzia arabiformis</i> (DC. ex Kunth) Rollins	6	1
Brassicaceae	<i>Rorippa mexicana</i> (Moc. & Sessé ex DC.) Standl. & Steyerm.	5	1
Bromeliaceae	<i>Pitcairnia micheliana</i> André	9	1
Bromeliaceae	<i>Tillandsia achyrostachys</i> E. Morren ex Baker	31	0.81632653
Bromeliaceae	<i>Tillandsia brachycaulos</i> Schltdl.	5	1
Bromeliaceae	<i>Tillandsia caput-medusae</i> E. Morren	14	0.98
Bromeliaceae	<i>Tillandsia ionantha</i> Planch.	7	1
Bromeliaceae	<i>Tillandsia schiedeana</i> Steud.	11	0.82638889
Bromeliaceae	<i>Tillandsia violacea</i> Baker	5	1
Bromeliaceae	<i>Viridantha atroviridipetala</i> (Matuda) Espejo	9	1
Burseraceae	<i>Bursera aptera</i> Ramírez	29	0.87
Burseraceae	<i>Bursera ariensis</i> (Kunth) McVaugh & Rzed.	14	0.96875
Burseraceae	<i>Bursera bicolor</i> (Willd. ex Schltdl.) Engl.	52	0.87935569
Burseraceae	<i>Bursera bipinnata</i> (DC.) Engl.	48	0.79883711
Burseraceae	<i>Bursera copallifera</i> (Sessé & Moc. ex DC.) Bullock	105	0.78355388
Burseraceae	<i>Bursera cuneata</i> (Schltdl.) Engl.	24	1
Burseraceae	<i>Bursera fagaroides</i> (Kunth) Engl.	50	0.90353797

Burseraceae	<i>Bursera glabrifolia</i> (Kunth) Engl.	55	0.90376736
Burseraceae	<i>Bursera grandifolia</i> (Schltdl.) Engl.	59	0.94791667
Burseraceae	<i>Bursera lancifolia</i> (Schltdl.) Engl.	47	0.85260519
Burseraceae	<i>Bursera linanoe</i> (La Llave) Rzed., Calderón & Medina	15	1
Burseraceae	<i>Bursera longipes</i> (Rose) Standl.	23	0.94444444
Burseraceae	<i>Bursera morelensis</i> Ramírez	20	1
Burseraceae	<i>Bursera schlechtendalii</i> Engl.	17	0.84
Burseraceae	<i>Bursera submoniliformis</i> Engl.	18	0.96875
Cactaceae	<i>Cephalocereus mezcalaensis</i> Bravo	6	1
Cactaceae	<i>Disocactus speciosus</i> (Cav.) Barthlott	6	1
Cactaceae	<i>Lophocereus marginatus</i> (DC.) S. Arias & Terrazas	8	0.875
Cactaceae	<i>Myrtillocactus geometrizans</i> (Mart. ex Pfeiff.) Console	6	1
Cactaceae	<i>Opuntia atropes</i> Rose	23	0.88888889
Cactaceae	<i>Opuntia decumbens</i> Salm-Dyck	15	0.875
Cactaceae	<i>Opuntia fuliginosa</i> Griffiths	11	0.8375
Cactaceae	<i>Opuntia pubescens</i> J.C. Wendl. ex Pfeiff.	9	1
Cactaceae	<i>Opuntia velutina</i> F.A.C. Weber	14	0.75694444
Cactaceae	<i>Pachycereus weberi</i> (J.M. Coult.) Backeb.	13	0.92875
Cactaceae	<i>Pilosocereus chrysacanthus</i> (F.A.C. Weber ex Schum.) Byles & G.D. Rowley	5	1
Cactaceae	<i>Stenocereus beneckeii</i> (Ehrenb.) F. Buxb.	15	0.875
Cactaceae	<i>Stenocereus dumortieri</i> (Scheidw.) Buxb.	17	0.94
Cactaceae	<i>Stenocereus stellatus</i> (Pfeiff.) Riccob.	5	1
Campanulaceae	<i>Calcaratolobelia cordifolia</i> (Hook. & Arn.) Wilbur	5	1
Campanulaceae	<i>Lobelia cardinalis</i> L.	14	1
Campanulaceae	<i>Lobelia gruina</i> Cav.	8	0.875
Campanulaceae	<i>Lobelia laxiflora</i> Kunth	35	0.8828125
Cannabaceae	<i>Celtis caudata</i> Planch.	11	0.92
Cannaceae	<i>Canna indica</i> L.	5	1
Caprifoliaceae	<i>Symphoricarpos microphyllus</i> Kunth	9	1
Caprifoliaceae	<i>Valeriana densiflora</i> Benth.	18	1
Caprifoliaceae	<i>Valeriana palmeri</i> A. Gray	5	1
Caprifoliaceae	<i>Valeriana sorbifolia</i> Kunth	10	0.83333333
Caprifoliaceae	<i>Valeriana urticifolia</i> Kunth	22	1
Caricaceae	<i>Jacaratia mexicana</i> A. DC.	19	0.8125
Caryophyllaceae	<i>Arenaria bourgaei</i> Hemsl.	7	1
Caryophyllaceae	<i>Arenaria lanuginosa</i> (Michx.) Rohrb.	7	1
Caryophyllaceae	<i>Arenaria paludicola</i> B.L. Rob.	6	1
Caryophyllaceae	<i>Drymaria villosa</i> Schltdl. & Cham.	6	0.88888889
Caryophyllaceae	<i>Stellaria cuspidata</i> Willd. ex Schltdl.	6	1
Caryophyllaceae	<i>Stellaria nemorum</i> L.	6	1
Celastraceae	<i>Celastrus pringlei</i> Rose	19	1
Celastraceae	<i>Pristimera celastroides</i> (Kunth) A.C. Sm	28	0.79591837

Celastraceae	<i>Wimmeria serrulata</i> (DC.) Radlk.	7	0.84375
Ceratophyllaceae	<i>Ceratophyllum demersum</i> L.	6	0.75
Cistaceae	<i>Helianthemum glomeratum</i> (Lag.) Lag. ex DC.	10	0.88194444
Clethraceae	<i>Clethra mexicana</i> DC.	26	0.93792517
Combretaceae	<i>Combretum fruticosum</i> (Loefl.) Stuntz	27	0.88888889
Combretaceae	<i>Terminalia catappa</i> L.	6	0.875
Commelinaceae	<i>Commelina coelestis</i> Willd.	15	0.96611111
Commelinaceae	<i>Commelina diffusa</i> Burm. f.	16	0.78
Commelinaceae	<i>Commelina erecta</i> L.	13	0.92444444
Commelinaceae	<i>Commelina leiocarpa</i> Benth.	8	1
Commelinaceae	<i>Commelina orchioides</i> Booth ex Lindl.	6	1
Commelinaceae	<i>Commelina tuberosa</i> L.	10	1
Commelinaceae	<i>Gibasis linearis</i> (Benth.) Rohweder	6	0.875
Commelinaceae	<i>Gibasis pulchella</i> (Kunth) Raf.	7	1
Commelinaceae	<i>Thyrsanthemum macrophyllum</i> (Greenm.) Rohweder	8	0.77777778
Commelinaceae	<i>Tradescantia commelinoides</i> Schult. & Schult. f.	24	1
Commelinaceae	<i>Tradescantia tepoxtlana</i> Matuda	5	1
Commelinaceae	<i>Tripogandra amplexans</i> Handlos	6	0.88888889
Commelinaceae	<i>Tripogandra amplexicaulis</i> (Klotzsch ex C.B. Clarke) Woodson	17	0.89833333
Commelinaceae	<i>Tripogandra purpurascens</i> (S. Schauer) Handlos	9	0.98
Convolvulaceae	<i>Calycobolus nutans</i> (Choisy) D.F. Austin	10	0.86
Convolvulaceae	<i>Cuscuta gracillima</i> Engelm.	5	1
Convolvulaceae	<i>Ipomoea arborescens</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) G. Don	9	0.96875
Convolvulaceae	<i>Ipomoea bracteata</i> Cav.	29	0.995
Convolvulaceae	<i>Ipomoea cuernavacensis</i> House	5	1
Convolvulaceae	<i>Ipomoea emetica</i> Choisy	7	1
Convolvulaceae	<i>Ipomoea hederifolia</i> L.	11	0.98
Convolvulaceae	<i>Ipomoea parasitica</i> (Kunth) G. Don	5	1
Convolvulaceae	<i>Ipomoea pauciflora</i> M. Martens & Galeotti	12	0.84
Convolvulaceae	<i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth	18	0.94529478
Convolvulaceae	<i>Ipomoea tricolor</i> Cav.	16	0.88888889
Convolvulaceae	<i>Ipomoea triloba</i> L.	6	1
Convolvulaceae	<i>Merremia quinquefolia</i> (L.) Hallier f.	6	0.875
Convolvulaceae	<i>Turbina corymbosa</i> (L.) Raf.	13	0.9175
Cordiaceae	<i>Cordia dodecandra</i> DC.	7	1
Cordiaceae	<i>Cordia morelosana</i> Standl.	24	0.82592593
Cordiaceae	<i>Varronia globosa</i> Jacq.	7	0.94444444
Cornaceae	<i>Cornus disciflora</i> Moc. & Sessé ex DC.	16	0.81944444
Crassulaceae	<i>Echeveria gibbiflora</i> DC.	7	1
Crassulaceae	<i>Echeveria obtusifolia</i> Rose	6	1
Crassulaceae	<i>Sedum frutescens</i> Rose	8	0.83333333
Crassulaceae	<i>Sedum hemsleyanum</i> Rose	8	0.875
Crassulaceae	<i>Sedum jaliscanum</i> S. Watson	8	1

Crassulaceae	<i>Sedum oxypetalum</i> Kunth	7	1
Crassulaceae	<i>Sedum tortuosum</i> Hemsl.	14	1
Cucurbitaceae	<i>Cucurbita ficifolia</i> Bouché	5	1
Cucurbitaceae	<i>Cyclanthera tamnoides</i> (Willd.) Cogn.	6	1
Cucurbitaceae	<i>Echinopepon cirrhopedunculatus</i> Rose	7	0.90625
Cucurbitaceae	<i>Echinopepon racemosus</i> (Steud.) C. Jeffrey	7	0.83333333
Cucurbitaceae	<i>Melothria pendula</i> L.	23	1
Cucurbitaceae	<i>Microsechium palmatum</i> (Ser.) Cogn.	7	1
Cucurbitaceae	<i>Schizocarpum parviflorum</i> B.L. Rob. & Greenm.	7	0.94444444
Cucurbitaceae	<i>Schizocarpum reflexum</i> Rose	7	1
Cucurbitaceae	<i>Sechiopsis triquetra</i> (Moc. & Sessé ex Ser.) Naudin	21	0.76530612
Cucurbitaceae	<i>Sicyos microphyllus</i> Kunth	6	1
Cyperaceae	<i>Bulbostylis juncooides</i> (Vahl) Kük. ex Osten	6	1
Cyperaceae	<i>Carex psilocarpa</i> Steud.	5	1
Cyperaceae	<i>Cyperus esculentus</i> L.	6	1
Cyperaceae	<i>Cyperus flavescens</i> L.	5	1
Cyperaceae	<i>Cyperus hermaphroditus</i> (Jacq.) Standl.	18	0.85763889
Cyperaceae	<i>Cyperus involucratus</i> Rottb.	11	0.9375
Cyperaceae	<i>Cyperus iria</i> L.	16	1
Cyperaceae	<i>Cyperus macrostachyos</i> Lam.	9	1
Cyperaceae	<i>Cyperus manimae</i> Kunth	10	0.90625
Cyperaceae	<i>Cyperus mutisii</i> (Kunth) Andersson	6	1
Cyperaceae	<i>Cyperus niger</i> Ruiz & Pav.	15	1
Cyperaceae	<i>Cyperus ochraceus</i> Vahl	27	0.9609375
Cyperaceae	<i>Cyperus seslerioides</i> Kunth	12	0.96875
Cyperaceae	<i>Cyperus surinamensis</i> Rottb.	9	1
Cyperaceae	<i>Eleocharis acicularis</i> (L.) Roem. & Schult.	16	0.94444444
Cyperaceae	<i>Eleocharis densa</i> Benth.	10	1
Cyperaceae	<i>Eleocharis elegans</i> (Kunth) Roem. & Schult.	7	1
Cyperaceae	<i>Eleocharis filiculmis</i> Kunth	13	0.80208333
Cyperaceae	<i>Eleocharis geniculata</i> (L.) Roem. & Schult.	12	0.91319444
Cyperaceae	<i>Eleocharis interstincta</i> (Vahl) Roem. & Schult.	7	1
Cyperaceae	<i>Eleocharis macrostachya</i> Britton	6	1
Cyperaceae	<i>Eleocharis montana</i> (Kunth) Roem. & Schult.	8	1
Cyperaceae	<i>Eleocharis montevidensis</i> Kunth	17	0.8375
Cyperaceae	<i>Fuirena simplex</i> Vahl	6	1
Cyperaceae	<i>Kyllinga brevifolia</i> Rottb.	5	1
Cyperaceae	<i>Schoenoplectus californicus</i> (C.A. Mey.) Soják	16	1
Chrysobalanaceae	<i>Licania arborea</i> Seem.	27	0.84375
Dioscoreaceae	<i>Dioscorea convolvulacea</i> Schltldl. & Cham.	11	0.75
Dioscoreaceae	<i>Dioscorea galeottiana</i> Kunth	18	1
Dioscoreaceae	<i>Dioscorea morelosana</i> (Uline) Matuda	6	1
Dioscoreaceae	<i>Dioscorea platycolpota</i> Uline	5	1

Dioscoreaceae	<i>Dioscorea remotiflora</i> Kunth	19	1
Dioscoreaceae	<i>Dioscorea ulinei</i> Greene	9	0.83333333
Ehretiaceae	<i>Bourreria andrieuxii</i> (DC.) Hemsl.	9	0.875
Ehretiaceae	<i>Ehretia latifolia</i> DC.	6	0.83333333
Ehretiaceae	<i>Ehretia tinifolia</i> L.	10	0.86
Ehretiaceae	<i>Lennea madreporoides</i> Lex.	13	1
Ericaceae	<i>Arbutus xalapensis</i> Kunth	27	1
Ericaceae	<i>Comarostaphylis discolor</i> (Hook.) Diggs	8	1
Ericaceae	<i>Comarostaphylis glaucescens</i> (Kunth) Zucc. ex Klotzsch	8	1
Ericaceae	<i>Comarostaphylis polifolia</i> (Kunth) Zucc. ex Klotzsch	6	1
Ericaceae	<i>Gaultheria erecta</i> Vent.	5	1
Ericaceae	<i>Pernettya ciliata</i> (Schltdl. & Cham.) Small	8	0.81944444
Eriocaulaceae	<i>Eriocaulon benthamii</i> Kunth	9	1
Euphorbiaceae	<i>Acalypha adenostachya</i> Müll. Arg.	12	1
Euphorbiaceae	<i>Acalypha alopecuroidea</i> Jacq.	6	0.75
Euphorbiaceae	<i>Acalypha langiana</i> Müll. Arg.	6	0.75
Euphorbiaceae	<i>Acalypha mollis</i> Kunth	6	1
Euphorbiaceae	<i>Cnidoscolus angustidens</i> Torr.	12	0.8375
Euphorbiaceae	<i>Cnidoscolus urens</i> (L.) Arthur	5	1
Euphorbiaceae	<i>Croton ciliatoglandulifer</i> Ortega	40	0.93402778
Euphorbiaceae	<i>Croton morifolius</i> Willd.	24	0.79421769
Euphorbiaceae	<i>Dalechampia scandens</i> L.	9	0.77777778
Euphorbiaceae	<i>Ditaxis pringlei</i> (Greenm.) Pax & K. Hoffm.	5	1
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia adiantoides</i> Lam.	7	1
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia ariensis</i> Kunth	11	1
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia calcicola</i> Fernald	11	1
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia cyathophora</i> Murray	8	0.83333333
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia dentata</i> Michx.	7	0.88888889
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia graminea</i> Jacq.	16	1
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia heterophylla</i> L.	13	0.9
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia hirta</i> L.	27	0.81163194
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia mendezii</i> Boiss.	8	0.94444444
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia schlechtendalii</i> Boiss.	28	0.91948342
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia subpeltata</i> S. Watson	7	1
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia tanquahuete</i> Sessé & Moc.	5	1
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia umbellulata</i> Engelm. ex Boiss.	8	0.8125
Euphorbiaceae	<i>Ricinus communis</i> L.	10	0.9375
Euphorbiaceae	<i>Sapium macrocarpum</i> Müll. Arg.	22	0.94897959
Euphorbiaceae	<i>Stillingia zelayensis</i> (Kunth) Müll. Arg.	10	0.77777778
Fabaceae	<i>Acaciella angustissima</i> (Mill.) Britton & Rose	21	0.87037037
Fabaceae	<i>Acaciella igualensis</i> Britton & Rose	5	1
Fabaceae	<i>Acaciella painteri</i> Britton & Rose	13	0.76111111
Fabaceae	<i>Aeschynomene americana</i> L.	42	0.94541322

Fabaceae	<i>Astragalus guatemalensis</i> Hemsl.	6	0.875
Fabaceae	<i>Bauhinia dipetala</i> Hemsl.	6	1
Fabaceae	<i>Caesalpinia pulcherrima</i> (L.) Sw.	14	0.78125
Fabaceae	<i>Calliandra eriophylla</i> Benth.	7	0.94444444
Fabaceae	<i>Calliandra grandiflora</i> (L'Hér.) Benth.	10	0.94444444
Fabaceae	<i>Calliandra houstoniana</i> (Mill.) Standl.	10	0.75
Fabaceae	<i>Canavalia villosa</i> Benth.	9	0.79513889
Fabaceae	<i>Conzattia multiflora</i> (B.L. Rob.) Standl.	16	0.88888889
Fabaceae	<i>Coursetia caribaea</i> (Jacq.) Lavin	6	1
Fabaceae	<i>Crotalaria cajanifolia</i> Kunth	29	0.87055556
Fabaceae	<i>Crotalaria mollicula</i> Kunth	16	1
Fabaceae	<i>Crotalaria pumila</i> Ortega	42	0.92114325
Fabaceae	<i>Chamaecrista absus</i> (L.) H.S. Irwin & Barneby	6	0.875
Fabaceae	<i>Chamaecrista nictitans</i> (L.) Moench	11	1
Fabaceae	<i>Dalbergia congestiflora</i> Pittier	6	1
Fabaceae	<i>Dalea foliolosa</i> (Aiton) Barneby	5	1
Fabaceae	<i>Dalea humilis</i> G. Don	11	0.94444444
Fabaceae	<i>Dalea leptostachya</i> DC.	9	0.875
Fabaceae	<i>Dalea thouinii</i> Schrank	5	1
Fabaceae	<i>Dalea tomentosa</i> (Cav.) Willd.	6	1
Fabaceae	<i>Delonix regia</i> (Bojer ex Hook.) Raf.	5	1
Fabaceae	<i>Desmanthus virgatus</i> (L.) Willd.	12	0.98
Fabaceae	<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb.	9	0.8125
Fabaceae	<i>Erythrina americana</i> Mill.	5	0.81944444
Fabaceae	<i>Erythrina breviflora</i> DC.	6	1
Fabaceae	<i>Eysenhardtia adenostylis</i> Baill.	5	1
Fabaceae	<i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ortega) Sarg.	10	0.88194444
Fabaceae	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Kunth ex Walp.	21	0.875
Fabaceae	<i>Haematoxylum brasiletto</i> H. Karst.	12	1
Fabaceae	<i>Indigofera platycarpa</i> Rose	5	1
Fabaceae	<i>Inga vera</i> Willd.	19	0.78277778
Fabaceae	<i>Leucaena esculenta</i> (Moc. & Sessé ex DC.) Benth.	22	0.796875
Fabaceae	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	5	0.83333333
Fabaceae	<i>Leucaena macrophylla</i> Benth.	17	0.83333333
Fabaceae	<i>Lonchocarpus caudatus</i> Pittier	8	0.88888889
Fabaceae	<i>Lysiloma acapulcense</i> (Kunth) Benth.	28	1
Fabaceae	<i>Lysiloma tergeminum</i> Benth.	28	0.77160494
Fabaceae	<i>Marina minutiflora</i> (Rose) Barneby	6	0.94444444
Fabaceae	<i>Marina nutans</i> (Cav.) Barneby	6	1
Fabaceae	<i>Microlobius foetidus</i> (Jacq.) M. Sousa & G. Andrade	6	1
Fabaceae	<i>Mimosa affinis</i> B.L. Rob.	5	0.88888889
Fabaceae	<i>Mimosa galeottii</i> Benth.	15	1
Fabaceae	<i>Mimosa polyantha</i> Benth.	29	0.78623457

Fabaceae	<i>Mimosa tricephala</i> Schltld. & Cham.	5	1
Fabaceae	<i>Neptunia oleracea</i> Lour.	6	1
Fabaceae	<i>Nissolia fruticosa</i> Jacq.	12	0.92
Fabaceae	<i>Phaseolus anisotrichos</i> Schltld.	10	0.875
Fabaceae	<i>Phaseolus coccineus</i> L.	36	0.9375
Fabaceae	<i>Phaseolus lunatus</i> L.	6	1
Fabaceae	<i>Piptadenia flava</i> (Spreng. ex DC.) Benth.	7	1
Fabaceae	<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.	31	0.8984375
Fabaceae	<i>Rhynchosia discolor</i> M. Martens & Galeotti	13	0.91319444
Fabaceae	<i>Rhynchosia minima</i> (L.) DC.	16	0.94444444
Fabaceae	<i>Senegalia picachensis</i> (Brandege) Britton & Rose	8	0.83333333
Fabaceae	<i>Senegalia riparia</i> (Kunth) Britton	5	1
Fabaceae	<i>Senna alata</i> (L.) Roxb.	7	0.94444444
Fabaceae	<i>Senna argentea</i> (Kunth) H.S. Irwin & Barneby	11	0.77083333
Fabaceae	<i>Senna didymobotrya</i> (Fresen.) H.S. Irwin & Barneby	9	1
Fabaceae	<i>Senna hirsuta</i> (L.) H.S. Irwin & Barneby	42	0.76257396
Fabaceae	<i>Senna holwayana</i> (Rose) H.S. Irwin & Barneby	46	0.82098765
Fabaceae	<i>Senna occidentalis</i> (L.) Link	30	0.845
Fabaceae	<i>Senna racemosa</i> (Mill.) H.S. Irwin & Barneby	9	0.77777778
Fabaceae	<i>Senna skinneri</i> (Benth.) H.S. Irwin & Barneby	32	0.9609375
Fabaceae	<i>Senna spectabilis</i> (DC.) H.S. Irwin & Barneby	12	0.83333333
Fabaceae	<i>Senna uniflora</i> (Mill.) H.S. Irwin & Barneby	61	0.87890625
Fabaceae	<i>Sesbania herbacea</i> (Mill.) McVaugh	24	0.92857143
Fabaceae	<i>Sphingia acatensis</i> (Benth.) Barneby & J.W. Grimes	7	0.88888889
Fabaceae	<i>Tamarindus indica</i> L.	8	0.8125
Fabaceae	<i>Trifolium amabile</i> Kunth	10	0.9375
Fabaceae	<i>Vachellia farnesiana</i> (L.) Wight & Arn.	19	0.81632653
Fabaceae	<i>Vachellia pennatula</i> (Schltld. & Cham.) Seigler & Ebinger	17	0.83871882
Fabaceae	<i>Vigna luteola</i> (Jacq.) Benth.	10	0.98
Fabaceae	<i>Zapoteca formosa</i> (Kunth) H.M. Hern.	12	0.84375
Fagaceae	<i>Quercus candicans</i> Née	16	0.88888889
Fagaceae	<i>Quercus castanea</i> Née	38	0.98979592
Fagaceae	<i>Quercus crassipes</i> Bonpl.	9	0.83333333
Fagaceae	<i>Quercus diversifolia</i> Née	5	1
Fagaceae	<i>Quercus glaucoides</i> M. Martens & Galeotti	13	0.96875
Fagaceae	<i>Quercus laurina</i> Bonpl.	14	0.875
Fagaceae	<i>Quercus obtusata</i> Bonpl.	32	0.86
Fagaceae	<i>Quercus rugosa</i> Née	36	0.98
Fagaceae	<i>Quercus splendens</i> Née	5	1
Garryaceae	<i>Garrya laurifolia</i> Hartw. ex Benth.	10	0.91319444
Garryaceae	<i>Garrya longifolia</i> Rose	14	0.83333333
Gentianaceae	<i>Gentiana bicuspidata</i> (G. Don) Briq.	6	1
Gentianaceae	<i>Halenia brevicornis</i> (Kunth) G. Don	11	1

Gentianaceae	<i>Halenia plantaginea</i> (Kunth) G. Don	5	1
Gentianaceae	<i>Zeltnera quitensis</i> (Kunth) G. Mans.	6	1
Geraniaceae	<i>Geranium lilacinum</i> R. Knuth	5	1
Geraniaceae	<i>Geranium potentillifolium</i> DC.	18	0.96875
Geraniaceae	<i>Geranium seemannii</i> Peyr.	22	0.96875
Gesneriaceae	<i>Achimenes antirrhina</i> (DC.) C.V. Morton	7	1
Gesneriaceae	<i>Achimenes grandiflora</i> (Schiede) DC.	9	0.9375
Grossulariaceae	<i>Ribes ciliatum</i> Humb. & Bonpl. ex Roem. & Schult.	11	0.75
Haloragaceae	<i>Myriophyllum aquaticum</i> (Vell.) Verdc.	10	0.875
Haloragaceae	<i>Myriophyllum heterophyllum</i> Michx.	5	1
Hernandiaceae	<i>Gyrocarpus jatrophifolius</i> Domin	9	1
Hydrocharitaceae	<i>Egeria densa</i> Planch.	26	0.96
Hydrocharitaceae	<i>Najas guadalupensis</i> (Spreng.) Magnus	31	0.9453125
Hydrocharitaceae	<i>Najas marina</i> L.	8	1
Hydroleaceae	<i>Hydrolea spinosa</i> L.	8	1
Hydrophyllaceae	<i>Phacelia platycarpa</i> (Cav.) Spreng.	8	1
Iridaceae	<i>Nemastylis tenuis</i> (Herb.) S. Watson	7	0.88888889
Iridaceae	<i>Sisyrinchium angustissimum</i> (B.L. Rob. & Greenm.) Greenm. & C.H. Thomps.	7	0.83333333
Iridaceae	<i>Sisyrinchium scabrum</i> Cham. & Schldt.	9	1
Iridaceae	<i>Sisyrinchium tenuifolium</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	10	0.94444444
Iridaceae	<i>Sisyrinchium toluicense</i> Peyr.	6	1
Iridaceae	<i>Tigridia multiflora</i> (Herb.) Ravenna	11	1
Iridaceae	<i>Tigridia tepoxtlana</i> Ravenna	5	1
Juncaceae	<i>Juncus balticus</i> Willd.	16	1
Juncaceae	<i>Juncus ebracteatus</i> E. Mey.	7	1
Juncaceae	<i>Juncus liebmannii</i> J.F. Macbr.	9	1
Juncaginaceae	<i>Triglochin scilloides</i> (Poir.) Mering & Kadereit	6	1
Lamiaceae	<i>Agastache mexicana</i> (Kunth) Lint & Epling	5	1
Lamiaceae	<i>Asterohyptis stellulata</i> (Benth.) Epling	33	0.83471074
Lamiaceae	<i>Cantinoa mutabilis</i> (Rich.) Harley & J.F.B. Pastore	8	0.76388889
Lamiaceae	<i>Clinopodium macrostemum</i> (Moc. & Sessé ex Benth.) Kuntze	12	1
Lamiaceae	<i>Cunila lythrifolia</i> Benth.	6	0.75
Lamiaceae	<i>Hyptis capitata</i> Jacq.	11	0.9375
Lamiaceae	<i>Leonotis nepetifolia</i> (L.) R. Br.	15	0.94611111
Lamiaceae	<i>Lepechinia caulescens</i> (Ortega) Epling	17	1
Lamiaceae	<i>Mesosphaerum suaveolens</i> (L.) Kuntze	6	1
Lamiaceae	<i>Salvia albocaerulea</i> Linden	11	0.77777778
Lamiaceae	<i>Salvia breviflora</i> Moc. & Sessé	11	0.96875
Lamiaceae	<i>Salvia elegans</i> Vahl	24	1
Lamiaceae	<i>Salvia fulgens</i> Cav.	17	0.92875
Lamiaceae	<i>Salvia gesneriflora</i> Lindl. & Paxton	12	1
Lamiaceae	<i>Salvia gracilipes</i> Epling	6	1

Lamiaceae	<i>Salvia helianthemifolia</i> Benth.	8	1
Lamiaceae	<i>Salvia iodantha</i> Fernald	17	1
Lamiaceae	<i>Salvia lasiantha</i> Benth.	5	1
Lamiaceae	<i>Salvia lavanduloides</i> Kunth	41	0.90277778
Lamiaceae	<i>Salvia leptostachys</i> Benth.	15	0.76375
Lamiaceae	<i>Salvia mexicana</i> L.	49	0.90827546
Lamiaceae	<i>Salvia mocinoi</i> Benth.	12	1
Lamiaceae	<i>Salvia nepetoides</i> Kunth	19	1
Lamiaceae	<i>Salvia oreopola</i> Fernald	10	1
Lamiaceae	<i>Salvia polystachia</i> Cav.	51	0.89367769
Lamiaceae	<i>Salvia prunelloides</i> Kunth	9	1
Lamiaceae	<i>Salvia purpurea</i> Cav.	35	0.85522959
Lamiaceae	<i>Salvia rhyacophila</i> (Fernald) Epling	13	0.78
Lamiaceae	<i>Salvia sessei</i> Benth.	59	0.90625
Lamiaceae	<i>Salvia setulosa</i> Fernald	9	0.875
Lamiaceae	<i>Salvia stachyoides</i> Kunth	9	1
Lamiaceae	<i>Salvia tiliifolia</i> Vahl	5	0.94444444
Lamiaceae	<i>Scutellaria dumetorum</i> Schltld.	12	1
Lamiaceae	<i>Stachys agraria</i> Schltld. & Cham	10	1
Lamiaceae	<i>Stachys coccinea</i> Ortega	25	1
Lamiaceae	<i>Vitex hemsleyi</i> Briq.	9	1
Lamiaceae	<i>Vitex mollis</i> Kunth	49	0.86945266
Lamiaceae	<i>Vitex pyramidata</i> B.L. Rob.	11	1
Lauraceae	<i>Litsea glaucescens</i> Kunth	6	1
Lentibulariaceae	<i>Pinguicula moranensis</i> Kunth	11	0.88888889
Lentibulariaceae	<i>Pinguicula parvifolia</i> B.L. Rob.	6	1
Lentibulariaceae	<i>Utricularia livida</i> E. Mey.	6	1
Liliaceae	<i>Calochortus cernuus</i> J.H. Painter	13	0.94444444
Liliaceae	<i>Calochortus fuscus</i> Schult. f.	5	1
Liliaceae	<i>Calochortus pringlei</i> B.L. Rob.	10	1
Liliaceae	<i>Calochortus purpureus</i> (Kunth) Baker	8	1
Linaceae	<i>Linum orizabae</i> Planch.	8	1
Linderniaceae	<i>Lindernia dubia</i> (L.) Pennell	10	0.76388889
Loasaceae	<i>Gronovia longiflora</i> Rose	7	1
Loasaceae	<i>Gronovia scandens</i> L.	16	1
Loranthaceae	<i>Cladocolea grahamii</i> (Benth.) Tiegh.	9	1
Loranthaceae	<i>Cladocolea loniceroides</i> (Tiegh.) Kuijt	7	1
Loranthaceae	<i>Psittacanthus americanus</i> (Jacq.) Mart.	8	1
Loranthaceae	<i>Psittacanthus calyculatus</i> (DC.) G. Don	15	0.77777778
Loranthaceae	<i>Psittacanthus palmeri</i> (S. Watson) Barlow & Wiens	5	1
Loranthaceae	<i>Struthanthus interruptus</i> (Kunth) G. Don	12	0.96875
Lythraceae	<i>Cuphea aequipetala</i> Cav.	13	1
Lythraceae	<i>Cuphea bustamanta</i> Lex.	15	1

Lythraceae	<i>Cuphea glossostoma</i> Koehne	9	0.94444444
Lythraceae	<i>Cuphea heterophylla</i> Benth.	11	0.88875
Lythraceae	<i>Cuphea jorullensis</i> Kunth	8	0.88194444
Lythraceae	<i>Cuphea koehneana</i> Rose	8	0.875
Lythraceae	<i>Cuphea lobophora</i> Koehne	9	0.90625
Lythraceae	<i>Cuphea lophostoma</i> Koehne	5	1
Lythraceae	<i>Cuphea micropetala</i> Kunth	43	0.9214876
Lythraceae	<i>Cuphea paucipetala</i> S.A. Graham	6	1
Lythraceae	<i>Cuphea toluicana</i> Peyr.	12	1
Lythraceae	<i>Heimia salicifolia</i> Link	13	0.89055556
Malpighiaceae	<i>Bunchosia montana</i> A.Juss.	6	1
Malpighiaceae	<i>Echinopterys eglandulosa</i> (A. Juss.) Small	8	0.88194444
Malpighiaceae	<i>Galphimia glauca</i> Cav.	25	0.75
Malpighiaceae	<i>Galphimia paniculata</i> Bartl.	19	0.94160998
Malpighiaceae	<i>Gaudichaudia albida</i> Schltdl. & Cham.	11	0.98
Malpighiaceae	<i>Heteropterys brachiata</i> (L.) DC.	35	0.77598852
Malpighiaceae	<i>Heteropterys cotinifolia</i> A. Juss.	17	1
Malpighiaceae	<i>Malpighia mexicana</i> A. Juss.	24	0.85185185
Malpighiaceae	<i>Mascagnia polybotrya</i> (A. Juss.) Nied.	45	0.89067636
Malpighiaceae	<i>Psychopterys dipholiphylla</i> (Small) W.R. Anderson & S. Corso	5	1
Malpighiaceae	<i>Tetrapteryx mexicana</i> Hook. & Arn.	7	0.88888889
Malvaceae	<i>Anoda acerifolia</i> Cav.	5	0.76388889
Malvaceae	<i>Anoda cristata</i> (L.) Schltdl.	56	0.91930012
Malvaceae	<i>Ayenia ovata</i> Hemsl.	5	1
Malvaceae	<i>Ceiba aesculifolia</i> (Kunth) Britten & Baker f.	26	1
Malvaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	74	0.80859375
Malvaceae	<i>Heliocarpus terebinthinaceus</i> (DC.) Hochr.	22	0.84722222
Malvaceae	<i>Heliocarpus velutinus</i> Rose	6	1
Malvaceae	<i>Herissantia crispa</i> (L.) Brizicky	7	0.88888889
Malvaceae	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i> L.	10	1
Malvaceae	<i>Malvastrum coromandelianum</i> (L.) Garcke	14	0.84888889
Malvaceae	<i>Malvaviscus arboreus</i> Cav.	23	0.85714286
Malvaceae	<i>Melochia corymbosa</i> (C. Presl) Meisn. ex Steud.	18	0.875
Malvaceae	<i>Pseudobombax ellipticum</i> (Kunth) Dugand	17	0.88
Malvaceae	<i>Sida abutifolia</i> Mill.	10	0.88888889
Malvaceae	<i>Sida ciliaris</i> L.	8	0.88888889
Malvaceae	<i>Sida glabra</i> Mill.	12	0.92
Malvaceae	<i>Sida rhombifolia</i> L.	29	0.75154321
Malvaceae	<i>Sida spinosa</i> L.	13	0.84375
Malvaceae	<i>Tilia americana</i> L.	8	1
Malvaceae	<i>Triumfetta semitriloba</i> Jacq.	15	0.88
Malvaceae	<i>Waltheria indica</i> L.	50	0.90302433
Marantaceae	<i>Maranta arundinacea</i> L.	20	0.90611111

Marantaceae	<i>Thalia geniculata</i> L.	26	0.84693878
Martyniaceae	<i>Proboscidea louisiana</i> (Mill.) Thell.	8	0.83333333
Melanthiaceae	<i>Schoenocaulon tenue</i> Baker	8	1
Melastomataceae	<i>Monochaetum calcaratum</i> (DC.) Triana	9	1
Melastomataceae	<i>Tibouchina tortuosa</i> (Bonpl.) Almeda	5	1
Meliaceae	<i>Cedrela oaxacensis</i> C. DC. & Rose	22	0.88
Meliaceae	<i>Guarea glabra</i> Vahl	6	0.94444444
Meliaceae	<i>Swietenia humilis</i> L.	11	1
Meliaceae	<i>Trichilia americana</i> (Sessé & Moc.) T.D. Penn.	33	0.83673469
Meliaceae	<i>Trichilia hirta</i> L.	32	0.80612245
Moraceae	<i>Dorstenia drakena</i> L.	20	0.875
Moraceae	<i>Ficus cotinifolia</i> Kunth	30	0.84567901
Moraceae	<i>Ficus crocata</i> (Miq.) Miq.	11	0.8575
Moraceae	<i>Ficus insipida</i> Willd.	14	0.88
Moraceae	<i>Ficus pertusa</i> L. f.	8	1
Moraceae	<i>Ficus petiolaris</i> Kunth	16	0.89190051
Moraceae	<i>Ficus velutina</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	8	1
Myrtaceae	<i>Eugenia cantuana</i> Lundell	8	1
Nyctaginaceae	<i>Boerhavia coccinea</i> Mill.	24	0.89907526
Nyctaginaceae	<i>Boerhavia diffusa</i> L.	7	0.90625
Nyctaginaceae	<i>Bougainvillea glabra</i> Choisy	6	1
Nyctaginaceae	<i>Guapira petenensis</i> (Lundell) Lundell	5	1
Nyctaginaceae	<i>Mirabilis jalapa</i> L.	8	0.9375
Nyctaginaceae	<i>Mirabilis viscosa</i> Cav.	5	0.76388889
Nyctaginaceae	<i>Salpianthus purpurascens</i> (Cav. ex Lag.) Hook. & Arn.	15	0.8125
Oleaceae	<i>Fraxinus uhdei</i> (Wenz.) Lingelsh.	8	1
Onagraceae	<i>Epilobium ciliatum</i> Raf.	14	1
Onagraceae	<i>Fuchsia arborescens</i> Sims	8	1
Onagraceae	<i>Fuchsia encliandra</i> Steud.	9	1
Onagraceae	<i>Fuchsia microphylla</i> Kunth	11	1
Onagraceae	<i>Lopezia miniata</i> Lag. ex DC.	19	0.79055556
Onagraceae	<i>Lopezia racemosa</i> Cav.	50	0.82644628
Onagraceae	<i>Ludwigia octovalvis</i> (Jacq.) P.H. Raven	98	0.89455782
Onagraceae	<i>Ludwigia peploides</i> (Kunth) P.H. Raven	51	0.90306122
Onagraceae	<i>Oenothera deserticola</i> (Loes.) Munz	7	1
Onagraceae	<i>Oenothera pubescens</i> Willd. ex Spreng.	16	1
Onagraceae	<i>Oenothera rosea</i> L'Hér. ex Aiton	13	0.9375
Opiliaceae	<i>Agonandra racemosa</i> (DC.) Standl.	13	0.75
Orchidaceae	<i>Barkeria obovata</i> (Presl) Christenson	6	1
Orchidaceae	<i>Bletia adenocarpa</i> Rchb. f.	8	1
Orchidaceae	<i>Bletia campanulata</i> Lex.	5	0.75
Orchidaceae	<i>Bletia coccinea</i> Lex.	9	0.94444444
Orchidaceae	<i>Bletia gracilis</i> Lodd.	18	0.8375

Orchidaceae	<i>Bletia punctata</i> Lex.	6	1
Orchidaceae	<i>Bletia purpurata</i> A. Rich. & Galeotti	16	0.875
Orchidaceae	<i>Bletia reflexa</i> Lindl.	9	1
Orchidaceae	<i>Corallorhiza maculata</i> (Raf.) Raf.	9	1
Orchidaceae	<i>Cranichis subumbellata</i> A. Rich. & Galeotti	5	1
Orchidaceae	<i>Cyrtopodium macrobulbon</i> (Lex.) G.A. Romero-Gonzalez & Carnevali	12	0.94444444
Orchidaceae	<i>Deiregyne densiflora</i> (C. Schweinf.) Salazar & Soto Arenas	5	1
Orchidaceae	<i>Dichromanthus aurantiacus</i> (Lex.) Salazar & Soto Arenas	43	0.86178627
Orchidaceae	<i>Dichromanthus michuacanus</i> (Lex.) Salazar & Soto Arenas	8	0.83333333
Orchidaceae	<i>Encyclia adenocarpa</i> (Lex.) Schltr.	16	1
Orchidaceae	<i>Epidendrum anisatum</i> Lex.	21	0.92
Orchidaceae	<i>Epidendrum matudae</i> L.O. Williams	9	1
Orchidaceae	<i>Epidendrum parkinsonianum</i> Hook.	7	0.83333333
Orchidaceae	<i>Erycina hyalinobulbon</i> (Lex.) N.H. Williams & M.W. Chase	7	0.875
Orchidaceae	<i>Galeoglossum tubulosum</i> (Lindl.) Salazar	7	1
Orchidaceae	<i>Goodyera striata</i> Rchb.f.	5	1
Orchidaceae	<i>Govenia liliacea</i> (Lex.) Lindl.	21	0.88
Orchidaceae	<i>Govenia superba</i> (Lex.) Lindl. ex Lodd.	13	1
Orchidaceae	<i>Guarianthe aurantiaca</i> (Bateman ex Lindl.) Dressler & W.E. Higgins	5	0.88888889
Orchidaceae	<i>Habenaria clypeata</i> Lindl.	5	1
Orchidaceae	<i>Habenaria crassicornis</i> Lindl.	15	1
Orchidaceae	<i>Habenaria guadalajarana</i> S. Watson	18	0.96875
Orchidaceae	<i>Habenaria novemfida</i> Lindl.	23	0.98
Orchidaceae	<i>Habenaria quinqueseta</i> (Michx.) Eaton	9	1
Orchidaceae	<i>Habenaria rzedowskiana</i> R.González	6	0.75
Orchidaceae	<i>Hexalectris brevicaulis</i> L.O. Williams	5	1
Orchidaceae	<i>Hintonella mexicana</i> Ames	5	1
Orchidaceae	<i>Kionophyton sawyeri</i> (Standl. & L.O. Williams) Garay	5	1
Orchidaceae	<i>Laelia autumnalis</i> (Lex.) Lindl.	9	1
Orchidaceae	<i>Lepanthes nagelii</i> Salazar & Soto Arenas	5	1
Orchidaceae	<i>Liparis greenwoodiana</i> Espejo	14	0.88888889
Orchidaceae	<i>Malaxis carnosa</i> (Kunth) C. Schweinf.	11	0.91666667
Orchidaceae	<i>Malaxis elliptica</i> A. Rich. & Galeotti	9	1
Orchidaceae	<i>Malaxis fastigiata</i> (Rchb. f.) Kuntze	38	0.86846301
Orchidaceae	<i>Malaxis lepidota</i> (Finet) Ames	9	1
Orchidaceae	<i>Malaxis myurus</i> (Lindl.) Kuntze	8	1
Orchidaceae	<i>Malaxis rosilloi</i> R. González & E.W. Greenw.	14	1
Orchidaceae	<i>Malaxis soulei</i> L.O. Williams	5	1
Orchidaceae	<i>Malaxis streptopetala</i> (B.L. Rob. & Greenm.) Ames	6	0.75
Orchidaceae	<i>Physogyne sparsiflora</i> (C. Schweinf.) Garay	5	1
Orchidaceae	<i>Ponthieva ephippium</i> Rchb. f.	8	1
Orchidaceae	<i>Ponthieva racemosa</i> (Walter) C. Mohr	6	1
Orchidaceae	<i>Prosthechea concolor</i> (Lex.) W.E. Higgins	8	1

Orchidaceae	<i>Prosthechea punctulata</i> (Rchb. f.) Soto Arenas & Salazar	6	1
Orchidaceae	<i>Prosthechea squalida</i> (Lex.) Soto Arenas & Salazar	21	0.76
Orchidaceae	<i>Prosthechea varicosa</i> (Bateman ex Lindl.) W.E. Higgins	5	1
Orchidaceae	<i>Rhynchosstele cervantesii</i> (Lex.) Soto Arenas & Salazar	12	1
Orchidaceae	<i>Sacoila lanceolata</i> (Aubl.) Garay	17	0.9
Orchidaceae	<i>Schiedeella llaveana</i> (Lindl.) Schltr.	13	0.81944444
Orchidaceae	<i>Spiranthes graminea</i> Lindl. ex Benth.	11	1
Orchidaceae	<i>Stanhopea hernandezii</i> (Kunth) Schltr.	11	0.81944444
Orchidaceae	<i>Stelis nigriflora</i> (L.O. Williams) Pridgeon & M.W. Chase	8	1
Orchidaceae	<i>Tamayorkis ehrenbergii</i> (Rchb. f.) R. González & Szlach.	9	1
Orchidaceae	<i>Trichocentrum pachyphyllum</i> (Hook.) R. Jiménez & Carnevali	7	1
Orobanchaceae	<i>Castilleja arvensis</i> Schltld. & Cham.	19	0.82
Orobanchaceae	<i>Castilleja nervata</i> Eastw.	7	0.96875
Orobanchaceae	<i>Castilleja tenuiflora</i> Benth.	40	0.905
Orobanchaceae	<i>Castilleja tenuifolia</i> M. Martens & Galeotti	13	0.78125
Orobanchaceae	<i>Conopholis alpina</i> Liebm.	6	1
Orobanchaceae	<i>Lamourouxia multifida</i> Kunth	10	1
Orobanchaceae	<i>Lamourouxia viscosa</i> Kunth	14	0.90444444
Orobanchaceae	<i>Pedicularis mexicana</i> Zucc. ex Benth.	11	1
Oxalidaceae	<i>Oxalis alpina</i> (Rose) Knuth	8	1
Oxalidaceae	<i>Oxalis corniculata</i> L.	12	0.83333333
Oxalidaceae	<i>Oxalis jacquiniana</i> Kunth	9	0.8125
Oxalidaceae	<i>Oxalis latifolia</i> Kunth	12	0.94
Papaveraceae	<i>Argemone platyceras</i> Link & Otto	7	0.88888889
Papaveraceae	<i>Bocconia arborea</i> S. Watson	44	1
Passifloraceae	<i>Passiflora foetida</i> L.	17	0.84693878
Passifloraceae	<i>Passiflora pavonis</i> Mast.	5	1
Passifloraceae	<i>Passiflora suberosa</i> L.	5	1
Passifloraceae	<i>Passiflora subpeltata</i> Ortega	5	1
Passifloraceae	<i>Turnera ulmifolia</i> L.	5	1
Pentaphragaceae	<i>Cleyera integrifolia</i> (Benth.) Choisy	12	0.94444444
Pentaphragaceae	<i>Ternstroemia lineata</i> DC.	26	0.92
Phrymaceae	<i>Erythranthe rupestris</i> (Greene) G.L. Nesom & N.S. Fraga	5	1
Phytolaccaceae	<i>Phytolacca icosandra</i> L.	28	0.92793367
Phytolaccaceae	<i>Rivina humilis</i> L.	21	0.88888889
Picramniaceae	<i>Alvaradoa amorphoides</i> Liebm.	38	0.94847107
Piperaceae	<i>Peperomia galioides</i> Kunth	9	0.94444444
Piperaceae	<i>Piper amalago</i> L.	11	0.88888889
Piperaceae	<i>Piper leucophyllum</i> (Miq.) C. DC.	5	1
Plantaginaceae	<i>Bacopa monnieri</i> (L.) Wettst.	26	0.83950617
Plantaginaceae	<i>Bacopa rotundifolia</i> (Michx.) Wettst.	15	0.86
Plantaginaceae	<i>Maurandya erubescens</i> (D. Don) A. Gray	21	0.77083333
Plantaginaceae	<i>Penstemon campanulatus</i> (Cav.) Willd.	14	1

Plantaginaceae	<i>Penstemon gentianoides</i> (Kunth) Poir.	6	1
Plantaginaceae	<i>Penstemon roseus</i> (Sweet) G. Don	42	0.97959184
Plantaginaceae	<i>Plantago australis</i> Lam.	7	1
Plantaginaceae	<i>Plantago linearis</i> Kunth	5	1
Plantaginaceae	<i>Plantago major</i> L.	7	0.77777778
Plantaginaceae	<i>Russelia coccinea</i> (L.) Wettst.	6	1
Plantaginaceae	<i>Russelia retrorsa</i> Greene	16	0.84375
Plantaginaceae	<i>Russelia verticillata</i> Kunth	5	1
Plantaginaceae	<i>Sibthorpia rotundifolia</i> (Ruiz & Pav.) Edwin	5	1
Plantaginaceae	<i>Veronica americana</i> Schwein. ex Benth.	13	1
Plumbaginaceae	<i>Plumbago zeylanica</i> L.	25	0.95515046
Poaceae	<i>Andropogon fastigiatus</i> Sw.	9	0.90625
Poaceae	<i>Aristida schiedeana</i> Trin. & Rupr.	8	1
Poaceae	<i>Aristida ternipes</i> Cav.	16	0.98
Poaceae	<i>Avena sativa</i> L.	7	0.875
Poaceae	<i>Bouteloua media</i> (E. Fourn.) Gould & Kapadia	10	0.8125
Poaceae	<i>Bouteloua repens</i> (Kunth) Scribn. & Merr.	19	0.89795918
Poaceae	<i>Brachypodium mexicanum</i> (Roem. & Schult.) Link	7	0.94444444
Poaceae	<i>Briza minor</i> L.	7	1
Poaceae	<i>Bromus carinatus</i> Hook. & Arn.	7	1
Poaceae	<i>Cenchrus echinatus</i> L.	7	0.81944444
Poaceae	<i>Cenchrus incertus</i> M.A. Curtis	6	1
Poaceae	<i>Cenchrus pilosus</i> Kunth	14	0.91666667
Poaceae	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	6	0.77777778
Poaceae	<i>Chaetium bromoides</i> (J. Presl) Benth. ex Hemsl.	14	0.875
Poaceae	<i>Chloris virgata</i> Sw.	20	0.82653061
Poaceae	<i>Dactyloctenium aegyptium</i> (L.) Willd.	11	0.94444444
Poaceae	<i>Dichanthelium commutatum</i> (Schult.) Gould	5	1
Poaceae	<i>Digitaria bicornis</i> (Lam.) Roem. & Schult.	12	1
Poaceae	<i>Digitaria ciliaris</i> (Retz.) Koeler	25	0.80864198
Poaceae	<i>Digitaria insularis</i> (L.) Mex ex Ekman	5	1
Poaceae	<i>Digitaria leucites</i> (Trin.) Henrard	12	1
Poaceae	<i>Digitaria ternata</i> (Hochst. ex A. Rich.) Stapf	12	0.96
Poaceae	<i>Echinochloa colona</i> (L.) Link	42	0.83883958
Poaceae	<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	12	0.835
Poaceae	<i>Elionurus ciliaris</i> Kunth	6	0.77777778
Poaceae	<i>Eragrostis cilianensis</i> (All.) Vignolo ex Janch.	6	0.77777778
Poaceae	<i>Eragrostis ciliaris</i> (L.) R. Br.	6	1
Poaceae	<i>Eragrostis japonica</i> (Thunb.) Trin.	7	0.88888889
Poaceae	<i>Eragrostis mexicana</i> (Hornem.) Link	12	0.9
Poaceae	<i>Eragrostis pectinacea</i> (Michx.) Nees	7	0.77777778
Poaceae	<i>Eriochloa acuminata</i> (J.Presl) Kunth	16	0.93877551
Poaceae	<i>Eriochloa nelsonii</i> Scribn. & J.G.Sm.	8	0.88194444

Poaceae	<i>Festuca amplissima</i> Rupr.	5	1
Poaceae	<i>Glyceria striata</i> (Lam.) Hitchc.	13	1
Poaceae	<i>Heteropogon contortus</i> (L.) P. Beauv. ex Roem. & Schult.	24	0.78623457
Poaceae	<i>Heteropogon melanocarpus</i> (Elliott) Benth.	9	0.76388889
Poaceae	<i>Ixophorus unisetus</i> (J. Presl) Schldtl.	12	0.96875
Poaceae	<i>Lasiacis divaricata</i> (L.) Hitchc.	7	0.88888889
Poaceae	<i>Lasiacis nigra</i> Davidse	20	0.96938776
Poaceae	<i>Lasiacis ruscifolia</i> (Kunth) Hitchc.	25	0.8671875
Poaceae	<i>Leptochloa fusca</i> (L.) Kunth	6	1
Poaceae	<i>Leptochloa panicea</i> (Retz.) Ohwl	10	0.9375
Poaceae	<i>Megathyrsus maximus</i> (Jacq.) B.K. Simon & S.W.L. Jacobs	12	1
Poaceae	<i>Melinis repens</i> (Willd.) Zizka	31	0.87905093
Poaceae	<i>Mnesithea granularis</i> (L.) de Koning & Sosef	11	0.875
Poaceae	<i>Muhlenbergia ciliata</i> (Kunth) Trin.	5	1
Poaceae	<i>Muhlenbergia implicata</i> (Kunth) Trin.	9	1
Poaceae	<i>Muhlenbergia macroura</i> (Kunth) Hitchc.	19	1
Poaceae	<i>Muhlenbergia microsperma</i> (DC.) Kunth	5	0.83333333
Poaceae	<i>Muhlenbergia pereilema</i> P.M. Peterson	6	1
Poaceae	<i>Muhlenbergia peruviana</i> (P. Beauv.) Steud.	9	1
Poaceae	<i>Muhlenbergia plumiseta</i> Columbus	5	1
Poaceae	<i>Muhlenbergia quadridentata</i> (Kunth) Trin.	7	1
Poaceae	<i>Muhlenbergia robusta</i> (E. Fourn.) Hitchc.	9	0.9375
Poaceae	<i>Muhlenbergia tenella</i> (Kunth) Trin.	10	0.90625
Poaceae	<i>Oplismenus burmannii</i> (Retz.) P. Beauv.	56	0.83930081
Poaceae	<i>Panicum trichoides</i> Sw.	7	0.77777778
Poaceae	<i>Paspalum botterii</i> (E. Fourn.) Chase	8	1
Poaceae	<i>Paspalum conjugatum</i> P.J. Bergius	9	1
Poaceae	<i>Paspalum convexum</i> Humb. & Bonpl. ex Flügge	19	0.96938776
Poaceae	<i>Paspalum humboldtianum</i> Flügge	14	1
Poaceae	<i>Paspalum notatum</i> Alain ex Flügge	25	0.9378858
Poaceae	<i>Paspalum plicatulum</i> Michx.	6	1
Poaceae	<i>Paspalum repens</i> P.J. Bergius	11	1
Poaceae	<i>Paspalum squamulatum</i> E. Fourn.	14	0.81944444
Poaceae	<i>Paspalum tenellum</i> Willd.	8	1
Poaceae	<i>Peyritschia deyeuxioides</i> (Kunth) Finot	7	1
Poaceae	<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud.	5	1
Poaceae	<i>Piptochaetium virescens</i> (Kunth) Parodi	6	1
Poaceae	<i>Poa annua</i> L.	5	1
Poaceae	<i>Schizachyrium brevifolium</i> (Sw.) Nees ex Büse	6	1
Poaceae	<i>Schizachyrium sanguineum</i> (Retz.) Alston	6	0.81944444
Poaceae	<i>Setariopsis auriculata</i> (E. Fourn.) Scribn.	10	0.80375
Poaceae	<i>Sorghastrum incompletum</i> (J. Presl) Nash	9	1
Poaceae	<i>Trachypogon spicatus</i> (L. f.) Kuntze	18	1

Poaceae	<i>Triniochloa stipoides</i> (Kunth) Hitchc.	6	1
Poaceae	<i>Tripsacum dactyloides</i> (L.) L.	8	1
Poaceae	<i>Tripsacum lanceolatum</i> Rupr. ex E. Fourn.	6	1
Poaceae	<i>Urochloa brizantha</i> (Hochst. ex A. Rich.) R.D. Webster	5	1
Poaceae	<i>Urochloa fusca</i> (Sw.) B.F. Hansen & Wunderlin	7	0.96875
Poaceae	<i>Urochloa panicoides</i> P. Beauv.	6	0.77777778
Poaceae	<i>Urochloa plantaginea</i> (Link) R.D. Webster	20	0.90752551
Poaceae	<i>Vulpia myuros</i> (L.) C.C. Gmel.	6	1
Poaceae	<i>Zeugites americanus</i> Willd.	6	1
Poaceae	<i>Zeugites smilacifolius</i> Scribn.	5	1
Podostemaceae	<i>Noveloa coulteriana</i> (Tul.) C.T. Philbrick	5	1
Polemoniaceae	<i>Bonplandia geminiflora</i> Cav.	22	0.78888889
Polemoniaceae	<i>Loeselia glandulosa</i> (Cav.) G. Don	43	0.95933884
Polemoniaceae	<i>Loeselia mexicana</i> (Lam.) Brand	14	0.90625
Polemoniaceae	<i>Loeselia pumila</i> (M. Martens & Galeotti) Walp.	5	1
Polygalaceae	<i>Monnina ciliolata</i> DC.	15	0.9375
Polygalaceae	<i>Monnina xalapensis</i> Kunth	14	0.78125
Polygalaceae	<i>Polygala brachysepala</i> S.F. Blake	11	0.76388889
Polygalaceae	<i>Polygala glochidiata</i> Kunth	5	0.94444444
Polygonaceae	<i>Persicaria amphibia</i> (L.) Gray	11	1
Polygonaceae	<i>Persicaria hydropiperoides</i> (Michx.) Small	16	0.96
Polygonaceae	<i>Persicaria lapathifolia</i> (L.) Gray	18	0.98979592
Polygonaceae	<i>Persicaria punctata</i> (Elliott) Small	70	0.78320313
Polygonaceae	<i>Persicaria segetum</i> (Kunth) Small	17	0.90625
Polygonaceae	<i>Rumex crispus</i> L.	7	0.81944444
Polygonaceae	<i>Rumex obtusifolius</i> L.	8	1
Polygonaceae	<i>Ruprechtia fusca</i> Fernald	32	0.95833333
Pontederiaceae	<i>Eichhornia crassipes</i> (C. Mart.) Solms	42	0.94214876
Pontederiaceae	<i>Heteranthera limosa</i> (Sw.) Willd.	48	0.90222222
Pontederiaceae	<i>Heteranthera reniformis</i> Ruiz & Pav.	73	0.83665387
Portulacaceae	<i>Portulaca pilosa</i> L.	10	0.81944444
Potamogetonaceae	<i>Potamogeton crispus</i> L.	52	0.83727811
Potamogetonaceae	<i>Potamogeton illinoensis</i> Morong	11	1
Potamogetonaceae	<i>Potamogeton pusillus</i> L.	16	1
Potamogetonaceae	<i>Stuckenia pectinata</i> (L.) Börner	25	0.82653061
Potamogetonaceae	<i>Zannichellia palustris</i> L.	25	0.92
Primulaceae	<i>Ardisia compressa</i> Kunth	8	1
Ranunculaceae	<i>Clematis grossa</i> Benth.	12	0.8575
Ranunculaceae	<i>Delphinium subscandens</i> Ewan	6	1
Ranunculaceae	<i>Ranunculus aquatilis</i> L.	20	0.77777778
Ranunculaceae	<i>Ranunculus dichotomus</i> Moc. & Sessé ex DC.	15	1
Ranunculaceae	<i>Ranunculus hydrocharoides</i> A. Gray	6	1
Ranunculaceae	<i>Ranunculus petiolaris</i> Humb., Bonpl. & Kunth ex DC.	22	0.92488662

Ranunculaceae	<i>Thalictrum cuernavacanum</i> Rose	6	0.94444444
Rhamnaceae	<i>Ceanothus caeruleus</i> Lag.	14	0.91666667
Rhamnaceae	<i>Colubrina macrocarpa</i> (Cav.) G. Don	9	0.90625
Rhamnaceae	<i>Colubrina triflora</i> Brongn. ex G. Don	15	1
Rhamnaceae	<i>Karwinskia umbellata</i> (Cav.) Schldtl.	11	1
Rhamnaceae	<i>Sarcomphalus amole</i> (Sessé & Moc.) Hauenschild	14	0.96875
Rosaceae	<i>Acaena elongata</i> L.	5	1
Rosaceae	<i>Crataegus gracilior</i> J.B. Phipps	6	1
Rosaceae	<i>Crataegus mexicana</i> DC.	8	0.94444444
Rosaceae	<i>Lachemilla aphanoides</i> (Mutis ex L. f.) Rothm.	5	1
Rosaceae	<i>Lachemilla procumbens</i> (Rose) Rydb.	8	1
Rosaceae	<i>Prunus cortapico</i> Kerber ex Koehne	5	1
Rosaceae	<i>Prunus serotina</i> Ehrh.	25	0.80625
Rosaceae	<i>Rubus adenotrichos</i> Schldtl.	9	0.94444444
Rubiaceae	<i>Borreria ocymoides</i> (Burm. f.) DC.	6	1
Rubiaceae	<i>Bouvardia ternifolia</i> (Cav.) Schldtl.	13	0.78875
Rubiaceae	<i>Hamelia versicolor</i> A. Gray	5	1
Rubiaceae	<i>Hintonia latiflora</i> (Sessé & Moc. ex DC.) Bullock	10	0.85069444
Rubiaceae	<i>Randia capitata</i> DC.	5	1
Rubiaceae	<i>Randia echinocarpa</i> Sessé & Moc. ex DC.	19	1
Rubiaceae	<i>Spermacoce tenuior</i> L.	5	1
Rutaceae	<i>Citrus aurantifolia</i> (Christm.) Swingle	8	0.96875
Rutaceae	<i>Ruta chalepensis</i> L.	6	0.83333333
Rutaceae	<i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg.	18	0.90625
Sabiaceae	<i>Meliosma dentata</i> (Liebm.) Urb.	8	1
Salicaceae	<i>Prockia crucis</i> P. Browne ex L.	5	1
Salicaceae	<i>Salix bonplandiana</i> Kunth	29	0.921875
Salicaceae	<i>Salix humboldtiana</i> Willd.	12	0.91833333
Salicaceae	<i>Salix paradoxa</i> Kunth	11	1
Santalaceae	<i>Phoradendron brachystachyum</i> (DC.) Nutt.	12	1
Santalaceae	<i>Phoradendron carneum</i> Urb.	7	0.77083333
Santalaceae	<i>Phoradendron palmeri</i> Greenm.	10	1
Santalaceae	<i>Phoradendron quadrangulare</i> (Kunth) Griseb.	8	0.94444444
Santalaceae	<i>Phoradendron reichenbachianum</i> (Seem.) Oliv.	6	1
Santalaceae	<i>Phoradendron velutinum</i> (DC.) Oliv.	6	1
Sapindaceae	<i>Cardiospermum halicacabum</i> L.	41	0.77430556
Sapindaceae	<i>Dodonaea viscosa</i> (L.) Jacq.	66	0.85416667
Sapindaceae	<i>Sapindus saponaria</i> L.	15	0.84375
Sapindaceae	<i>Serjania schiedeana</i> Schldtl.	45	0.93209877
Sapindaceae	<i>Serjania triquetra</i> Radlk.	36	0.90123457
Sapindaceae	<i>Thouinia villosa</i> DC.	17	0.98
Sapindaceae	<i>Urvillea ulmacea</i> Kunth	8	1
Sapotaceae	<i>Pouteria campechiana</i> (Kunth) Baehni	5	1

Sapotaceae	<i>Sideroxylon capiri</i> (A. DC.) Pittier	20	0.828125
Scrophulariaceae	<i>Buddleja cordata</i> Kunth	9	0.96875
Scrophulariaceae	<i>Buddleja crotonoides</i> A. Gray	8	0.94444444
Scrophulariaceae	<i>Buddleja parviflora</i> Kunth	51	0.96585648
Scrophulariaceae	<i>Buddleja sessiliflora</i> Kunth	27	0.82716049
Smilacaceae	<i>Smilax mollis</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	7	1
Smilacaceae	<i>Smilax moranensis</i> M. Martens & Galeotti	11	0.80208333
Smilacaceae	<i>Smilax pringlei</i> Greenm.	13	1
Solanaceae	<i>Cestrum dumetorum</i> Schltld.	11	0.90625
Solanaceae	<i>Cestrum laxum</i> Benth.	10	1
Solanaceae	<i>Cestrum nitidum</i> M. Martens & Galeotti	8	1
Solanaceae	<i>Datura stramonium</i> L.	26	0.8
Solanaceae	<i>Jaltomata procumbens</i> (Cav.) J.L. Gentry	16	0.76888889
Solanaceae	<i>Lycianthes acapulcensis</i> (Baill.) D'Arcy	8	1
Solanaceae	<i>Nectouxia formosa</i> Kunth	7	1
Solanaceae	<i>Nicotiana glauca</i> Graham	13	0.8
Solanaceae	<i>Physalis lagascae</i> Roem. & Schult.	10	0.88888889
Solanaceae	<i>Physalis nicandroides</i> Schltld.	10	0.875
Solanaceae	<i>Physalis orizabae</i> Dunal	8	1
Solanaceae	<i>Physalis philadelphica</i> Lam.	11	0.8125
Solanaceae	<i>Solanum americanum</i> Mill.	17	0.84693878
Solanaceae	<i>Solanum appendiculatum</i> Humb. & Bonpl. ex Dunal	11	0.88888889
Solanaceae	<i>Solanum bulbocastanum</i> Dunal	7	0.88888889
Solanaceae	<i>Solanum demissum</i> Lindl.	11	1
Solanaceae	<i>Solanum diphyllum</i> L.	7	1
Solanaceae	<i>Solanum dulcamaroides</i> Dunal	5	1
Solanaceae	<i>Solanum erianthum</i> D. Don	13	0.87055556
Solanaceae	<i>Solanum iopetalum</i> (Bitter) Hawkes	6	1
Solanaceae	<i>Solanum laurifolium</i> Mill.	12	0.94444444
Solanaceae	<i>Solanum nigrescens</i> M. Martens & Galeotti	16	0.84375
Solanaceae	<i>Solanum nudum</i> Dunal	11	1
Solanaceae	<i>Solanum pubigerum</i> Dunal	8	1
Solanaceae	<i>Solanum rostratum</i> Dunal	5	0.77777778
Solanaceae	<i>Solanum torvum</i> Sw.	19	0.82
Solanaceae	<i>Solanum verrucosum</i> Schltld.	8	1
Styracaceae	<i>Styrax ramirezii</i> Greenm.	37	0.90277778
Symplocaceae	<i>Symplocos citrea</i> Lex. ex La Llave & Lex.	18	1
Talinaceae	<i>Talinum fruticosum</i> (L.) Juss.	11	1
Talinaceae	<i>Talinum paniculatum</i> (Jacq.) Gaertn.	12	0.8125
Thymelaeaceae	<i>Daphnopsis americana</i> (Mill.) J.R. Johnst.	23	0.86
Tropaeolaceae	<i>Tropaeolum majus</i> L.	5	1
Typhaceae	<i>Typha domingensis</i> Pers.	68	0.89305556
Urticaceae	<i>Phenax hirtus</i> (Sw.) Wedd.	6	1

Urticaceae	<i>Pouzolzia occidentalis</i> (Liebm.) Wedd.	9	0.77777778
Verbenaceae	<i>Citharexylum ovatifolium</i> Greenm.	5	1
Verbenaceae	<i>Duranta erecta</i> L.	6	0.77777778
Verbenaceae	<i>Glandularia teucrifolia</i> (M. Martens & Galeotti) Umber	5	1
Verbenaceae	<i>Lantana achyranthifolia</i> Desf.	39	0.7870753
Verbenaceae	<i>Lantana camara</i> L.	86	0.85094074
Verbenaceae	<i>Lantana canescens</i> Kunth	7	1
Verbenaceae	<i>Lantana glandulosissima</i> Hayek	9	0.9375
Verbenaceae	<i>Lippia graveolens</i> Kunth	11	0.82625
Verbenaceae	<i>Lippia mexicana</i> G.L. Nesom	6	1
Verbenaceae	<i>Lippia umbellata</i> Cav.	13	1
Verbenaceae	<i>Priva lappulacea</i> (L.) Pers.	8	1
Verbenaceae	<i>Stachytarpheta frantzii</i> Pol.	8	1
Verbenaceae	<i>Verbena carolina</i> L.	26	0.825
Verbenaceae	<i>Verbena recta</i> Kunth	9	1
Vitaceae	<i>Cissus alata</i> Jacq.	9	0.94
Vitaceae	<i>Cissus verticillata</i> (L.) Nicolson & C.E. Jarvis	34	0.76678241
Vitaceae	<i>Vitis tiliifolia</i> Humb. & Bonpl. ex Roem. & Schult.	19	0.82875
Zygophyllaceae	<i>Kallstroemia maxima</i> (L.) Hook. & Arn.	16	0.91666667
Zygophyllaceae	<i>Kallstroemia rosei</i> Rydb.	17	0.84722222
Zygophyllaceae	<i>Tribulus cistoides</i> L.	24	0.859375
