



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**POSGRADO EN CIENCIAS
BIOLÓGICAS**

Centro de Investigaciones en Ecosistemas (CIECO)

**BIOGEOGRAFÍA Y CONSERVACIÓN DE LA FLORA
ARBÓREA
DEL ESTADO DE MICHOACÁN, MÉXICO**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

DOCTORA EN CIENCIAS

P R E S E N T A

EVA MARÍA CUÉ BÄR

DIRECTOR DE TESIS: DR. GUILLERMO IBARRA MANRÍQUEZ

MÉXICO, D.F.

MAYO, 2007



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

Agradecimientos

A la Secretaría de Relaciones Exteriores (SRE) (2002-05) y a la Dirección General de Estudios de Posgrado (DGEP) (2005-06) de la UNAM, por la beca que me otorgaron para realizar mis estudios de doctorado. También recibí apoyo del Posgrado en Ciencias Biológicas para la impresión de la tesis.

Al Comité Tutorial: Dr. Guillermo Ibarra Manríquez, Dr. Oswaldo Téllez Valdés y Dr. José Luís Villaseñor Ríos quienes dirigieron acertadamente esta tesis. A Guillermo Ibarra le agradezco haberme invitado a realizar mis estudios de doctorado en México y en la definición inicial del proyecto doctoral. Me brindó apoyo económico al finalizar la beca durante algunos meses. Le agradezco su apoyo durante el desarrollo de la tesis, en particular su gran experiencia como taxónomo contribuyó sustancialmente en la elaboración y publicación del segundo capítulo de la tesis. A Oswaldo Téllez le agradezco todas las ideas y comentarios que aportó en los exámenes tutorales.

A José Luís Villaseñor quiero agradecerle profundamente por la confianza que depositó en mí en los momentos más difíciles del doctorado. En especial cuando me recibió durante un semestre con la finalidad de prepararme para el examen de candidatura, durante el cual no sólo me ayudó en el desarrollo de mi formación académica, sino también en la personal. Le agradezco haberme aconsejado y estimulado en los momentos que he necesitado de su experiencia y conocimiento y por haberme dado siempre una visión crítica de mi trabajo. Gracias, por las muchas discusiones que hemos tenido durante todos estos años.

Al Dr. Mauricio Quesada Avendaño y Dr. Lázaro Sánchez Velázquez, los cuales formaron parte del primer Comité Tutorial durante los dos primeros semestres, por las sugerencias y comentarios que hicieron al proyecto.

A los miembros del jurado de examen: Dr. José Luís Villaseñor Ríos, Dr. Juan José Morrone Lupi, Dra. María Hilda Flores Olvera, Dra. Isolda M. Luna Vega, Dr. Guillermo Ibarra Manríquez, Dr. Oscar Flores Villela y Dr. Oswaldo Téllez Valdés, por sus valiosas

revisiones críticas al manuscrito lo cual ayudó a enriquecer y mejorar el mismo.

El Dr. Juan J. Morrone aportó comentarios e ideas sustanciales dentro del primer capítulo de la tesis, el manuscrito correspondiente fue revisado y corregido minuciosamente por él. También le agradezco haberme dedicado parte de su valioso tiempo para aclarar dudas y discutir ideas, sobre todo antes del examen de candidatura.

Igualmente agradecida estoy con el Dr. Alejandro Velázquez, del Instituto de Geografía, UNAM, por haberme ayudado a desarrollar el tercer capítulo de la tesis. Gracias por las ideas, sugerencias y buenos consejos que me has dado. A Alejandra Larrazabal por su apoyo incondicional en la elaboración de los mapas. Ambos hicieron comentarios y aportaciones importantes a este manuscrito.

Al Dr. Jerzy Rzedowski Rotter del Herbario del Centro Regional del Bajío (IEB) y al Dr. Gerardo Salazar Chávez del Herbario Nacional de México (MEXU), por las facilidades otorgadas para consultar las colecciones de los respectivos herbarios. Asimismo, al Dr. Rzedowski y al Dr. Sergio Zamudio Ruiz por su disposición para facilitar la base de datos del herbario IEB.

La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) proporcionó la base de datos que incluyó la localización geográfica de las especies arbóreas de Michoacán.

A Enrique Ortiz y a Jesús Fuentes les estoy muy agradecida por la elaboración de los mapas del primer y segundo capítulo de la tesis y por resolver varias de las dudas en relación con el manejo de los Sistemas de Información Geográfica.

Les agradezco a mis compañeras Guadalupe Cornejo y Libertad Arredondo la ayuda prestada en la revisión de ejemplares en el Herbario Nacional de México (MEXU).

A mis compañeros del laboratorio del CIECO: Juan, Libertad, Lupita, Mike, Nieves, Roberto y Rojo, a todos ellos les agradezco su amistad y los buenos momentos que

pasamos juntos en el CIECO.

Al laboratorio del Dr. Ken Oyama por darme la oportunidad de tomar parte en los seminarios internos y de presentar mi proyecto, las sugerencias y críticas de todos ellos han sido muy valiosas.

A Enrique Ortiz y Lupita, del laboratorio de José Luís Villaseñor, por acogerme durante mis estancias en el Instituto de Biología (UNAM), siempre han sido muy amables conmigo.

A mi gran amiga Angela, le agradezco su apoyo y ánimos durante todos estos años. No hay palabras para expresar mi gratitud. En especial le agradezco lo mucho que me apoyó durante la candidatura. Ella y su familia, en especial su madre, siempre me han recibido en su casa y han sido “mi familia mexicana”. Les agradezco mucho que me invitaran a pasar la navidad con ellos, cuando no tuve la posibilidad de viajar a mi país.

Camelia y Norberto han sido muy buenos amigos, les agradezco su ayuda y hospitalidad durante mis estancias en el D. F. y a Camelia, el poder compartir con ella lo que significa “estar fuera de casa”.

A mi gran amigo Roberto, le agradezco su apoyo en los buenos y malos momentos. Gracias por las charlas que tuvimos, las voy a extrañar cuando me vaya. Espero que seamos amigos para siempre. Te deseo mucha suerte en tu nuevo camino.

América y Nacho me acogieron durante los últimos meses del doctorado, en su bonita casa en Jesús del Monte, a ellos también les agradezco su hospitalidad y amistad.

Finalmente, mi mayor agradecimiento es para mi familia, a mis padres Andrea y Rafael y a mis hermanos Rafa, Heidi y Alejandro, que me han dado la oportunidad de dedicarme a lo que me gusta y me han apoyado de manera incondicional durante todos estos años. De ellos he sacado las fuerzas para seguir adelante en los momentos difíciles. Muchas gracias de todo corazón.

ÍNDICE

Resumen	6
Abstract	8
Introducción general	10
Objetivos	26
Capítulo I	27
Cué-Bär, E. M., Villaseñor, J. L., Morrone, J. J. and Ibarra-Manríquez, G. 2006a. Identifying priority areas for conservation in Mexican tropical deciduous forest based on tree species. <i>Interciencia</i> , 31 , 712-719.	
Capítulo II	36
Cué-Bär, E. M., Villaseñor, J. L., Arredondo-Amezcuca, L., Cornejo-Tenorio, M. G. e Ibarra-Manríquez, G. 2006b. La flora arbórea de Michoacán, México. <i>Boletín de la Sociedad Botánica de México</i> , 78 , 47-81.	
Capítulo III	72
Cué-Bär, E. M., Velázquez, A., Larrazabal, A., Sosa, N., Villaseñor, J. L. and Ibarra-Manríquez, G. Biological, environmental and social interests in conservation: a study case of Michoacán, México. <i>Environmental Management</i> (submitted).	
Discusión general y conclusiones	139
Recomendaciones	149
Referencias bibliográficas	153

RESUMEN

Se analizaron los patrones de distribución de la flora arbórea del estado de Michoacán para generar propuestas para su conservación. Para lograr este objetivo la tesis se dividió en tres capítulos: en el primero, se identificaron a través de un análisis de parsimonia de endemismos (PAE) las áreas de endemismo de los árboles que se distribuyen en el bosque tropical caducifolio (BTC). La información se obtuvo a través de la consulta de literatura florística especializada, con la cual se generó una lista de 425 especies arbóreas (67.5% endémicas de México), 56 familias y 185 géneros registrados a nivel de estado. Los resultados del PAE mostraron 16 áreas de endemismo, sustentadas por 54 sinapomorfías y 73 autapomorfías (especies exclusivas) (72.4% endémicas de México). Michoacán, junto con Guerrero, forma un área de endemismo con 12 especies exclusivas (sinapomorfías). El grado de conservación de las especies analizadas se evaluó registrando su presencia en las Áreas Naturales Protegidas de México que incluyen dentro de sus límites porciones con BTC. Éstas incluyen una proporción baja, tanto de las especies arbóreas de amplia distribución (129 especies, 30.3%), así como de las especies que caracterizan las áreas de endemismo (56 de 127 especies, 44.1%). Después se determinaron, a través de un análisis de complementariedad, los estados del país prioritarios para la conservación de los árboles exclusivos del BTC. Los resultados coinciden en asignar como áreas prioritarias para la conservación a los estados de Chiapas, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Oaxaca y Yucatán.

Posteriormente, se llevó a cabo un estudio de conservación de los árboles que se distribuyen en Michoacán. Para lograr estos objetivos fue necesario conformar previamente un listado actual de la flora arbórea de este estado. Para ello se llevó a cabo una revisión de literatura florístico-taxonomica, así como de la consulta del material depositado en los Herbarios del Centro Regional del Bajío (IEB) y del Instituto de Biología (MEXU). Este listado está conformado por 845 especies, 352 géneros y 100 familias. Las familias más importantes por su número de especies son Asteraceae (82 especies), Fabaceae (74), Mimosaceae (67), Caesalpinaceae (39) y Burseraceae (38), mientras que los cinco géneros más importantes al respecto son *Bursera* (37), *Quercus* (35), *Lonchocarpus* (19), *Senna* (18) y *Acacia* (15). El BTC mostró ser el tipo de vegetación con mayor riqueza de especies (593, 70.2%) y especies restringidas de

Michoacán. El grado de endemismo fue bajo (14 especies, 1.8%), destacando Burseraceae (cuatro especies), Euphorbiaceae y Malvaceae, con dos especies cada una. Los municipios más importantes por el número de especies endémicas son Morelia, Coalcomán, Arteaga, Aquila, Huetamo y Churumuco.

Una vez obtenido el listado de la flora arbórea de Michoacán, se identificaron las áreas prioritarias para la conservación de los árboles de Michoacán, a través de un método integrador (análisis de discrepancias, grupo indicador, enfoque participativo y método iterativo). El análisis de discrepancias se llevó a cabo utilizando los siguientes mapas: 1) Áreas Naturales Protegidas Federales, 2) Sistema de Áreas de Conservación del Estado de Michoacán (SACEM), recientemente propuesto en consenso por los académicos, el gobierno y el sector social, 3) la distribución de 503 especies arbóreas, 4) clima, 5) geomorfología, 6) suelo y 7) cobertura vegetal (2003). Se eligieron estas variables ambientales debido a que en la literatura se ha demostrado que son éstas las que mejor explican los patrones de distribución de las plantas. Los resultados del análisis de discrepancias mostraron el porcentaje de cada variable que se encuentra representado dentro de las Áreas Naturales Protegidas Federales y de las áreas propuestas por la SACEM. Para este trabajo se consideró que cualquier categoría que tuviera por lo menos un 10% estaría protegida adecuadamente. Los resultados revelaron que el 23% de las especies arbóreas se encuentra dentro de las áreas propuestas por la SACEM y el 9% dentro de las áreas de jurisdicción federal; en relación con las variables ambientales, el establecimiento de las áreas propuestas por la SACEM aumentaría enormemente la protección de la mayoría de las variables ambientales analizadas, sobre todo la del bosque tropical caducifolio. Sin embargo, aun cuando se decretaran todas las áreas propuestas por la SACEM (14% del estado), algunos lugares con alta diversidad biológica seguirían quedando fuera de las Áreas Naturales Protegidas. Posteriormente, se realizó un análisis de complementariedad utilizando un algoritmo de endemismo y una división del estado por celdas ($0.5^\circ \times 0.5^\circ$), para identificar las áreas que son prioritarias para la conservación de las especies arbóreas del estado. Los resultados de este análisis muestran que son necesarias diez celdas para garantizar la inclusión de todas las especies endémicas de Michoacán, incluyendo el género *Beiselia* Forman (Burseraceae) endémico del estado. Además, la adición de estas diez celdas proporcionaría conservación para el 80.4% del total de de las especies arbóreas utilizadas en este análisis. El área complementaria para

proteger el 100% de las especies endémicas es de 6.4% para las áreas naturales protegidas bajo jurisdicción federal y en el caso de la SACEM, esta área es de 3.3%.

ABSTRACT

The main objective of this work was to analyze the biogeographically patterns of distribution of the tree species of Michoacán and to proposed priority areas for its conservation. To achieve this objective the thesis was divided in three chapters, in the first one the main objective was to identify and rank areas for the conservation of exclusive or nearly exclusive, tree species of the tropical deciduous forest (TDF) in México, a land cover type greatly endangered worldwide. A list of 425 species of trees (67.5% endemic to México), including 56 families and 185 genera registered at the state level, was compiled from an exhaustive revision of the specialized floristic literature. The conservation status of these species was assessed by registering their presence in the TDF areas, located within the limits of Mexican natural protected areas. Parsimony analysis of endemism (PAE) led to identify 16 areas of endemism, supported by 54 synapomorphies and 73 autapomorphies (72.4% endemic to México). Protected areas include a low to medium proportion both of widespread tree species (129 species, 30.3%) and species characterizing areas of endemism (56 species out of 127, 44.1%). In the latter group, only 7 species are included within a category of risk category. Analyses of complementarity (total richness of species and of species within areas of endemism) and of phylogenetic diversity (families and genera) are coincident in assigning high conservation priority for areas in the states of Chiapas, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Oaxaca, and Yucatan. Based on the results, specific recommendations are provided for the development of strategies of tree conservation in the Mexican TDF.

In the second chapter the main objective was to elaborate a floristic list of the tree species of Michoacán, based on the review of floristic and taxonomic literature, as well as on the examination of specimens housed at the herbaria of the Centro Regional del Bajío (IEB) and the Instituto de Biología (MEXU). The list included 845 species, 352 genera and 100 families of trees for the state of Michoacán, Mexico. The largest numbers of species per family were recorded for Asteraceae (82), Fabaceae (74), Mimosaceae (67), Caesalpiniaceae (39) and Burseraceae (38), while at the genus level *Bursera* (37), *Quercus* (35), *Lonchocarpus* (19), *Senna* (18) and *Acacia* (16) are the most speciose. The genus *Beiselia* (Burseraceae) and 14 species (1.8 %) are strict endemics to the state. A total of 28 families (28%) and 210 genera (60%) are represented in the state only one tree

species each. The most important vegetation types according to their species richness are the tropical deciduous forest (593, 70.2%), coniferous forest (336, 39.8%) and the oak forest (332, 39.3%). A high proportion (69.9%) of Michoacán's tree species is located in 2-4 vegetation types; 173 species (21.5%) have been found just in one type, mainly in the tropical dry forest (87 species, 10.3%). The floristic richness of Michoacán is largely explained by its complex geologic history, its rugged physiography, its diverse climate, and its varied vegetation types, as well as by its location at the confluence of the Holartic and Neotropical floristic kingdoms.

In the third chapter the main objective was to identify priority areas for the conservation of the tree species of Michoacán through an integrate methodology. To achieve this objective, it was necessary to combined surrogate (environmental variables and indicator group approaches) and gap analysis methods. Tree species of Michoacán were selected as an indicator group of overall biodiversity. A gap analysis was developed utilizing the distribution of the 503 tree species and the thematic maps of climate, land cover, landform, and soil, in order to know the surface of each variable found inside the Federal Protected Areas (FPA) and some conservation areas proposed recently together by the academic, the government, and social sectors (State of Michoacán Conservation Areas System, SMCAS). An environmental variable was considered adequately protected if at least 10% of their surface was included inside of the FPA or SMCAS. A second approach, complementarity analysis based on an endemism algorithm, was used to establish conservation priority areas for the Michoacán endemic tree species. The results obtained from the gap analysis showed that only 9% of species were included in the FPA and 23% in the SMCAS. Almost all environmental variables were underrepresented into the FPA. This negative situation was improved when the SMCAS proposal was analyzed, because only 8 out of 28 variables did not reach the 10% of protected surface. Ten cells were needed to protect all endemic species (including the genus *Beiselia* Forman, Burseraceae) and, simultaneously, 80.4% of the total species. Our approach based on abiotic and biotic data, in combination with a participatory approaches, are crucial to reach consensus and operational commitment between maximum profit for rural stakeholders and feasible conservation goals.

INTRODUCCIÓN GENERAL

Conocimiento florístico de México

México es considerado como un país megadiverso, ocupando el quinto lugar en plantas después de Brasil, Colombia, China e Indonesia (Mittermeier y Goettsch 1992; Groombridge y Jenkins 2002). La extraordinaria biodiversidad mexicana se explica principalmente por la complejidad de su topografía, la variedad de climas y la convergencia de dos zonas biogeográficas, la Neártica y la Neotropical (Rzedowski 1978). Esta situación ha propiciado la formación de una gran cantidad de biomas: se pueden encontrar selvas calido-húmedas, bosques templados y bosques mesófilos de montaña, matorrales xerófilos, pastizales naturales y vegetación halófila y gipsófila (Rzedowski 1978; González-Medrano 2003). De acuerdo con la información del Inventario Forestal Nacional del año 2000, los matorrales son el bioma más importante por su extensión, ya que cubren cerca del 29% del territorio nacional, seguidos por los bosques (17%) y las selvas (16%).

En relación con las plantas fanerógamas, Rzedowski (1991) señala para México un total de 220 familias, mientras que Villaseñor (2003) lista un número más alto (248); las cifras con respecto al número de géneros es relativamente cercana: 2,410 Rzedowski (1991) y 2,663 (Villaseñor 2004), respectivamente. El número de especies se estima entre 20,244 y 30,000 (Toledo 1988; Rzedowski 1991; Dirzo y Gómez 1996; Villaseñor 2003; Espejo-Serna *et al.* 2004). Rzedowski (1991) y Villaseñor (2003) enfatizan la alta riqueza específica; con respecto al grado de endemismo, el primer autor considera el 52% y el segundo el 60%. Sin embargo, ambos autores encontraron que para los géneros el grado de endemismo no es tan importante, Rzedowski (1991) propone el 10% y Villaseñor (2004) una cifra no muy lejana de ésta, el 7-8%.

En cuanto a las colecciones botánicas depositadas en los herbarios del país, Dávila y Sosa (1994) estimaron que existen casi 2.3 millones de ejemplares en 71 herbarios, localizados principalmente en el centro del país. A pesar del notable incremento del número de colecciones y de herbarios, estas autoras indicaron que aproximadamente el 30% de la superficie de México no contaba con estudios florísticos y que un 45% de sus especies no habían sido incluidas en floras, listados florísticos o monografías. Además, muchas áreas no han sido lo suficientemente exploradas, por ejemplo, las selvas

tropicales deciduas de la costa del Pacífico o la Cuenca del Balsas (Chiang 1993; Sosa y Dávila 1994; Fernández-Nava *et al.* 1998). Debido a la importancia que tiene México como país megadiverso y a la pérdida tan acelerada que están sufriendo los ecosistemas en su extensión, sería sumamente importante contar a la brevedad con un inventario completo sobre su flora (Chiang 1993; Villaseñor 2003; Espejo-Serna *et al.* 2004).

Una manera de avanzar en esta enorme tarea es realizar estudios florísticos a nivel de estado; hasta el momento, se han publicado los siguientes listados florísticos: Aguascalientes (García *et al.* 1999), Campeche (Gutiérrez 2000), Chiapas (Breedlove 1986), Coahuila (Villarreal 2001), Durango (González *et al.* 1991), Hidalgo (Villavicencio *et al.* 1998), Estado de México (Martínez y Matuda 1979), Michoacán (Rodríguez y Espinosa 1995, 1996a,b y Espinosa y Rodríguez 1995, 1996), Morelos (Vázquez 1974; Bonilla-Barbosa y Villaseñor 2003), Querétaro (Argüelles *et al.* 1991), Quintana Roo (Sousa y Cabrera 1983), Sinaloa (Vega *et al.* 1989), Tabasco (Cowan 1983), Tlaxcala (Acosta *et al.* 1991) y Veracruz (Sosa y Gómez-Pompa 1994). Dentro de los trabajos más importantes se pueden destacar las siguientes floras: la de Baja California (Wiggings 1980), la de Nueva Galicia (McVaugh 1987), la de Yucatán (Durán *et al.* 2000), la del Valle de México (Calderón de Rzedowski y Rzedowski 2001) y la del Valle de Tehuacán-Cuicatlán (Dávila *et al.* 1993).

La flora de México también se caracteriza por presentar una amplia diversidad de formas biológicas (Rzedowski 1978). Entre éstas destacan los árboles, debido a que son los elementos dominantes en cuanto a fisonomía y biomasa de muchas de las comunidades vegetales del país (Miranda y Hernández-X. 1963; Rzedowski 1978; Wendt 1993; Villaseñor e Ibarra 1998; Pennington y Sarukhán 2005). Además, gran cantidad de plantas trepadoras y epífitas utiliza los troncos y las ramas de los árboles para sostenerse y reproducirse (Miranda y Hernández-X. 1963; Rzedowski 1978, 1991; Villaseñor e Ibarra 1998). Los árboles también interactúan con una amplia gama de gremios ecológicos, como polinizadores, dispersores o herbívoros (Howe y Westley 1988; Janzen 1991; Compton *et al.* 1996; Shanahan *et al.* 2001). De los trabajos clásicos sobre los árboles realizados en México cabe destacar el de Standley (1920-1926); sin embargo, a pesar de ser una referencia elemental, no cabe duda que después de casi un siglo de su aparición, la información que contiene no se encuentra actualizada. Wendt (1993) presenta una lista de 452 especies arbóreas del dosel de las selvas lluviosas que se

distribuyen en la vertiente atlántica de México y discute los patrones de distribución de estas especies. Villaseñor e Ibarra-Manríquez (1998) encontraron que 3,639 especies de angiospermas nativas de la flora mexicana presentan la forma de crecimiento arbórea (15.8% del total); Pennington y Sarukhán (2005) describen 190 de las especies arbóreas tropicales más comunes de México y, finalmente, Sousa *et al.* (2001, 2003) listan las 623 especies arbóreas de la familia Leguminosae *sensu lato*.

En estos momentos no es posible contar con un inventario completo de la flora arbórea de México, debido a que la información se encuentra dispersa en diferentes contribuciones florísticas y en acervos de diferentes herbarios, tanto de México como del extranjero. Ante esta situación, se ha optado por llevar a cabo estudios a nivel de estado. Hasta la fecha, solo Campeche, Colima, Michoacán, Quintana Roo, Sonora y Yucatán cuentan con una lista de sus componentes arbóreos (Ibarra-Manríquez *et al.* 1995; Felger *et al.* 2001; Carranza-González 2005; Cué-Bär *et al.* 2006b; Padilla-Velarde *et al.* 2006).

Biogeografía

La biogeografía es la ciencia que estudia la distribución de los seres vivos en espacio y tiempo (Vargas 1992; Brown y Lomolino 1998). Además, de definir los patrones de distribución de la biota, la biogeografía propone hipótesis acerca de los procesos que causaron dichos patrones (Myers y Giller 1988; Morrone 2004). En los últimos años, los patrones de distribución obtenidos en los trabajos biogeográficos han jugado un papel muy importante en la selección de áreas prioritarias para la conservación (Villaseñor *et al.* 1998, 2003; Luna-Vega *et al.* 2004; Morrone 2004; Crisci *et al.* 2006; Ochoa-Ochoa y Flores-Villela 2006). El desarrollo de herramientas de cómputo como los sistemas de información geográfica ha favorecido el progreso de la biogeografía, particularmente el modelaje de la distribución de especies. BIOCLIM (Nix 1986) y GARP (Stockwell y Peters 1999) son dos programas utilizados para predecir la distribución geográfica potencial de las especies, con base en sus requerimientos ecológicos, o bien para llevar a cabo simulaciones y conocer los efectos del cambio climático sobre la distribución de la biota (Téllez-Valdés y Dávila 2003; Villaseñor y Téllez-Valdés 2004).

En 1820 De Candolle fue el primero en distinguir entre biogeografía ecológica e histórica (Nelson 1878). La biogeografía ecológica estudia los patrones de distribución a escalas espaciales y temporales pequeñas, por ejemplo, la biogeografía del equilibrio

insular, la ecología geográfica, la corología (areografía) o la macroecología (Espinosa y Llorente 1993). La biogeografía histórica estudia los patrones de distribución a escalas espaciales y temporales mayores (Morrone 2004), dentro de este enfoque se encuentran el dispersalismo, la biogeografía filogenética, la panbiogeografía, la biogeografía de la vicarianza y el análisis de parsimonia de endemismos (Morrone y Crisci 1995).

La fragmentación de la biogeografía en ecológica e histórica, se debe sobre todo a las diferencias en la escala temporal y espacial. Según Myers y Giller (1988) la distinción entre ambas escuelas es artificial y supone separar algo que en realidad es continuo, es decir, que para poder entender porqué una determinada especie se encuentra en un lugar, es importante conocer las adaptaciones ecológicas de la especie, así como los factores que limitan la distribución de esta especie; sin embargo, si la pregunta es porqué una especie sólo se encuentra en áreas disjuntas, es preciso conocer la historia evolutiva de la especie y del área, así como tener información de la distribución pasada del taxa. Otros autores como por ejemplo, Morrone y Crisci (1995) piensan que esta división es puramente convencional. Debido a que la distribución de los organismos se debe tanto a causas ecológicas, como históricas, algunos autores proponen que sería necesaria una integración de la biogeografía histórica y ecológica en un programa de investigación unificado (Vargas 1991; Crisci *et al.* 2003; Crisci *et al.* 2006). Haydon *et al.* (1994) plantean un concepto de la biogeografía a partir de una estructura triangular, de manera que se muestra una relación entre la ecología, la historia y el azar. Según estos autores los patrones biogeográficos son el resultado de la interacción entre los procesos ecológicos, históricos y estocásticos.

Uno de los pasos fundamentales dentro de la biogeografía histórica, es reconocer y analizar los procesos que han generado las áreas de endemismo o regiones biogeográficas (Nelson y Platnick 1981; Espinosa y Llorente 1993; Linder 2001; Crisci *et al.* 2003). Se ha propuesto que los procesos que han conformado las áreas de endemismo son el dispersalismo y la vicarianza. El primer enfoque estudia las afinidades de las especies con base en la ubicación de un centro de origen, en la que las especies se dispersan por sus propios medios a través de una geografía estable. El segundo enfoque supone que las áreas de endemismo se forman a partir de una población ancestral, la cual es dividida por una barrera y con el paso del tiempo, debido al aislamiento (alopatría), se diferencian nuevas especies (Espinosa y Llorente 1993).

A pesar de que el concepto de área de endemismo es fundamental en el desarrollo de estudios biogeográficos, no hay unanimidad en relación con la definición de la misma (*e. gr.* Müller 1973; Morrone 1994; Posadas y Miranda-Esquivel 1999; Espinosa *et al.* 2001; Crisci *et al.* 2003). En general, puede definirse como el área donde existe una distribución congruente y no aleatoria de los patrones de distribución de dos o más taxones, los cuales pueden estar relacionados o no desde una perspectiva ecológica o filogenética (Morrone 1994; Posadas y Miranda-Esquivel 1999). La delimitación de estas áreas es un ejercicio que incrementa su complejidad de manera directa con el número de especies estudiadas. Ante esta problemática, Morrone (1994) propone emplear el Análisis de Parsimonia de Endemismos con base en cuadrantes (*Parsimony Analysis of Endemicity* o PAE por sus siglas en inglés) (Rosen 1988). El PAE clasifica áreas con base en una analogía con la sistemática filogenética, utilizando un algoritmo de parsimonia y analogando las áreas a taxones y la presencia-ausencia de taxones a caracteres. El cladograma de áreas obtenido representa un conjunto de áreas anidadas (Morrone 1994; Morrone y Crisci 1995; Crisci *et al.* 2003) y sólo se consideran como áreas de endemismo aquellas caracterizadas por la presencia de dos o más especies (Posadas y Miranda-Esquivel 1999). El PAE ha sido aplicado a varios grupos en diferentes partes del mundo (por ejemplo, Cardoso y Oren 1996; Linder 2001; Cavieres *et al.* 2001, 2002; García-Barros *et al.* 2002; Rovito *et al.* 2004; Silva *et al.* 2004); en México se han utilizado grupos de su flora y fauna a diferentes escalas de análisis (Morrone *et al.* 1999; Luna-Vega *et al.* 1999; Espinosa *et al.* 2000; Dávila *et al.* 2002; Morrone *et al.* 2002; Escalante *et al.* 2003; Morrone y Márquez 2003; Espadas *et al.* 2003; Rojas *et al.* 2003; Méndez-Larios *et al.* 2005; Espinosa *et al.* 2006; Ochoa-Ochoa y Flores-Villela 2006).

Conservación y amenazas de la biodiversidad

Hoy en día la humanidad se enfrenta a una crisis ambiental severa, generada por la transformación y degradación de los ecosistemas naturales (Wilson 1988). Las principales amenazas para estos ecosistemas son producto de diferentes actividades antropogénicas, como el cambio de uso de suelo, el crecimiento demográfico y de las infraestructuras, los incendios forestales, la sobreexplotación de los recursos naturales, la introducción de especies invasoras y el cambio climático global (Anaya *et al.* 1992; Margules y Pressey 2000). Todo esto ha llevado a una extinción de especies sin

precedente alguno en la historia de la vida (Myers 1989), así como al deterioro de la calidad de los servicios ecosistémicos (Daily *et al.* 1997; Balvanera *et al.* 2001). En el mundo entero, el establecimiento de Áreas Naturales Protegidas ha sido la principal estrategia para reducir estas amenazas que existen para la conservación de la biodiversidad (Margules y Pressey 2000). En el pasado, la elección de estas áreas se ha basado en decisiones oportunistas, de manera que la mayoría han sido ubicadas en lugares de bajo interés económico para el hombre (Pressey 1994), por lo que generalmente no representan de manera adecuada la biodiversidad regional.

Planeación de reservas

Las estrategias que se han utilizado para ubicar áreas para la conservación de la biodiversidad se han realizado bajo tres criterios fundamentales (Margules y Usher 1981, Pressey 1994): económicos, socio-políticos y biológicos. Dentro de esta última categoría, los atributos más utilizados han sido: 1) la riqueza de especies, 2) la rareza de especies (endémicas) o hábitats, 3) la naturalidad de los hábitats, 4) el tamaño del área y 5) el grado de amenaza de desaparición por actividades antropogénicas (Margules y Usher 1981; Margules y Pressey 2000). Otros criterios utilizados en la selección de áreas de protección se basa en conservar “especies sombrilla” o las denominadas “especies bandera” (Bojórquez-Tapia y Flores-Villela 1991; MacKinnon y DeWulf 1994; Caro y O’Doherty 1999). Las “especies sombrilla” son las que debido a sus requerimientos de hábitat abarcan grandes extensiones de territorio, como por ejemplo, el jaguar o la ballena jorobada. Al conservarlas, se asume que de manera indirecta también se protegen otras especies y sus hábitats (Caro y O’Doherty 1999). Las “especies bandera” son aquellas que llaman la atención a la sociedad por ser carismáticas, por ejemplo, la mariposa monarca, el quetzal o el oso panda. Sin embargo, estos enfoques han sido ampliamente criticados, debido a que suponen que los requerimientos de estas especies engloban al resto de la biota y esto no siempre se cumple (Simberloff 1998; Groves *et al.* 2002).

Los métodos que han sido utilizados en la selección de áreas para la conservación son los siguientes:

- 1) El método marcador (*scoring method*), donde se propone una reserva en función del número de atributos que posea (Pressey y Nicholls 1989). Este enfoque ha sido cuestionado debido a que indica un mayor número de áreas para conservar (Bedward *et al.* 1991).

2) El análisis de discrepancias, mejor conocido por sus siglas en inglés como *gap analysis* (Scott *et al.* 1993), considerado como una metodología rápida y eficiente para evaluar la representatividad de la biodiversidad en los sistemas de áreas protegidas (Pressey y Nicholls 1991). Este método utiliza un sistema de información geográfica para ubicar las variables (especies, tipos de vegetación y/o variables ambientales) que no están representadas en el sistema de áreas de conservación de una región (Pfab 2002; Oldfield *et al.* 2004; Yip *et al.* 2004). El análisis de discrepancias ha sido aplicado en muchas partes del mundo; sin embargo, en México sólo se conocen unos pocos trabajos (Bojórquez-Tapia y Flores-Villela 1991; Bojórquez-Tapia *et al.* 1995; Cantú *et al.* 2003; 2004, Riemann y Ezcurra 2004; Mas *et al.* 2005; Ochoa-Ochoa y Flores-Villela 2006).

3) Los métodos iterativos, que se basan en el principio de complementariedad y para ello utilizan un algoritmo iterativo, con el cual se intenta conservar el mayor número de especies en el menor número posible de sitios (Kirkpatrick 1983; Margules *et al.* 1988; Pressey y Nicholls 1989; Margules y Pressey 2000). Los procedimientos iterativos tienen ventajas con respecto a otros métodos usados en la selección de áreas de conservación: i) identifican sitios con alta prioridad, con base en los taxones o ambientes únicos que contienen (principio de irremplazabilidad), ii) no tienen el problema de redundancia de atributos, ya que evitan priorizar atributos previamente seleccionados (principio de eficiencia) y, iii) proporcionan diversas alternativas de conservación para lograr un sistema de reservas representativo (principio de flexibilidad). Sin embargo, en los últimos años estos métodos han sido criticados, debido a que no toman en cuenta los procesos que son responsables de la persistencia futura de la biodiversidad, es decir, la presencia de una especie dentro de un área natural protegida no asegura su existencia a largo plazo, además de que el número de especies varía a lo largo del tiempo, debido a los procesos de colonización y extinción (Virolainen *et al.* 1999; Rodrigues *et al.* 2000, 2004; Rouget *et al.* 2003). En México se han realizado algunos trabajos utilizando este método, por ejemplo, con los géneros de Asteraceae (Villaseñor *et al.* 1998), las especies de Cucurbitaceae (Lira *et al.* 2002), los murciélagos nectarívoros (Santos y Arita 2002) y las plantas vasculares de los bosques húmedos (Villaseñor *et al.* 2003). Dentro de estos métodos algunos autores se inclinan por dar mayor importancia a las especies endémicas, ya que se supone que las de distribución más amplia pueden ser simultáneamente protegidas (Villaseñor *et al.* 1998, 2003; Lira *et al.* 2002). Sin embargo, se ha demostrado que las áreas con alta diversidad y

endemismo no son siempre coincidentes, lo que obliga a desarrollar diferentes esfuerzos en la conservación de sus áreas (Gentry 1992; Arita *et al.* 1997; Ceballos *et al.* 1998; Escalante *et al.* 1998).

4) Las relaciones filogenéticas existentes entre las especies han sido utilizadas para identificar áreas para la conservación (Vane-Wright *et al.* 1991; Morrone y Crisci 1992; Pressey *et al.* 1993; Arita y Santos 1999). El principio de estos métodos es dar mayor valor a las especies basales de un cladograma, bajo el supuesto de que éstas poseen más información evolutiva que las localizadas en las ramas terminales (Vane-Wright *et al.* 1991).

5) La panbiogeografía, que identifica áreas de conservación a través de la ubicación de nodos. Básicamente el método utiliza información sobre la distribución de taxones (trazos individuales), cuya coincidencia espacial da lugar a un trazo generalizado. La confluencia de estos últimos permite ubicar nodos, los cuales son interpretados como áreas complejas, es decir, zonas de convergencia tectónica y/o biótica (Morrone y Crisci 1992; Luna-Vega *et al.* 2000; Álvarez y Morrone 2004; Morrone 2004).

Estimaciones de la biodiversidad

En los últimos 250 años se han descrito 1.4 millones de especies (2-15% del total), un número lejano del valor estimado para la totalidad de especies de la Tierra, que oscila entre 5 y 30 millones (Wilson 1988; Groombridge 1992; Stork 1997). Existe un consenso amplio de que en un corto o mediano plazo no será posible conocer la totalidad de la biodiversidad, debido a que existe un déficit de recursos humanos capacitados, por el tiempo requerido para su catalogación y por la alta tasa de extinción que sufren las especies (Raven y Wilson 1992; Scott *et al.* 1993; Margules y Pressey 2000), lo que se aplica principalmente a países tropicales (Groombridge 1992; Bojórquez-Tapia *et al.* 1995; Villaseñor *et al.* 2005). Una alternativa ante la falta de inventarios biológicos completos, son los métodos de inferencia (*surrogate methods*) (Gaston 1996), los cuales tienen como objetivo principal generar información para estimar la riqueza de especies con una menor demanda de recursos económicos, humanos y tiempo (Margules y Readhead 1995; Margules y Pressey 2000). Estos métodos constan de tres enfoques (Gaston 1996):

1) Taxones supraespecíficos (*higher taxon method*). Este método busca determinar

una correlación entre el número de especies y el número de géneros y/o familias en una región determinada (Williams y Gaston 1994; Gaston 2000), de manera que es posible estimar el número de especies de un área particular contando sólo el número de sus géneros o familias. Una de las ventajas de este método es que es más rápido cuantificar el número de taxones superiores que el de las especies, debido a que son menos numerosos y más fáciles de identificar. Villaseñor *et al.* (2005) aplicaron por primera vez este método en México; para ello utilizaron 113 inventarios florísticos de todo México, con el fin de evaluar el potencial del método de taxones supraespecíficos para predecir la riqueza local de especies de plantas vasculares. Los resultados de este trabajo mostraron que los géneros son sustitutos muy efectivos para estimar la riqueza local de especies; sin embargo, las familias tienen un potencial más limitado para este propósito. Según estos autores, este método es una herramienta muy útil para localizar y diseñar áreas prioritarias para la conservación en países, que como México, se caracterizan por ser megadiversos y tener una carencia de inventarios completos.

2) Grupos indicadores. Este enfoque trata de determinar la riqueza de un grupo en particular, para inferir este atributo en otros que son más complejos de conocer desde una perspectiva biogeográfica, ecológica o taxonómica (Di Castri *et al.* 1992; Gaston 1996; Ricketts *et al.* 1999; Lawton y Gaston 2001). Los grupos indicadores deben poseer los siguientes atributos (Noss 1990; Stork 1994; McGeoch 1998): 1) ser fáciles de coleccionar o muestrear, 2) tener una taxonomía clara, contar con taxónomos y estar bien estudiados, 3) representar todos los niveles tróficos y todos los grupos funcionales mayores, 4) ser importantes en la estructura y función de los ecosistemas, 5) tener diferentes formas de crecimiento e intervalos de tamaño, 6) reflejar información de comunidades conservadas o con disturbios, y 7) tener una distribución geográfica amplia. Los organismos que han sido propuestos como grupo indicador son los árboles, los hongos macromicetos, algunos grupos de artrópodos (arañas, escarabajos, mariposas) y los vertebrados terrestres (Stork 1994; McGeoch 1998; Fairbanks *et al.* 2001; Cardoso *et al.* 2004; Kati *et al.* 2004; Tognelli 2005).

3) Variables ambientales. Su principal objetivo es encontrar una relación significativa entre algún factor ambiental y la riqueza de especies de una región, de manera que los valores de las variables ambientales puedan servir para predecir el número de especies en un área poco o nada explorada (Gaston 1996; Faith y Walker 1996). El desarrollo de la

percepción remota y los sistemas de información geográfica ha facilitado la predicción de patrones de la biodiversidad basados en conjuntos de datos de variables ambientales, como el clima, la geomorfología, los tipos de suelo o cobertura vegetal (Bojórquez-Tapia *et al.* 1995; Pressey *et al.* 2000; Groves *et al.* 2002; Rouget *et al.* 2003; González-Espinosa *et al.* 2004). Su menor demanda de recursos y mayor disponibilidad en comparación con los que se requieren para obtener datos biológicos, hacen que este conjunto de datos se vuelvan muy útiles en la planeación de áreas para la conservación (Margules y Redhead 1995; Margules y Pressey 2000; Lombard *et al.* 2003). Según Cowling y Heijnis (2001), los métodos basados en variables ambientales son una base adecuada para identificar los sustitutos espaciales de los procesos ecológicos y ayudan a diseñar sistemas de reservas que aseguren la persistencia de la biodiversidad a largo plazo.

Justificación del presente estudio

En México se han decretado hasta el año 2005 alrededor de 144 áreas naturales protegidas para la conservación, lo que equivale al 9.5% de la superficie del país, de las cuales solo 30 cuentan con un plan de manejo (CONANP 2002). Los criterios utilizados para establecer estas áreas han sido casi siempre su valor escénico o recreativo (Cantú *et al.* 2004), es decir, la mayoría de las áreas naturales protegidas de México han sido declaradas sin un conocimiento biológico sólido (Anaya *et al.* 1992). En relación con la flora, de estas 144 áreas, solo 32 cuentan con un inventario florístico; por tal motivo, se ha puesto en duda si las áreas protegidas de México cumplen su función de manera adecuada en la protección de las plantas (Villaseñor *et al.* 2005).

Debido a que no es posible contar con la información completa sobre la distribución de todas las especies de plantas de México, con el fin de diseñar una propuesta para su conservación, en el presente estudio se decidió elegir como grupo indicador, a las especies arbóreas que se distribuyen exclusivamente en el bosque tropical caducifolio (BTC). La principal razón que llevó a seleccionar al BTC fue que varios estudios han demostrado que tanto en México como en el resto del mundo, es uno de los tipos de vegetación que se encuentra más amenazado (Janzen 1988; Flores-Villela y Gerez 1994; Ceballos y García 1995; Murphy y Lugo 1995; Miles *et al.* 2006), fundamentalmente por la ganadería extensiva, la agricultura y la extracción de madera (Gentry 1995; Trejo y Dirzo 2000). Específicamente en México, este tipo de vegetación alcanza en el Neotrópico su distribución más septentrional. Según Rzedowski (1978) el BTC cubría 270,000 km² (cerca del 14% del territorio), de los que solo el 3.7% permanece intactos (Trejo y Dirzo 2000). Además, el BTC contiene alrededor de 6,000 especies de plantas fanerógamas, lo que supone un 20% de la flora del país, con alrededor del 40% de especies endémicas (Rzedowski 1991). Las Áreas Naturales Protegidas de México protegen 5,400 km² de bosque tropical caducifolio, lo que representa el 4% del total de la superficie de este tipo de vegetación en el país (Mas y Pérez-Vega 2005).

Por todas estas razones, el primer capítulo de la tesis tuvo como objetivo principal identificar las áreas prioritarias para la conservación de los árboles que se distribuyen en el bosque tropical caducifolio en México, a partir de un análisis de parsimonia de endemismos (PAE). Se decidió utilizar PAE porque es un método rápido y sencillo. Otro objetivo dentro de este capítulo fue identificar los estados prioritarios para la

conservación de los árboles del bosque tropical caducifolio de México, a partir de un análisis de complementariedad (riqueza total de especies y especies dentro de las áreas de endemismo) y la diversidad filogenética (número de familias y géneros).

Dentro de los resultados obtenidos se encontró que Michoacán es uno de los cinco estados de México que son prioritarios para la conservación del BTC (Flores-Villela y Gerez 1994). Además, el cladograma resultante mostró que Michoacán, junto con Guerrero forman el área de endemismo con mayor número de sinapomorfías (especies endémicas). Adicionalmente, Trejo y Dirzo (2002) determinaron que las localidades de Caleta e Infiernillo Michoacán, son lugares con alta riqueza de especies de plantas para este tipo de vegetación. En un trabajo reciente, Lott y Atkinson (2006) proponen los estados de Michoacán, Guerrero y Oaxaca como prioritarios para la conservación, debido a su alto grado de riqueza de especies y endemismo. Estos autores, al igual que muchos otros, coinciden en destacar la Cuenca del Balsas como un lugar con un alto grado de endemismos para el BTC; entre los géneros más importantes se encuentra *Bursera*, con casi 50 especies (Toledo-Manzur 1984; Rzedowski 1991; Fernández-Nava *et al.* 1998; Rzedowski *et al.* 2005; Espinosa *et al.* 2006).

Las primeras exploraciones botánicas realizadas en Michoacán iniciaron hace más de dos siglos; sin embargo, no es hasta hace menos de dos décadas que se ha empezado a generar información más detallada sobre la flora michoacana. Desde 1985, el Instituto de Ecología A. C., está realizando el proyecto “Flora del Bajío y regiones adyacentes”. En 22 años de trabajo se han publicado 145 fascículos que incluyen el conocimiento florístico de 138 familias, 494 géneros y 1,282 especies. Rodríguez y Espinosa (1995, 1996a,b) y Espinosa y Rodríguez (1995, 1996), basándose en la revisión de cerca de 40,000 números de colecta depositados en los herbarios más importantes del país listan 5,476 especies, 1,211 géneros y 183 familias. Debido a que el trabajo de estas autoras no incluye información detallada acerca de la forma de vida de las especies y a que el 90% de los ejemplares de herbario de este trabajo proceden de la parte septentrional del estado (Rzedowski 2004), dentro del segundo capítulo se decidió llevar a cabo una evaluación de la flora arbórea de Michoacán. Dada la magnitud de la flora vascular del estado de Michoacán, alrededor de 5,000 especies (Rodríguez y Espinosa 1995, 1996a,b; Espinosa y Rodríguez 1995, 1996; Villaseñor 2003), se decidió trabajar con los árboles de Michoacán como grupo indicador de la diversidad biológica de este estado. La lista incluye

las especies reconocidas y las que son endémicas de Michoacán; la relevancia de generar tal lista radica en que esta información fue imprescindible para proponer dentro del tercer capítulo las áreas que son prioritarias para la conservación de las especies arbóreas de Michoacán. Asimismo, se realizó un análisis de la distribución de las especies por tipos de vegetación, para conocer cuál es el más importante por su número de especies.

A pesar de que se está haciendo un gran esfuerzo por conocer la riqueza de la flora de Michoacán, aún quedan muchos lugares del estado que carecen de una cuantificación adecuada, p. ej., la Cuenca del Balsas, la costa y la Sierra Madre del Sur (Rzedowski 2004; Carranza-González 2005), muchas veces debido a la falta de apoyo económico y logístico para las exploraciones botánicas. Como consecuencia de esta situación, la información que se tiene sobre la distribución de las plantas vasculares de Michoacán está sesgada.

En Michoacán la primera Área Natural Protegida decretada fue el Parque Nacional Cerro de Garnica en 1936. Todos los parques nacionales, excepto el Parque Nacional Rayón, fueron establecidos entre 1938 y 1941. Actualmente existen 27 Áreas Naturales Protegidas, diez son de ámbito federal, que incluyen seis parques nacionales, una reserva de la biosfera y tres santuarios, que en conjunto corresponden al 1.5% de la superficie total de Michoacán (Cuadro 1) (Villaseñor *et al.* 2005). Dentro del ámbito estatal existen 17 áreas (siete son parques urbanos ecológicos y diez son zonas sujetas a preservación ecológica), las cuales cubren tan solo el 0.05% de la superficie de su territorio (Cuadro 2) (Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente 2005).

Cuadro 1 Categorías de las Áreas Naturales Protegidas Federales presentes en Michoacán (Villaseñor *et al.* 2005) y tipos de vegetación que se encuentran bajo protección en alguna de las áreas (Flores-Villela y Gerez 1994; García-Ruiz *et al.* 2002; Cornejo-Tenorio *et al.* 2003).

Áreas Naturales Protegidas (superficie, ha)	Región fisiográfica	B	B	BM	BT	BT	M	P	VA
		C	E	M	C	S	X	A	S
Reserva de la Biosfera									
“Mariposa Monarca” (42,000)	SVT	*	*				*	*	
Parques Nacionales									
“Cerro de Garnica” (968)	SVT	*		*					
“Insurgente José María Morelos” (4,325)	SVT y DB	*	*				*	*	
“Lago de Camécuaro” (9.65)	SVT	*	*						*
“Pico de Tancítaro” (23,154)	SVT	*							
“Rayón” (25)	SVT	*							
“Barranca del Cupatitzio” (362)	SVT	*	*	*					
Santuarios Tortuga Marina									
“Colola”/”Maruata”/”Mexiq uillo” (144)	Costa					*			

Abreviaturas: bosque de coníferas (BC), bosque de encino (BE), bosque mesófilo de montaña (BMM), bosque tropical caducifolio (BTC), bosque tropical subcaducifolio (BTS), matorral xerófilo (MX), pastizal (PA) y vegetación acuática y subacuática (VAS); Sistema Volcánico Transversal (SVT) y Cuenca del Balsas (DB) (Villaseñor *et al.* 2005).

Cuadro 2 Categorías de las Áreas Naturales Protegidas Estatales presentes en Michoacán (Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente 2005).

Áreas Naturales Protegidas	Municipio	Año decreto	Extensión (ha)
Zonas sujetas a Conservación Ecológica			
“Loma de Santa María”	Morelia	1993	232.80
“Cerro del Estribo Grande”	Pátzcuaro	1994	273.22
“Cerro Pelón”	Paracho	1995	23.50
“Meza de Tzitzio”	Tzitzio	2003	212.85
“La Alberca de los Espinos”	Jiménez	"	142.12
“Laguna de Zacapu”	Zacapu	"	56.34
“Chorros del Varal”	Los Reyes	2004	72.77
“Agua Caliente”	Marcos Castellanos	"	38.07
“La Laguna de Chandio”	Apatzingán	"	11.67
“Los Manantiales de Parácuaro”	Parácuaro	"	70.13
Parques Urbanos Ecológicos			
“Fideicomiso de la Ciudad Industrial de Morelia”	Morelia	1995	89.12
“Instituto Tecnológico Agropecuario 7”	Tarímbaro	1998	16.94
“Uruapan”	Uruapán	1995	52.41
“Capácuaro”	Uruapán	1995	7.60
“Taquiscuareo”	La Piedad	1995	11.95
“Cerrito de la Independencia”	Zitácuaro	1997	2.77
“La Eucalera de Paso de Hidalgo”	Briseñas	2003	76.27

El establecimiento de estas áreas ha propiciado conflictos de tenencia de la tierra,

debido a que a menudo los ejidos y las comunidades rurales habitan áreas de importancia ecológica (Velázquez *et al.* 2005). Esta situación ha dado lugar al deterioro ambiental de estas áreas y a su entorno. Un claro ejemplo es la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, que se caracteriza por ser el área natural protegida de mayor extensión en el estado y por ser la reserva de México con mayor densidad poblacional (Brower *et al.* 2002; Ramírez *et al.* 2003; Villaseñor *et al.* 2005). Las áreas naturales protegidas existentes en el estado han sido propuestas de manera convencional, es decir, sin tomar en cuenta la voluntad social y no están distribuidas de manera homogénea; la mayoría se localizan a lo largo del Sistema Volcánico Transversal. Estas áreas han favorecido la protección de los ecosistemas templados, dejando de lado aquellos que albergan la mayor diversidad del estado, es decir, el bosque mesófilo de montaña, el bosque tropical caducifolio y subcaducifolio y el matorral xerófilo (Flores-Villela y Gerez 1994; Villaseñor *et al.* 2005) (Cuadro 1). Las principales amenazas a las que se enfrenta Michoacán es la deforestación, con una de las tasas más altas del país, debido al descontrol en la actividad forestal (Bocco *et al.* 2001; Brower *et al.* 2002). A esto hay que añadirle el hecho de que cerca del 80% de los suelos presentan algún grado de erosión y en los últimos 100 años se ha perdido el 70% de los cuerpos de agua superficiales.

Dentro del tercer capítulo de la tesis, se identificaron las áreas que son prioritarias para la conservación de los árboles de Michoacán, a partir de un método integrador (análisis de discrepancias, grupo indicador, enfoque participativo y método iterativo) para enfrentar la situación que se vive hoy en día en el estado, en relación con la conservación de la biodiversidad (alta tasa de deforestación y criterios *ad hoc* para diseñar áreas prioritarias). Para alcanzar este objetivo, primero se combinaron los métodos de inferencia (variables ambientales y grupo indicador) y el análisis de discrepancias. Se eligieron como variables ambientales el clima, la geomorfología y el suelo, debido a que en la literatura se ha demostrado que estas variables son las que mejor explican los patrones de distribución de las plantas (p. ej., Clinebell *et al.* 1995; Faith y Walker 1996; Fairbanks *et al.* 2001; Lobo *et al.* 2001; González-Espinosa *et al.* 2004, 2005; Cayuela *et al.* 2006a,b). El análisis de discrepancias se realizó con el fin de conocer la superficie de cada variable encontrada dentro de las Áreas Protegidas Federales y las propuestas por el Sistema de Áreas de Conservación del Estado de Michoacán (SACEM) (Velázquez *et al.* 2005). Por último, se identificaron las áreas que son prioritarias para la conservación de

las especies arbóreas del estado con base en un análisis de complementariedad basado en las especies endémicas.

OBJETIVOS

El objetivo general de este trabajo fue analizar los patrones actuales de distribución de la flora arbórea del estado de Michoacán para generar propuestas para su conservación.

Objetivos específicos

- 1) Identificar las áreas de endemismo de los árboles que se distribuyen en el bosque tropical caducifolio en México.
- 2) Determinar los estados de México prioritarios para la conservación de los árboles del bosque tropical caducifolio, considerando su riqueza de especies y diversidad filogenética.
- 3) Evaluar el grado de conservación de las especies arbóreas que se encuentran dentro de las áreas naturales protegidas de México que incluyen bosque tropical caducifolio.
- 4) Conformar un listado de la flora arbórea de Michoacán y realizar un análisis de la distribución de las especies por tipos de vegetación.
- 5) Identificar a las especies arbóreas de Michoacán que se encuentran en alguna categoría de riesgo o amenazadas.
- 6) Identificar las áreas prioritarias para la conservación de los árboles de Michoacán, a partir de un método integrador (análisis de discrepancias, grupo indicador, enfoque participativo y método iterativo).
- 7) Determinar el número de especies arbóreas, así como la superficie de las variables ambientales seleccionadas, que se encuentra bajo las Áreas Naturales Protegidas Federales y las propuestas por la SACEM.

DISCUSIÓN GENERAL Y CONCLUSIONES

El objetivo principal de este estudio fue analizar los patrones de distribución de la flora arbórea del estado de Michoacán para generar propuestas para su conservación. Para ello primero, se identificaron a través de un PAE las áreas de endemismo de los árboles que se distribuyen de manera exclusiva en el bosque tropical caducifolio (BTC). Las razones que llevaron a elegir el BTC para llevar a cabo este estudio fueron: 1) por ser la vegetación tropical más ampliamente distribuida en México, 2) por su alta diversidad florística y alto grado de endemismo y 3) por ser uno de los ecosistemas prioritarios para la conservación (Janzen 1988; Rzedowski 1991; Trejo 1998; Trejo y Dirzo 2000). El PAE permitió la identificación de 16 áreas de endemismo para los árboles del BTC, caracterizadas por 127 especies (54 sinapomorfías y 73 autapomorfías), de las cuales 92 (72.4%) son endémicas de México. Algunas de estas áreas coinciden con las encontradas en otros trabajos donde se ha utilizado PAE: 1) Baja California Sur (Morrone *et al.* 1999; Morrone y Escalante 2002; Escalante *et al.* 2003; Rojas-Soto *et al.* 2003); 2) la Península de Yucatán (Morrone *et al.* 2002; Morrone y Escalante 2002; Aguilar-Aguilar *et al.* 2003; Escalante *et al.* 2003; Morrone y Márquez 2003; Espadas *et al.* 2003); 3) Veracruz, Chiapas y Oaxaca (Luna-Vega *et al.* 1999; Escalante *et al.* 2003); 4) Sinaloa (Morrone *et al.* 2002; Escalante *et al.* 2003) y 5) el área de endemismo que forma parte de la Cuenca del Balsas (Jalisco, Guerrero y Michoacán) (Dávila *et al.* 2002, Morrone *et al.* 2002, Aguilar-Aguilar *et al.* 2003), la cual aparece en el cladograma de Cue-Bär *et al.* (2006a) dividida en dos regiones. Espinosa *et al.* (2006) analizando los patrones de distribución de las especies de *Bursera* que se distribuyen en México, encontraron resultados similares para esta región, la cual aparece en el cladograma dividida en una parte oeste y otra este. Este patrón también fue encontrado por Toledo-Manzur (1984) para el mismo género y por Schmidt (1941) para el género de lagartijas *Sceloporus*. Espinosa *et al.* (2006) proponen que la Sierra de Taxco es la que divide esta área de endemismo en dos subregiones. Otra hipótesis es que esta división de la Cuenca del Balsas se debe a un conocimiento desigual de las floras de esta región (Rzedowski 1978, 1991; Sosa y Dávila 1994).

Lott y Atkinson (2002, 2006) analizaron los patrones de distribución geográfica de la flora del BTC de Chamela-Cuixmala y obtuvieron resultados similares a los

encontrados por Cué-Bär *et al.* (2006a) en relación con la Cuenca del Balsas. Según Lott y Atkinson (2002, 2006), el alto grado de endemismo de esta zona es consecuencia de la complejidad topográfica y del clima tan extremo en relación con la precipitación (Fernández-Nava *et al.* 1998; Trejo 1998). Trejo y Dirzo (2002) encontraron que el 45% de las especies presentes en su sitio en el Cañón del Zopilote (Guerrero) y el 30% del sitio localizado en Infiernillo (Michoacán) se restringen a la Cuenca del Balsas. El género *Bursera* tiene aquí su centro de diversificación con una alta concentración de especies endémicas de México (Miranda 1947; Rzedowski 1978, 1991; Rzedowski *et al.* 2005). Becerra (2005) utilizó el género *Bursera* para relacionar los cambios espaciales y temporales de la diversidad de este taxón con el origen y la expansión del BTC que se distribuye en el país. Los resultados mostraron que hace unos 30-20 millones de años *Bursera* comenzó a diversificarse rápidamente, lo que sugiere que las condiciones climáticas eran favorables para su radiación y esto probablemente también favoreció la expansión del BTC. Esta autora propone que este tipo de vegetación se estableció primero en el oeste y de ahí se expandió hacia el sur y centro de México.

El uso del PAE ha sido criticado como método para inferir procesos de la biogeografía histórica, debido a que no considera las relaciones filogenéticas de los grupos bajo estudio (Humphries y Parenti 1999; Brooks y van Veller 2003; Santos 2005). En un trabajo reciente Nihei (2006) responde a estas críticas, aclarando las confusiones que hay entre el enfoque dinámico y estático del PAE. Según este autor originalmente el PAE (enfoque dinámico) fue propuesto por Rosen (1988) para hacer comparaciones históricas entre la distribución de la biota basadas en información geológica y estratificada. Esto permitía el análisis de la biota a través del espacio y del tiempo. Por otro lado, el enfoque estático (sentido moderno), no incluye el componente temporal y el análisis se basa en un horizonte geológico. Este último enfoque puede utilizarse para detectar homologías espaciales y después delimitar áreas de endemismo y ser un paso previo a la aplicación de otros métodos biogeográficos como la panbiogeografía (Morrone y Márquez 2003; Luna-Vega *et al.* 2000; Morrone 2004; Contreras-Medina 2006). El PAE tiene la ventaja de que genera cladogramas directamente de la información de la distribución de las especies y no requiere de análisis filogenéticos previos, por lo que es una alternativa ante la falta de trabajos cladísticos (Posadas y Miranda-Esquível 1999; Aguilar-Aguilar *et al.* 2003).

Asimismo, Nihei (2006) crítica el uso de unidades geopolíticas para llevar a cabo un PAE, debido a que la distribución de los organismos no siempre coincide con los límites políticos; sin embargo, Cué-Bär *et al.* (2006a) indicaron que la elección de esta escala de análisis en México es adecuado por varias razones: 1) las delimitaciones y el establecimiento de las Áreas Naturales Protegidas generalmente esta restringido a límites estatales (Villaseñor *et al.* 1998; Lira *et al.* 2002; SEMARNAT 2002; Dávila *et al.* 2004) y 2) la falta de información sistemática precisa a otras escalas, por ejemplo, cuadros o ecorregiones para los árboles que se distribuyen en el BTC de México (Cuadro 3 y 4).

Cuadro 3 Estudios sobre la diversidad, estructura y fitogeografía del bosque tropical caducifolio (BTC) realizados hasta la fecha en diferentes regiones en México.

Lugar	Referencia
Chamela	Lott <i>et al.</i> (1987)
	Balvanera <i>et al.</i> (2002)
	Durán <i>et al.</i> (2002)
	Lott y Atkinson (2002; 2006)
	Durán <i>et al.</i> (2006)
Sur de Sonora	Martin <i>et al.</i> (1998)
	Búrquez <i>et al.</i> (1999)
	Martínez-Yrizar <i>et al.</i> (2000)
Península de Yucatán	Rico-Gray <i>et al.</i> (1988)
	White y Hood (2004)
Costa de Oaxaca	Salas-Morales (2002)
México (20 sitios de muestreo)	Trejo y Dirzo (2002)
Nizanda (Oaxaca)	Gallardo-Cruz <i>et al.</i> (2005)
Huetamo (Guerrero)	Pineda-García e Ibarra-Manríquez (aceptado)

Cuadro 4 Listados florísticos de México que incluyen, entre otros tipos de vegetación, al bosque tropical caducifolio (tomado de Lott y Atkinson 2006).

Lugar	Referencia
Río Cuchujaqui (Sonora)	Van Devender <i>et al.</i> (2000)
Sierra de Nanchititla (Estado de México)	Zepeda y Velázquez (1999)
Depresión Central de Chiapas	Reyes-García y Sousa (1997)
Distrito de Tehuantepec (Oaxaca)	Torres-Colín <i>et al.</i> (1997)
Cañón del Zopilote (Guerrero)	Gual-Díaz (1995)
Costa Grande (Guerrero)	Peralta-Gómez <i>et al.</i> (2000)
Zimatán (Oaxaca)	Salas-Morales <i>et al.</i> (2003)
Nizanda (Oaxaca)	Pérez-García <i>et al.</i> (2001)
El Cabo (Baja California Sur)	León de la Luz <i>et al.</i> (1999)
Chamela-Cuixmala (Jalisco)	Lott (2002)
Colima	Padilla-Velarde <i>et al.</i> (2006)
Cuenca del Balsas (Michoacán, Guerrero)	Fernández-Nava <i>et al.</i> (1998)
Sian Ka'an (Quintana Roo)	Durán y Olmsted (1987)

Los estados de Chiapas, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Oaxaca y Yucatán, son los estados prioritarios para la conservación del BTC según los resultados del análisis de complementariedad, basado tanto en la riqueza de especies, como en aquellas que forman parte de las áreas de endemismo y en la diversidad filogenética (Cué-Bär *et al.* 2006a). Esta coincidencia es muy relevante dentro de la biología de la conservación, debido a que existe un amplio debate en relación con dar prioridad a las regiones con alto grado de endemismo o riqueza (Gentry 1992; Kerr 1997; Arita *et al.* 1997; Villaseñor *et al.* 2003). Algunos autores argumentan que los lugares de endemismo tienen mayor prioridad, mientras que otros sugieren que son prioritarios los sitios con alta riqueza de especies. Específicamente en México, para algunos vertebrados no se encontró una coincidencia entre las áreas de endemismo y de riqueza de especies (Ceballos y Rodríguez 1993; Escalante *et al.* 1998; Arita *et al.* 1997; Arita y Santos 1999), mientras que para las plantas esta relación se ha podido determinar (Villaseñor *et al.* 1998, 2003; Lira *et al.* 2002; Dávila *et al.* 2004; Méndez-Larios *et al.* 2006).

Las Áreas Naturales Protegidas de México protegen sólo el 4% de la superficie

total del BTC (Mas y Perez-Vega 2005; Trejo 2005). Resultados similares obtuvieron Brooks *et al.* (2004), quienes llevaron a cabo un análisis de discrepancias a nivel global y encontraron que uno de los biomas que se encuentra deficientemente protegido es el BTC que se encuentra en México, debido a que menos del 2% de la superficie de este bioma se encuentra dentro de los límites de las Áreas Naturales Protegidas del país. Recientemente, Miles *et al.* (2006) conformaron un mapa actual global sobre la distribución del BTC. Según estos autores, Mesoamérica es la zona con mayor prioridad para la conservación de este tipo de vegetación, debido a que en esta región menos del 5% de su superficie se encuentra protegido. Esto contrasta con Sudamérica, donde esta cifra alcanza el 37.8%.

Los resultados presentados en Cué-Bär *et al.* (2006a) muestran la falta de información sobre la riqueza florística del BTC de México y la urgencia de tomar medidas que lleven a su conservación y recuperación, debido a la gran diversidad florística que posee y a las fuertes presiones a las que está siendo sometido (Rzedowski 1978; Flores-Villela y Gerez 1994; Trejo 1998; Trejo y Dirzo 2000; Olson y Dinerstein 2002; Trejo 2005; Lott y Atkinson 2006).

Los resultados obtenidos dentro del primer capítulo mostraron que Michoacán es uno de los estados de México que son prioritarios para la conservación del BTC, por lo que se decidió llevar a cabo un estudio de conservación de los árboles que se distribuyen en este estado. Para esto fue necesario conformar previamente un listado actual de la flora arbórea de Michoacán, donde se destacaron las familias y los géneros más importantes por su riqueza de especies, así como su riqueza por tipo de vegetación (Cué-Bär *et al.* 2006b). Con 845 especies, 352 géneros y 100 familias Michoacán, es el estado con mayor riqueza florística conocida hasta la fecha en comparación con la de los estados que poseen un listado de su flora arbórea, como son Colima, Quintana Roo, Campeche, Yucatán y Sonora. Debido a que la superficie de cada estado difiere enormemente, para poder comparar adecuadamente la riqueza de especies se calculó la densidad de la riqueza arbórea de cada estado, que se obtuvo a través del cociente de especies por unidad de área en escala logarítmica. Los resultados demostraron que la mayor riqueza de especies de Michoacán no es una consecuencia de su mayor superficie. Si se comparan estos resultados con los que encontraron Villaseñor e Ibarra-Manríquez (1998), la riqueza arbórea de Michoacán equivale al 23% de la flora arbórea mexicana estimada en su estudio (3,639).

Las familias con mayor número de especies arbóreas fueron Asteraceae, Fabaceae, Mimosaceae, Caesalpiniaceae y Burseraceae. Los cuatro géneros más importantes por su riqueza de especies fueron *Bursera*, *Quercus*, *Lonchocarpus* y *Senna*. El grado de endemismo encontrado fue bajo (1.8%), las familias más importantes por su número de especies endémicas fueron Burseraceae (*Beiselia mexicana* Forman, *Bursera madrigalii* Rzed. & Calderón, *B. occulta* McVaugh & Rzed. y *B. staphyleoides* McVaugh & Rzed.), Euphorbiaceae (*Jatropha pereziae* J. Jiménez Ram. y *J. stephani* J. Jiménez Ram. & Martínez Gordillo) y Malvaceae (*Gossypium lobatum* H. Gentry y *G. schwendimanii* Fryxell & S.D. Koch). El componente endémico se localiza principalmente en el municipio de Morelia (4), seguido por Coalcomán (3), La Huacana (3) y Arteaga, Aquila, Churumuco (2). El BTC fue la comunidad vegetal con más especies (70.2%), incluyendo seis de las 15 especies endémicas de Michoacán.

Los resultados obtenidos por Cué-Bär *et al.* (2006b) muestran que en Michoacán existe un sesgo en el conocimiento de su flora arbórea, debido a que la actividad de colecta no se ha llevado a cabo de manera homogénea, sino que se centra hacia zonas cercanas a los núcleos de población o a lo largo de las principales vías de comunicación (figura 1).

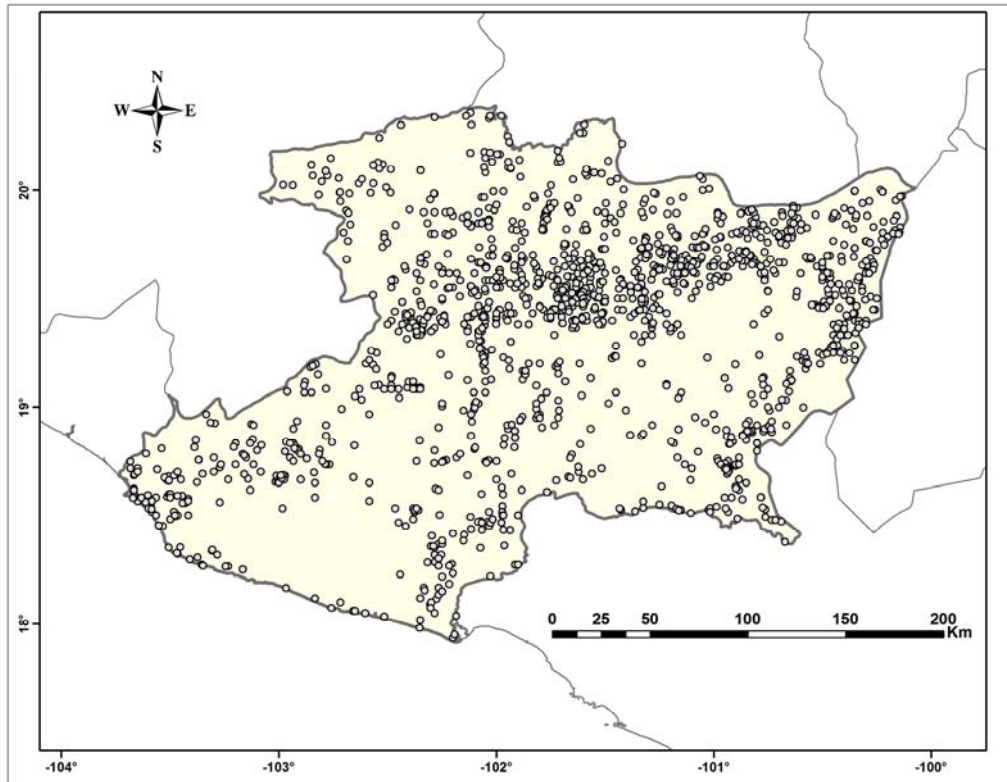


Figura 1. Los puntos grises son las colectas realizadas en Michoacán para las especies arbóreas según los datos de la CONABIO.

Estos resultados coinciden con los de Carranza-González (2005), ya que en que en ambos casos se ha podido observar que en Michoacán hay lugares que aún no han sido adecuadamente explorados, como por ejemplo, la Región del Balsas, la Sierra Madre del Sur y la Planicie Costera. Este patrón en el esfuerzo de colecta también ha sido observado en Michoacán para otros grupos, p. ej., murciélagos (Wang *et al.* 2003), insectos (Ponce 2004), reptiles (Huacuz 2004) y aves (Villaseñor y Villaseñor, 2004). A pesar de estas limitaciones, los datos provenientes de ejemplares de herbario proveen una herramienta útil para la identificación de áreas prioritarias para la conservación (Gibbs-Russell *et al.* 1984; Rich y Woodruff 1992; Heyligers 1998; Villaseñor e Ibarra-Manríquez 1998; Soberón *et al.* 2000; ter Steege *et al.* 2000). González-Espinosa *et al.* (2005) compilaron información de la riqueza de los árboles de “Los Altos de Chiapas” a partir de ejemplares de herbarios y valoraron la utilidad de esta información para llevar a cabo estudios florísticos. Según los resultados de estos autores, a partir de la información de las colectas

es posible evaluar de manera relativa la riqueza y el conocimiento de una flora, además de que metodologías directas, como por ejemplo muestreos, son más costosas respecto a los recursos que demandan.

Dentro del tercer capítulo se identificaron las áreas prioritarias para la conservación de los árboles de Michoacán a través de un método integrador. Para ello se combinó la información de sustitutos de la biodiversidad (variables ambientales y listado florístico de los árboles), con un análisis de discrepancias (Cué-Bär *et al.* enviado). Los resultados mostraron que el establecimiento de las áreas propuestas por el Sistema de Áreas de Conservación del Estado de Michoacán (SACEM) (enfoque participativo) aumentaría enormemente la protección de las especies arbóreas y de la mayoría de las variables ambientales analizadas. Esto es muy relevante para el caso del BTC, que no se encuentra protegido adecuadamente, debido a que en Michoacán la mayoría de las Áreas Naturales Protegidas federales se encuentran ubicadas en el Eje Neovolcánico (introducción general, Cuadro 1). Sin embargo, aun cuando se decretaran todas las áreas propuestas por la SACEM (14% del estado), algunos lugares con alta diversidad biológica seguirían quedando fuera de las Áreas Naturales Protegidas. Este patrón ha podido ser observado en otros lugares de México y del mundo, donde la mayoría de las áreas naturales son declaradas en lugares remotos, con poco interés económico para las actividades agrícolas del hombre (Margules y Pressey 2000; Cantú *et al.* 2003, 2004; Rouget *et al.* 2003; Rodrigues *et al.* 2004; Mas y Pérez-Vega 2005).

Los resultados obtenidos por Cué-Bär *et al.* (enviado) a partir del análisis de complementariedad basado en un algoritmo de endemismo, muestran que son necesarias diez celdas para garantizar la inclusión de todas las especies endémicas de Michoacán, incluyendo el género *Beiselia* Forman (Burseraceae), el único género endémico del estado. Además, la adición de estas diez celdas podría conservar el 80.4% del total de las especies arbóreas utilizadas en este análisis. Hay que destacar que en este estudio se pudo observar una congruencia entre las áreas de endemismo y de riqueza para los árboles, resultados que coinciden con los encontrados en el primer capítulo (Cué-Bär *et al.* 2006a, figura 5). Este patrón también ha sido reportado en México para otros grupos de plantas (Villaseñor *et al.* 1998; 2003; Lira *et al.* 2002; Dávila *et al.* 2004; Méndez-Larios *et al.* 2006).

El 10% de la superficie a proteger que se propone como adecuada (McNeely

1993) no es suficiente para proteger las especies arbóreas de Michoacán y las variables ambientales analizadas. El número de áreas protegidas que existen en el mundo es equivalente al 11.5% de la superficie de la Tierra (Brooks *et al.* 2004). A pesar de que esta cifra sobrepasa el 10% propuesto, el número de críticas en relación a si este nivel es suficiente para mantener la diversidad biológica en una región a largo plazo, aumenta cada día (Margules y Pressey 2000; Brooks *et al.* 2004; Toledo 2005). Rodrigues *et al.* (2004) demostraron, a través de un análisis de discrepancias a nivel global, que al menos el 12% de las especies que analizaron (anfibios, aves, mamíferos y tortugas), no se encuentra representado dentro de las Áreas Naturales Protegidas existentes. Brooks *et al.* (2004) y Rodrigues *et al.* (2004) concluyen que el sistema global de áreas protegidas dista mucho de estar completo y que el porcentaje de un área que se encuentra protegida no aporta información completa sobre los requerimientos de conservación de una región.

En el presente trabajo se seleccionaron los árboles para inferir la diversidad florística, porque además de cumplir con los requerimientos para ser considerados como un grupo indicador de la diversidad biológica (Di Castri *et al.* 1992; Stork 1994), desempeñan un papel muy importante en la realización de estudios biogeográficos, ecológicos, así como en la selección de áreas prioritarias para la conservación (Currie y Paquin 1987; Gentry 1992; Wendt 1993; Clinebell II *et al.* 1995; Austin *et al.* 1996; Ibarra-Manríquez *et al.* 2002; Santiago *et al.* 2002; González-Espinosa *et al.* 2005; Schmit *et al.* 2005; Cayuela *et al.* 2006a, b; Durán *et al.* 2006). En la literatura existe un amplio debate sobre el uso de grupos indicadores para predecir la diversidad de la riqueza de otros grupos, ya que algunos han obtenido resultados positivos (por ejemplo, Pearson y Cassola 1992; Pearson y Carroll 1998), mientras que otros, han criticado el uso de este método y recomiendan su uso sólo cuando otras alternativas no sean posibles (por ejemplo, Landres *et al.* 1988; Howard *et al.* 1998; van Jaarsveld *et al.* 1998; Ricketts *et al.* 2002). Estas discrepancias en los resultados se deben sobre todo a los diferentes grupos que se han seleccionado, por la escala del análisis, los métodos que se han utilizado y las áreas donde se han llevado a cabo los estudios (Lawler *et al.* 2003). A pesar de las diferencias existentes en relación con el uso de grupos sustitutos de la biodiversidad, es indiscutible la utilidad de estos métodos para identificar de manera rápida y eficiente regiones de alta diversidad que posteriormente puedan ser propuestas como prioritarias para la conservación.

En el mundo entero las Áreas Naturales Protegidas han sido establecidas con el fin de frenar la pérdida de la biodiversidad (Margules y Pressey, 2000). Sin embargo, en muchas ocasiones estas áreas han sido decretadas sin tomar en cuenta los intereses sociales, lo que ha llevado al establecimiento de “áreas de papel”, es decir, son áreas que se encuentran decretadas en el papel, pero que en la realidad no funcionan (Margules y Usher 1981; Pressey 1994; Hockings 1998). Ante este panorama, es necesario buscar alternativas para reducir el rápido deterioro ambiental (Velázquez *et al.* 2001; Wilshusen *et al.* 2002). En los últimos años se ha recomendado el uso de enfoques integradores para poder convertir el conocimiento científico en acciones prácticas de conservación (Prendergast *et al.* 1999; Brechin *et al.* 2002). Por lo general, se ha encontrado que en los países tropicales, con alta diversidad biológica y sociocultural, como México, donde las demandas socio-económicas se basan en el manejo de los recursos naturales, las Áreas Naturales Protegidas han dado lugar a más conflictos que beneficios (Bojórquez-Tapia *et al.* 1995; Colmenero y Bravo 1996; Velázquez *et al.* 2001, 2005). Por ejemplo, la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, en Michoacán, posee una de las mayores inversiones financieras a nivel mundial; sin embargo, esto no parece detener el drástico deterioro ambiental y social que existe en la zona (Brower *et al.* 2002; Ramírez *et al.* 2003). En México, el 80% de los recursos forestales están en manos de ejidos campesinos y comunidades indígenas (Thoms y Betters 1998; Bray *et al.* 2003), las cuales han demostrado funcionar como aliadas en la protección de la biodiversidad, ya que han desarrollado un conjunto de conocimientos y actitudes que han favorecido el uso sustentable y la conservación de la naturaleza (Carabias *et al.* 1994; Colmenero y Bravo 1996; Bocco y Toledo 1997; Velázquez *et al.* 2001), pero ver Bojórquez-Tapia y Flores-Villela (1991). Además, en los últimos años se ha observado que el buen funcionamiento de las Áreas Naturales Protegidas depende sobre todo de que éstas sean establecidas con el consenso y la colaboración de las poblaciones locales (Bocco *et al.* 2000; Galindo-Leal 2000; González-Espinosa *et al.* 2005; Velázquez *et al.* 2001, 2005; Toledo 2005).

RECOMENDACIONES

- 1) Aumentar las exploraciones botánicas en los estados prioritarios para la conservación del BTC en México, sobre todo en aquellos donde no existen Áreas Naturales Protegidas, como Guerrero, Michoacán y Oaxaca, y estudiar los patrones de distribución de las 127 especies que son exclusivas (Cué-Bär *et al.* 2006a, tabla II).
- 2) Llevar a cabo inventarios florísticos en las Áreas Naturales Protegidas que incluyan BTC en México, como La Sepultura (Chiapas) o en la Sierra de Abra Tanchipa (San Luis Potosí) y de esta manera conocer cuáles son las áreas que no están adecuadamente protegidas dentro de las Áreas Naturales Protegidas de México.
- 3) Evaluar los procesos de fragmentación del BTC en México y conocer el efecto de la reducción de la superficie de BTC en relación con el aislamiento, la pérdida de conectividad y la distancia a las posibles fuentes de propágulos. Hay que destacar que lo que queda hoy día de superficie de BTC está formado por fragmentos de diferentes tamaños dentro de áreas que han sido transformadas por el hombre (Trejo 2005).
- 4) Debido a la prioridad de conservación que tiene el BTC que se distribuye en Mesomérica (México, Centroamérica y Las Antillas) (Miles *et al.* 2006), sería de gran prioridad en un futuro realizar un análisis de parsimonia de endemismos (PAE) que incluyera aparte de México el área total de distribución del BTC en Centroamérica y Las Antillas.
- 5) Para conformar el listado de la flora arborea de Michoacán hubiera sido muy interesante llevar a cabo trabajo de campo, pero debido a su extensión, al difícil acceso de algunas zonas, a la falta de tiempo y por cuestiones logísticas, esto no fue posible. Es por esto que se recomienda elaborar inventarios florísticos en áreas poco exploradas del estado, como por ejemplo, la Región del Balsas, la Sierra Madre del Sur y la Planicie Costera (Carranza-González 2005; Cué-Bär *et al.* 2006b). Una estrategia para llevar a cabo muestreos rápidos de la biodiversidad de una región es BioRap (Rapid Assessment of Biodiversity), la cual fue desarrollada como un conjunto de herramientas que permite

identificar de manera rápida y con costos bajos áreas que contribuyen a la conservación de la biodiversidad (Margules y Redhead 1995; Martínez-Cruz 2004; Sáyago 2005). Otro método ampliamente utilizado es el que propone Gentry (1982), el cual se caracteriza por su rapidez para realizar muestreos en comunidades vegetales en distintas partes del mundo, especialmente en la región Neotropical (Trejo y Dirzo 2002), con base en el trazado de 10 líneas o transectos de 50×2 m dentro de cada sitio (0.1 ha).

6) Sensibilizar a la sociedad de la importancia que tienen los diez cuadros que contienen a las 16 especies arbóreas endémicas de Michoacán (Cué-Bär *et al.* enviado, figura 5 y cuadro 2). Especial importancia merece el cuadro 70, que contiene a *Beiselia* Forman, un género endémico de Michoacán; y el cuadro 31, donde se encuentra *Diospyros xolocotzii* Madrigal & Rzed., que se encuentra en peligro de extinción, debido a su distribución geográfica restringida, baja densidad poblacional y las amenazas por las actividades humanas (Carranza-González 2000). Una propuesta para conservar estas especies de manera *ex situ* sería la colecta de semillas para que sean conservadas en un banco de germoplasma y plantar algunos individuos en el Jardín Botánico del Centro de Investigaciones en Ecosistemas, Morelia (Martínez-Cruz comunicación personal).

7) Buscar soluciones integrales que incluyan alternativas para los poseedores de los bosques que permitan disminuir el deterioro al que están sujetos los recursos forestales de Michoacán. Por ejemplo, en Nuevo San Juan Parangaricutino (Michoacán), en 1981 se creó una empresa comunal cuyo objetivo fue el manejo forestal de sus bosques mediante una organización comunal. Después de más de 20 años los resultados obtenidos son positivos: la empresa cuenta con más de 900 empleos en los trabajos de extracción, aserradero, madera para estufas y derivados de resina. Este éxito se debe sobre todo al alto grado de organización social y al aprovechamiento integral y racional de sus recursos (Bocco *et al.* 2000; Velázquez *et al.* 2001). Realizar trabajos sobre educación ambiental, por ejemplo, con niños y maestros de las comunidades, para conocer su percepción sobre algunos aspectos del manejo de recursos naturales y de la biodiversidad, para que después puedan transmitir sus conocimientos a otras generaciones (Bocco *et al.* 2000).

8) Utilizar modelos predictivos, como BIOCLIM (Nix 1986), para estimar la distribución

potencial de las especies endémicas que solo han sido reportadas de un cuadro (raras) (Cue-Bär *et al.* enviado, anexo): *Arachnothryx michoacana* Borhidi, *Beiselia mexicana* Forman, *Bourreria longiflora* I.M. Johnst., *Bursera occulta* McVaugh & Rzed., *Diospyros xolocotzii* Madrigal & Rzed., *Gossypium schwendimanii* Fryxell & S.D. Koch., *Jatropha pereziae* J. Jiménez Ram., *Pachycereus tepamo* S. Gama & S. Arias y *Vernonia solorzanoana* Rzed. & Calderón.

9) Sería muy interesante repetir el método integrador que se propone en este estudio (Cué-Bär *et al.* enviado), incluyendo la información que está disponible para murciélagos (Wang *et al.* 2003), insectos (Ponce 2004), reptiles (Huacuz 2004) y aves (Villaseñor y Villaseñor 2004), y determinar si las áreas que son prioritarias para la conservación de árboles de Michoacán coinciden con las de estos grupos.

10) Uno de los problemas ambientales que más ha atraído la atención de las sociedades y los gobiernos en el mundo entero ha sido el efecto del cambio climático sobre los ecosistemas, debido al aumento de gases efecto invernadero (<http://www.climate.org>; <http://www.ipcc.ch>; http://unfccc.int/Kyoto_protocol/background/items/2878.php). Este fenómeno ha propiciado cambios en la distribución de los habitats de las especies. Es por esto que se recomienda la realización de simulaciones de escenarios de cambio climático (BIOCLIM) (Téllez-Valdés y Dávila 2003; Villaseñor y Téllez-Valdés 2004.), con el fin de determinar las distribuciones potenciales de las especies indicadoras del BTC en Michoacán, como por ejemplo, las especies del género *Bursera*.

11) Establecer corredores biológicos entre las Áreas Naturales Protegidas de Michoacán, para facilitar tanto de la migración, como de la dispersión de especies de flora y fauna silvestres, asegurando de esta manera el mantenimiento de la diversidad biológica y los procesos ecológicos y evolutivos y la conservación de las mismas a largo plazo (Bojórquez-Tapia y Flores-Villela 1991). Existe un amplio debate sobre la efectividad de los corredores biológicos (Rosenberg *et al.* 1997; Beier y Noss 1998), ya que se ha sugerido que éstos podrían afectar negativamente a las poblaciones facilitando la propagación de enfermedades, de disturbios catastróficos (fuego) o de especies exóticas (Simberloff *et al.* 1992). Según Beier y Noss (1998) el mantenimiento de los corredores

biológicos es costoso, por lo que tiene que existir un equilibrio entre los beneficios económicos de extraer recursos y los beneficios ecológicos para las especies de mantener un corredor. A pesar de las controversias, Mech y Hallett (2001) demuestran que en paisajes fragmentados los corredores pueden mantener el flujo génico entre las poblaciones locales. También sería importante incluir dentro de los corredores planes para el manejo sustentable de los recursos naturales, tal es el caso del “Corredor Biológico Mesoamericano-México”, el cual tiene como objetivo promover la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad en cinco corredores biológicos localizados en el sur de México, habitados por comunidades que realizan diversas actividades productivas (<http://www.cbmm.gob.mx>).

12) Hay que subrayar que la simple presencia de una especie dentro de un Área Natural Protegida no es suficiente para asegurar su persistencia a largo plazo. Para poder evaluar el estado de conservación de la biodiversidad se necesita incluir aparte de los inventarios de especies, todos los niveles de organización biológica: genes, especies y poblaciones, comunidades-ecosistemas y paisajes (Noss 1990). En el presente estudio se llevó cabo el análisis a nivel de especie (Cué-Bär *et al.* 2006b) y de paisaje (Cué-Bär *et al.* enviado); sería relevante en un futuro llevar a cabo estudios que incluyan el resto de los niveles.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, P. R., Galindo, F. G. L. y Hernández, C. L. V. 1991. Listado florístico preliminar de la flora fanerogámica y micológica del estado de Tlaxcala. UAT. Jardín Botánico Tizatlán. Tlaxcala, Tlaxcala. México. 79 p.
- Aguilar-Aguilar, R. Contreras-Medina, R. y Salgado-Maldonado, G. 2003. Parsimony Analysis of Endemicity (PAE) of Mexican hydrological basins base on helminth parasites of freshwater fishes. *Journal of Biogeography* 30: 1861-1872.
- Álvarez, E. y Morrone, J. J. 2004. Propuesta de áreas para la conservación de aves de México, empleando herramientas panbiogeográficas e índices de complementariedad. *Interciencia* 29(3): 112-120.
- Anaya, A. L., Arévalo, J., García-Ortega, J. M., Consejo, J. J., Hentschel, E. M. y Gutiérrez, D. 1992. Cualidades y funciones de las Áreas Naturales Protegidas: marco actual y propuestas para México. En: Anaya, A. L. (ed.). *Las Áreas Naturales Protegidas de México*. Sociedad Botánica de México, UNAM, SEDUE, SEP, Fundación Miguel Alemán, Gestión de Ecosistemas, A.C. México, D. F. pp. 39-55.
- Argüelles, E., Fernández, R. y Zamudio, S. 1991. Listado florístico preliminar del estado de Querétaro. Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Fascículo Complementario II. Instituto de Ecología, A. C. Pátzcuaro, Michoacán, México. 155 p.
- Arita, H. T., Figueroa, F. Frisch, A., Rodríguez, P. y Santos, K. 1997. Geographical range size and conservation of mexican mammals. *Conservation Biology* 11(1): 92-100.
- Arita, H. T y Santos, K. 1999. Conservation biology of nectar feeding bats in México. *Journal of Mammalogy* 80: 31-41.
- Austin, M. P., Pausas, J. G. y Nicholls, A. O. 1996. Patterns of tree species richness in relation to environment in southeastern New South Wales, Australia. *Australian Journal of Ecology* 21: 154-164.
- Balvanera, P., Daily, G. C., Ehrlich, P. R., Ricketts, T. H., Bailey, S. A., Kark, S., Kremen, C. y Pereira, H. 2001. Conserving biodiversity and ecosystem services. *Science* 291: 2047.
- Balvanera, P., Lott, E., Segura, G., Siebe, C. e Islas, A. 2002. Patterns of β -diversity in a Mexican tropical dry forest. *Journal of Vegetation Science* 13: 145-158.
- Becerra, J. X. 2005. Timing the origin and expansion of the Mexican tropical dry forest.

BioScience 102(3): 10919-10923.

- Bedward, M., Pressey, R. L. y Nicholls, A. O. 1991. Scores and score classes for evaluation criteria: a comparison based on the cost of reserving all natural features. *Biological Conservation* 56: 281-194.
- Beier, P. y Noss, R. F. 1998. Do habitat corridors provide connectivity? *Conservation Biology* 12(6): 1241-1252.
- Bocco, G. y Toledo, V. M. 1997. Integrating peasant knowledge and geographic information systems: a spatial approach to sustainable agriculture in developing countries. *Indigenous knowledge and development monitor* 5(2): 10-13.
- Bocco, G., Mendoza, M. y Velázquez, A. 2001. Remote sensing and GIS-based regional geomorphological mapping- a tool for land use planning in developing countries. *Geomorphology* 39: 211-219.
- Bocco, G., Velázquez A. y Torres, A. 2000. Ciencia, comunidades indígenas y manejo de recursos naturales. Un caso de investigación participativa en México. *Interciencia* 25(2): 64-70.
- Bojórquez-Tapia, L. A. y Flores Villela, O. 1991. Aspectos legales y metodológicos de la bioconservación en México. En: Llorente, J., Ponce, H. E. y Flores-Villela, O. (eds.). *Memorias del seminario sobre conservación de la biodiversidad biológica de México*. No. 2. 23p.
- Bojórquez-Tapia, L. A., Azuara, I., Ezcurra, E. y Flores Villela, O. 1995. Identifying conservation priorities in México through geographic information-systems and modeling. *Ecological Applications* 5(1): 215-231.
- Bonilla-Barbosa, J. R. y Villaseñor, J. L. 2003. Catálogo de la Flora del Estado de Morelos. Centro de Investigaciones Biológicas, UAEM. Cuernavaca.
- Bray, D. B., Merino-Pérez, L., Negreros-Castillo, P., Segura-Warnholtz, G., Torres-Rojo, J. M. y Vester, H. F. M. 2003. Mexico's community-managed forests as global model for sustainable landscapes. *Conservation Biology* 17: 672-677.
- Brechin, S. R., Wilshusen, P. R., Crystal, L., Fortwangler, C. L. y West, P. C. 2002 Beyond the square wheel: toward a more comprehensive understanding of biodiversity conservation as social and political process. *Society and Natural Resources* 15: 41-64.
- Breedlove, D. E. 1986. Flora de Chiapas. Listados Florísticos de México IV. Instituto de

- Biología, UNAM. México, D. F. 246 p.
- Brooks, D. R. y van Veller, M. G. P. 2003. Critique of parsimony analysis of endemism as a method of historical biogeography. *Journal of Biogeography* 30: 819-825.
- Brooks, M., Bakarr, M., Boucher, T., da Fonseca, G. B., Milton-Taylor, C., Hoekstra, J., Moritz, T., Olivieri, S., Parrish, J., Pressey, R. L., Rodrigues, S. L., Sechrest, W., Stattersfield, S. W. y Stuart, S. N. 2004. Coverage provided by the global protected-area system: it is enough? *BioScience* 54: 1081-1091.
- Brower, L. P., Castilleja, G., Peralta, A., López-García, J., Bojórquez-Tapia, L., Salomón, D., Melgarejo, D. y Missrie, M. 2002. Quantitative changes in forest quality in a principal overwintering area of the Monarch Butterfly in México, 1971-1999. *Conservation Biology* 16(2): 346-359.
- Brown, J. H. y Lomolino, M. V. 1998. *Biogeography*. 2^{ed}. Sinauer Associates, Inc. Sunderland, Massachusetts, USA. 691 p.
- Búrquez, A., Martínez-Yrizar A., Felger, R. S. y Yerman, D. 1999. Vegetation and habitat diversity at the southern edge of the Sonoran desert. En: Robichaux, R. H. (ed.). *Ecology of Sonoran desert plants and plant communities*. The University of Arizona Press, Tucson.
- Calderón, de R. G. y Rzedowski, J. 2001. Flora fanerogámica del Valle de México. 2^a ed. Instituto de Ecología, A.C., CRB y CONABIO. Pátzcuaro, Michoacán, México. 1406 p.
- Cantú, C., Wright, R. G., Scott, M. y Strand, E. 2003. Conservation assessment of current and proposed nature reserves of Tamaulipas State, México. *Natural Areas Journal* 23: 220-228.
- Cantú, C., Wright, R. G., Scott, M. y Strand, E. 2004. Assessment of current and proposed nature reserves of México based on their capacity to protect geophysical features and biodiversity. *Biological Conservation* 115: 411-417.
- Carabias, J., Provencio, E. y Toledo, C. 1994. Manejo de los recursos naturales y pobreza rural. UNAM-FCE. México. 137 p.
- Cardoso da Silva, J. M. y Oren, D. C. 1996. Application of parsimony analysis of endemism in Amazonian biogeography: an example with primates. *Biological Journal of the Linnean Society* 59: 427-437.
- Cardoso, P., Silva, I., de Oliveira, N. y Serrano, A. R. M. 2004. Indicator taxa of spider

- (*Araneae*) diversity and their efficiency in conservation. *Biological Conservation* 120: 517-524.
- Caro, T. M. y O'Doherty, G. 1999. On the use of surrogate species in conservation biology. *Conservation Biology* 13(4): 805-814.
- Carranza-González E. 2000. Ebenaceae. *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes* 83: 1-9.
- Carranza-González, E. 2005. Biodiversidad. Angiospermas. En: Villaseñor, L. E. (ed.). *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado*, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del estado de Michoacán, Secretaria de Urbanismo y Medio Ambiente y Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia. pp. 73-75.
- Cavieres, L. A., Maritza, M., Marticorena, A., Marticorena, C., Matthei, O. y Squeo, F. A. 2001. Determinación de las áreas prioritarias para la conservación: análisis de parsimonia de endemismos (PAE) en la flora de la IV Región de Coquimbo. En: Squeo, F. A., Arancio, G. y Gutierrez, J. R. (eds.). *Libro Rojo de la Flora Nativa y de los Sitios Prioritarios para su conservación: Región de Coquimbo* Ediciones Universidad de La Serena, Chile. pp. 159-170.
- Cavieres, L. A., Arroyo, M. T. K., Posadas, P., Marticorena, C., Matthei, O., Rodríguez, R., Squeo, F. y Arancio, G. 2002. Identification of priority areas for conservation in an arid: application of parsimony analysis of endemism in the vascular flora of the Antofagasta region, northern Chile. *Biodiversity and Conservation* 11: 1301-1311.
- Cayuela, L., Rey-Benayas, J. M., Justel, A. y Salas-Rey, J. 2006a. Modelling tree diversity in a highly fragmented tropical montane landscape. *Global Ecology and Biogeography* 15: 602-613.
- Cayuela, L., Golicher, D. J., Rey-Benayas, J. M., González-Espinosa, M. y Ramírez-Marcial, N. 2006b. Fragmentation, disturbance and tree diversity conservation in tropical montane forests. *Journal of Applied Ecology* 43: 1172-1181.
- Ceballos, G. y Rodríguez, P. 1993. Diversidad y conservación de los mamíferos de México: II. Patrones de endemismos. En: Medellín, R. A. y Ceballos, G. (eds.). *Avances en el estudio de los mamíferos de México*. Publicaciones Especiales, vol. 1. Asociación Mexicana de Mastozoología, A. C. México, D. F. pp. 87-108.
- Ceballos, G. y García, A. 1995. Conserving Neotropical biodiversity: The role of dry forest in

- western México. *Conservation Biology* 9: 1349-1353.
- Ceballos, G., Rodríguez, P. y Medellín, R. 1998. Assessing conservation priorities in megadiverse Mexico: Mammalian diversity, endemism and endangerment. *Ecological Applications* 8: 8-17.
- Chiang, C. F. 1993. Plantas vasculares. En: Guevara, S., Moreno-Casasola, P. y Rzedowski, J. (eds.). *Logros y perspectivas del conocimiento de los recursos vegetales de México en visperas del siglo XXI*. Instituto de Ecología A. C. y Sociedad Botánica de México A. C. México. pp. 75-92.
- Clinebell II, R. R., Phillips, O. L., Gentry, A. H., Stark, N. y Zuuring, H. 1995. Prediction of neotropical tree and liana species richness from soil and climatic data. *Biodiversity Conservation* 4: 56-90.
- Colmenero, L. C. y Bravo, E. 1996. Problemática sociocultural de las Áreas Naturales Protegidas en México. *Iztapalapa* 40, julio-diciembre. pp. 141-162.
- Compton, S. G., Wiebes, J. T. y Berg, C. C. 1996. The biology of fig trees and their associated animals. *Journal of Biogeography* 23: 405-407.
- CONANP 2002. Programa de trabajo. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2001-2006 (segunda edición). SEMARNAT. Mexico, D. F.
- Contreras-Medina, R. 2006. Los métodos de análisis biogeográfico y su aplicación a la distribución de las gimnospermas en México. *Interciencia* 31(3): 176-182.
- Cornejo-Tenorio, G., Casas, A., Farfán, B., Villaseñor, J. L. e Ibarra-Manríquez, G. 2003. Flora y vegetación de las zonas núcleo de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 73: 43-62.
- Cowan, C. P. 1983. Flora de Tabasco. Listados Florísticos de México I. Instituto de Biología, UNAM, México, D. F. 123 p.
- Cowling, R. M. y Hejnis, C. E. 2001. The identification of broad habitat units as biodiversity entities for systematic conservation planning in the Cape Floristic Region. *South African Journal of Botany* 67: 15-38.
- Crisci, V. C., Sala, O. E., Katinas, L. y Posadas, P. 2006. Bridging historical and ecological approaches in biogeography. *Australian Systematic Botany* 19: 1-10.
- Cué-Bär, E. M., Villaseñor, J. L., Morrone, J. J. y Ibarra-Manríquez, G. 2006a. Identifying priority areas for conservation in Mexican tropical deciduous forest based on tree species.

Interciencia 31: 712-719.

- Cué-Bär, E. M., Villaseñor, J. L., Arredondo-Amezcuca, L., Cornejo-Tenorio, M. G. y Ibarra-Manríquez, G. 2006b. La flora arbórea de Michoacán, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 78: 47-81.
- Currie, D. J. y Paquin, L. 1987. Large-scale biogeographically patterns of species richness of trees. *Nature* 329: 326-327.
- Daily, G. C., Alexander S., Ehrlich, P., Goulder, L., Lubchenco, J., Matson, P. A., Mooney, H. A., Postel, S., Schneider, S. H., Tilman, D. y Woodwell H. A. 1997. Servicios de los Ecosistemas: beneficios que la sociedad recibe de los ecosistemas naturales. *Tópicos en Ecología* Número 2.
- Dávila, P., Villaseñor, J. L., Medina, L., Ramírez, A., Salinas, A., Sánchez-Ken, J., Tenorio, P. 1993. Listados Florísticos de México. *Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán*. Instituto de Biología, UNAM. México, D. F.
- Dávila, P. y Sosa, V. 1994. El conocimiento florístico de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 55: 21-27.
- Dávila, P., Arias, S., Lira, R., Villaseñor, J. L., Valiente, A. 2002. Phylogeography of the Columnar Cacti (Tribe Pachycereeae) in Mexico: A cladistic approach. En: Fleming, T. H., Valiente, A. (eds.). *Columnar Cacti and their mutualists. Evolution, Ecology and Conservation*. The University of Arizona Press, Tucson, Arizona, USA. pp. 25-41.
- Dávila, P., Lira, R. y Valdés, J. 2004. Endemic species of grasses in México: a phylogeographic approach. *Biodiversity and Conservation* 13: 1101-1121.
- Di Castri, F., Vernhes, J. R. y Younès, T. 1992. Inventorying and Monitoring Biodiversity: a proposal for an international network. *Biology International Special Issue* 27: 1-28.
- Dirzo, R. y Gómez, G. 1996. Ritmos temporales de la investigación taxonómica de plantas vasculares en México y una estimación del número de especies conocidas. *Annals from the Missouri Botanical Garden* 83: 396-403.
- Durán, E., Balvanera, P., Lott, E., Segura, G., Pérez-Jiménez, A., Islas, A. y Franco, M. 2002. Estructura, composición y dinámica de la vegetación. En: Noguera, F. A., Vega-Rivera, J. H., García-Aldrete, A. N., y Quesada-Avenidaño, M. (eds.). *Historia Natural de Chamela*. Instituto de Biología, UNAM, México, D. F. pp. 443-472.
- Durán, E., Meave, J. A., Lott, E. J. y Segura, G. 2006. Structure and tree diversity patterns at the

- landscape level in a Mexican tropical deciduous forest. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 79: 43-60.
- Durán, R. y Olmsted, I. 1987. Listado florístico de la Reserva de Sian Ka'an, Amigos de Sian Ka'an, Puerto de Morelos, Quintana Roo.
- Durán, R., Campos, G., Trejo, J. C., Simá, P., May, P. F. y Juan, Q. M. 2000. Listado florístico de la península de Yucatán. CICY, A.C. Mérida, Yucatán. México. 259 p.
- Escalante, P., Navarro, A. G. y Peterson, A. T. 1998. Un análisis geográfico, ecológico e histórico de la diversidad de aves terrestres de México. En: Ramamoorthy, T. P., Bye, R., Lot, A. y Fa, J. (eds.). *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*, Instituto de Biología. UNAM, México, D. F. pp. 279-304.
- Escalante, T., Espinosa, D. y Morrone, J. J. 2003. Using parsimony analysis of endemism to analyze the distribution of Mexican land mammals. *The Southwestern Naturalist* 48: 563-578.
- Espadas, C., Durán, R. y Argáez, J. 2003. Phytogeographic analysis of taxa endemic to the Yucatan Peninsula using geographic information systems, the domain heuristic method and parsimony analysis of endemism. *Diversity and Distribution* 9: 313-330.
- Espejo-Serna, A., Brunhuber-Menéndez, J. L., Segura-Warnholtz, G. e Ibarra-Caballero, J. 1992. La vegetación de la zona de hibernación de la mariposa monarca (*Danaus plexippus* L.) en la Sierra Chincua. *Tulane Studies in Zoology and Botany. Supplementary Publication* 1: 79-99.
- Espejo-Serna, A., López-Ferrari, A. R. y Salgado, I. 2004. A current estimate of angiosperm diversity in México. *TAXON* 53: (1) 127-130.
- Espinosa, D. y Llorente, J. 1993. Fundamentos de biogeografías filogenéticas. Facultad de Ciencias, UNAM, México, D. F. 133 p.
- Espinosa, D., Morrone, J. J., Aguilar-Zuñiga, C. y Llorente-Bousquets, J. 2000. Regionalización biogeográfica de México: Provincias bióticas. En: Llorente, J., González, E. y Papayero, N. (eds.). *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento*, Vol. II, UNAM, México, D. F. pp. 61-94.
- Espinosa, D., Llorente, J. y Morrone, J. J. 2006. Historical biogeographical patterns of species of *Bursera* (Burseraceae) and their taxonomic implications. *Journal of Biogeography* 33: 1945-1958.

- Espinosa, J. y Rodríguez L. S. 1996. *Listado florístico de estado de Michoacán. Sección IV. (Angiospermae: Fagaceae, Gramineae, Krameriaceae y Leguminosae). Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*. Fascículo complementario XII, Instituto de Ecología, A.C., Pátzcuaro, Michoacán.
- Espinosa, J. y Rodríguez, L. S. 1995. *Listado florístico de estado de Michoacán. Sección II. (Angiospermae: Compositae). Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*. Fascículo Complementario VII, Instituto de Ecología, A.C., Pátzcuaro, Michoacán.
- Fairbanks, D. H. K., Reyers, B. y van Jaarsveld, A. S. 2001. Species and environment representation: selecting reserves for the retention of avian diversity in KwaZulu-Natal, South Africa. *Biological Conservation* 98: 365-379.
- Faith, D. P. y Walker, P. A. 1996. Environmental diversity: on the best-possible use of surrogate data for assessing the relative biodiversity of set areas. *Biodiversity and Conservation* 5: 399-415.
- Felger, R. S., Johnson, M. B. y Wilson, M. F. 2001. *The trees of Sonora*. Oxford University Press. Nueva York.
- Fernández-Nava, R., Rodríguez, C., Arreguín, M. L. y Rodríguez, A. 1998. Listado florístico de la cuenca del Río Balsas, México. *Polibotánica* 9: 1-151.
- Flores-Villela, O. y Gerez, P. 1994. Biodiversidad y conservación en México: Vertebrados, vegetación y uso de suelo. CONABIO y Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Galindo-Leal, C. 2000. Ciencia de la conservación en Latinoamérica. *Interciencia* 25(3): 129-135.
- Gallarado-Cruz, J. A., Meave J. A. y Pérez-García, E. A. 2005. Estructura, composición y diversidad de la selva baja caducifolia del Cerro Verde, Nizanda (Oaxaca), México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 76: 19-35.
- García, R. G., Rosales, C. O., de la Cerda, L. M. y Sequeiros, D. M. E. 1999. Listado florístico del estado de Aguascalientes. *Scientiae Naturae* 1: 5-51.
- García-Barros, E., Gurrea, P., Luciáñez, M. J., Cano, J. M, Munguira, M. L, Moreno, J. C., Sainz, H., Sanz, M. J. y Simón, J. C. 2002. Parsimony analysis of endemism and its application to animal and plant geographical distributions in the Ibero-Balearic region (western Mediterranean). *Journal of Biogeography* 29: 109-124.

- García-Ruiz, I., Nava-Velázquez, J., Flores-Ruíz, E., Cházaro-Bazañez, M., Machuca-Nuñez, J.A. y del Río-Nuñez, E. 2002. *Flora del Parque Nacional Pico de Tancítaro, Michoacán*. Gobierno del estado de Michoacán, CIIDIR y CONABIO, Morelia, Michoacán.
- Gaston, K. J. 1996 (ed.). Species richness: measure and measurement. *Biodiversity: A biology of numbers and difference*. Blackwell Science, Oxford. pp. 77-113.
- Gaston, K. J. 2000. Biodiversity: higher taxon richness. *Progress in Physical* 24: 117-127.
- Gentry, A. H. 1982. Patterns of Neotropical plant species diversity. En: Hecht, M. K., Wallace, B. y Prance, G. T. (eds.). *Evolutionary Biology*. Plenum Press. New York.
- Gentry, A. H. 1992. Tropical forest diversity: distributional patterns and their conservational significance. *Oikos* 63: 19-28.
- Gentry, A. H. 1995. Diversity and floristic composition of Neotropical dry forests. En: Bullock, H. S., Mooney, A. H. y Medina, E. (eds.). *Seasonally dry tropical forests*. Cambridge University Press, Cambridge. pp. 146-190.
- Gibbs-Russell, G. E., Retief, E. y Smook, L. 1984. Intensity of plant collecting in southern Africa. *Bothalia* 15: 131-138.
- González, E. M., González, E. S. y Herrera, A. Y. 1991. Flora de Durango. Listados Florísticos de México IX. Instituto de Biología, UNAM. México, D. F. 167 p.
- González-Espinosa, M., Rey-Benayas, J. M., Ramírez-Marcial, N., Huston, M. A. y Golicher, D. 2004. Tree diversity in the northern Neotropics: regional patterns in highly diverse Chiapas, México. *Ecography* 27: 741-756.
- González-Espinosa, M., Ramírez-Marcial, N., Méndez-Dewar, G., Galindo-Jaimes, L. y Golicher, D. 2005. Riqueza de especies de árboles en Chiapas: variación espacial y dimensiones ambientales asociadas al nivel regional. En: González-Espinosa, M., Ramírez-Marcial, N. y Ruiz-Montoya, L. (eds.). *Diversidad Biológica en Chiapas*. Plaza y Valdés. México, D. F. pp. 43-79.
- González-Medrano, F. 2003. Las comunidades vegetales de México. SEMARNAT-INE, México.
- Groombridge, B. (ed.) 1992. Global Biodiversity. Status of the Earth's living resources. Chapman & Hall. Londres. Reino Unido. 585 p.
- Groombridge, B. y Jenkins, M. 2002. *World atlas of biodiversity*. Prepared at UNEP World Conservation Monitoring Centre. California University Press, Berkeley, Los Angeles, C. A.

- Groves, C. R., Jensen, D., Valutis, L., Redford, K., Shaffer, M. L., Scott, J. M., Baumgartner, J., Higgins, J., Beck, M. y Anderson, M. G. 2002. Planning for biodiversity conservation: putting conservation science into practice. *BioScience* 52: 499-512.
- Gual-Díaz, M. 1995. Cañón del Zopilote (Área Venta Vieja). *Estudios florísticos de Guerrero* 6, Facultad de Ciencias, UNAM, México D. F.
- Gutiérrez, B. C. 2000. Listado florístico actualizado del estado de Campeche. Universidad Autónoma de Campeche. Campeche, Campeche. México. 95 p.
- Haydon, D. T., Crother, B. I. y Pianka, E. R. 1994. New directions on biogeography? *TREE* 10: 403-406.
- Heyligers, P. C. 1998. Some New South Wales coastal plant distributions: a comparison of herbarium records with transect survey data. *Cunninghamia* 5(3): 645-663.
- Hockings, M. 1998. Evaluating management of protected areas: integrating planning and evaluation. *Environmental Management* 22(3): 337-345.
- Howard, P. C., Viskanic, P., Davenport, T. R. B., Kigenyi, F. W., Baltzer, M., Dickinson, C. J., Lwanga, J. S., Matthews, R. A. y Balmford, A. 1998 Complementarity and the use of indicator groups for reserve selection in Uganda. *Nature* 394: 472-475.
- Howe, H. F. y Westley, L. C. 1988. Ecological relationships of plants and animals. Oxford University Press, New York. 273 p.
- Huacuz, D. C. 2004. Reptiles. Atlas Geográfico del Estado de Michoacán. En: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, El Colegio de Michoacán, Secretaría de Educación en el estado de Michoacán (eds.). Editora y Distribuidora EDDISA, S.A. de C.V. Morelia. pp. 77-78.
- Humphries, C. y Parenti, L. 1999. *Cladistic biogeography*, 2nd edn. Academic Press, London.
- Ibarra-Manríquez, G., Villaseñor, J. L. y Durán, R. 1995. Riqueza de especies y endemismo del componente arbóreo de la Península de Yucatán, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 57: 49-77.
- Ibarra-Manríquez, G., Villaseñor, J. L., Durán, R. y Meave, J. 2002. Biogeographical analysis of the tree flora of the Yucatán Peninsula. *Journal of Biogeography* 29: 17-29.
- Janzen, D. H. 1988. Tropical dry forest, the most endangered major tropical ecosystem. En: Wilson, E. O. (ed.). *Biodiversity*. National Academy Press, Washington, D.C. pp. 130-137.

- Janzen, D. H. 1991 (ed.). *Historia Natural de Costa Rica*, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 822 p.
- Kati, V., Devillers, P., Dufrêne, M., Legakis, A., Vokou, D. y Lebrun, P. 2004. Hotspots, complementarity or representativeness? Designing optimal small-scale reserves for biodiversity conservation. *Biological Conservation* 120: 471-480.
- Kerr, J. T. 1997. Species richness, endemism, and the choice of areas for conservation. *Conservation Biology* 11: 1094-1100.
- Kirkpatrick, J. B. 1983. An iterative method for establishing priorities for the selection of nature reserves: an example from Tasmania. *Biological Conservation* 25: 127-134.
- Landres, P. B., Verner J. y Thomas, T. W. 1988. Ecological uses of vertebrate indicator species: a critique. *Conservation Biology* 2: 316-329.
- Lawler, J. J., White, D., Sifneos, J. C. y Master, L. L. 2003. Rare species and the use of indicator groups for conservation planning. *Conservation Biology* 17 (3): 875-882.
- Lawton, J. H. y Gaston, K. J. 2001. Indicador species. *Enciclopedia of Biodiversity*, volumen 3. Academic press. pp. 437-450.
- León de la Luz, J. L. 1999. Flora de la región del Cabo de Baja California Sur. *Listados florísticos de México* 18. Instituto de Biología, UNAM, México. 39 p.
- Linder, H. P. 2001. On areas of endemism, with an example from the African Restionaceae. *Systematic Biology* 50: 892-912.
- Lira, R., Villaseñor, J. L. y Ortiz, E. 2002. A proposal for conservation of the family Curcubitaceae in México. *Biodiversity and Conservation* 11: 1699-1720.
- Lobo, J. M., Castro, I. y Moreno, J. C. 2001. Spatial and environmental determinants of vascular plant species richness distribution in the Iberian Peninsula and Balearic Islands. *Biological Journal of the Linnean Society* 73: 233-253.
- Lombard, A. T., Cowling, R. M., Pressey, R. L. y Rebelo, A. G. 2003. Effectiveness of land classes as surrogates for species in conservation planning for the Cape Floristic Region. *Biological Conservation* 112: 45-62.
- Lott, E. J. 2002. Listado anotado de las plantas vasculares de Chamela-Cuixmala. En: Noguera, F. A., Vega, J. H., García, A. N. Quesada, M. (eds.). *Historia Natural de Chamela*. Instituto de Biología, UNAM, México. pp. 99-136.
- Lott, E. J. y Atkinson, T. H. 2002. Biodiversidad y fitogeografía de Chamela-Cuixmala, Jalisco.

- En: Noguera, F. A., Vega, J. H., García, A. N. Quesada, M. (eds.). *Historia Natural de Chamela*. Instituto de Biología, UNAM, México. pp. 83-97.
- Lott, E. J. y Atkinson, T. H. 2006. Mexican and Central American Seasonally Dry Tropical Forests: Chamela-Cuixmala, Jalisco, as a focal point for comparison. En: Pennington, R. T., Lewis, G. P. y Ratter, J. A. (eds.). *Neotropical savannas and seasonally dry forests*. pp. 315-339.
- Lott, E. J., Bullock, S. H. y Solis-Magallanes, A. 1987. Floristic diversity structure of upland and arroyo forests of Coastal Jalisco. *Biotropica* 19: 228-235.
- Luna-Vega, I., Alcántara, O., Espinosa, D. y Morrone, J. J. 1999. Historical relationships of the Mexican cloud forest: a preliminary vicariance model applying parsimony analysis of endemism to vascular plant taxa. *Journal of Biogeography* 26: 1299-1305.
- Luna-Vega, I., Alcántara-Ayala, O. Morrone, J. J. y Espinosa-Organista, D. 2000. Track analysis and conservation priorities in the cloud forests of Hidalgo, México. *Diversity and Distribution* 6: 137-143.
- Luna-Vega, I., Alcántara-Ayala, O. y Contreras-Medina, R. 2004. Patterns of diversity, endemism and conservation: an example with Mexican species of Ternstroemiaceae Mirb. ex DC. (Tricolpates: Ericales). *Biodiversity and Conservation* 13: 2723-2739.
- MacKinnon, J. y De Wulf, R. 1994. Designing protected areas for giant pandas in China. En: Miller, R. I. (ed.). *Mapping the Diversity of Nature*. Chapman and Hall: London pp. 127-142.
- Margules, C. R. y Usher, M. B. 1981. Criteria used in assessing wildlife conservation potential: a review. *Biological Conservation* 21: 79-109.
- Margules, C. R., Nicholls, A. O. y Pressey, R. L. 1988. Selecting networks of reserves to maximize biological diversity. *Biological Conservation* 43: 63-76.
- Margules, C. R. y Readhead, T. D. 1995. *BioRap. Rapid Assessment of biodiversity priority areas*. Guidelines for using the BioRap methodology and tools. CSIRO. Canberra. 70 p.
- Margules, C. R. y Pressey, R. L. 2000. Systematic conservation planning. *Nature* 405: 243-253.
- Martin, P. S., Yetman, D., Fishbein, M., Jenkins, P., van Devender, T. R. y Wilson, R. K. (eds.). 1998. Gentry's Río Mayo Plants. *The tropical deciduous forest and environs of northwest Mexico*. University of Arizona Press, Tucson.
- Martínez, M. y Matuda, E. 1979. Flora del Estado de México. Biblioteca Enciclopédica del

Estado de México, 3 volúmenes. México, D. F.

- Martínez-Cruz, J. 2004. Áreas prioritarias para la conservación de la riqueza arbórea de Colima, México. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. UNAM. México, D. F. 80 p.
- Martínez-Yrizar, A., Búrquez, A. y Maass, M. 2000. Structure and functioning of tropical deciduous forest in Western Mexico. En: Robichaux, R. H. y Yetman, D. A. (eds.). *The Tropical Deciduous Forest of Alamos: Biodiversity of a threatened ecosystem in Mexico*. The University of Arizona Press, Tucson. pp. 19-35.
- Mas, J. F. y Pérez-Vega, A. 2005. La representatividad del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP). *Gaceta Ecológica* 74: 5-14.
- McGeoch, M. A. 1998. The selection testing and application of terrestrial insects as bioindicators. *Biological Review* 73: 181-201.
- McNeely, J. A. 1993. *Parks for Life: Report of the IVth World Congress on National Parks and Protected Areas*. IUCN Communications Division. Gland.
- Mech, S. G. y Hallet, J. G. 2001. Evaluating the effectiveness of corridors: a genetic approach. *Conservation Biology* 15(2): 467-474.
- Méndez-Larios, I., Villaseñor, J. L., Lira, R., Morrone, J. J., Dávila, P. y Ortiz, E. 2005. Toward the identification of a core zone in the Tehuacán-Cuicatlán Biosphere Reserve, México, based on parsimony analysis of endemism of flowering plant species. *Interciencia* 30: 267-274.
- Méndez-Larios, I., Lira, R., Godínez-Álvarez, H., Dávila, P. y Ortiz, E. 2006. Proposal for the Establishment of the Core Zones in the Biosphere Reserve of Tehuacán-Cuicatlán, Mexico. *Biodiversity and Conservation* 15: 1627-1659.
- Miles, L., Newton, A. C., DeFries, R. S., Ravilious, C., May, I., Blyth, S., Kapos, V. y Gordon, J. E. 2006. A global overview of the conservation status of tropical dry forests. *Journal of Biogeography* 33: 491-505.
- Miranda, F. 1947. Estudios sobre la vegetación de México y rasgos de la vegetación en la cuenca del río Balsas. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 8: 95-114.
- Miranda, F. y Hernández-X., E. 1963. Los tipos de vegetación de México y su descripción. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 28: 29-178.
- Mittermeier, R. A. y Goettsch, de M. C. 1992. La importancia de la diversidad biológica de México. En: Sarukhán, J. y Dirzo, R. (eds.). *México ante los retos de la Biodiversidad*.

CONABIO, México, D. F.

- Morrone, J. J. 1994. On the identification of Areas of Endemism. *Systematic Biology* 43(3): 438-441.
- Morrone, J. J. 2000. Entre el escenario y el encomio: León Croizat y la Panbiogeografía. *Interciencia* 25(1): 41-47.
- Morrone, J. J. 2004. Homología Biogeográfica. Cuadernos del Instituto de Biología 37. UNAM. México, D. F.
- Morrone, J. J. y Crisci, J. V. 1992. Aplicación de métodos filogenéticos y panbiogeográficos en la conservación de la diversidad biológica. *Evolución Biológica* 6: 53-66.
- Morrone, J. J. y Crisci, J. V. 1995. Historical biogeography: Introduction to methods. *Annual Review of Ecology and Systematics* 26: 373-401.
- Morrone, J. J. y Escalante, T. 2002. Parsimony analysis of endemism (PAE) of Mexican terrestrial mammals at different area units: When size matters. *Journal of Biogeography* 29: 1095-1104.
- Morrone, J. J., Espinosa-Organista, D., Aguilar-Zuñiga, C. y Llorente-Bousquets, J. 1999. Preliminary classification of the Mexican biogeographic provinces: A parsimony analysis of endemism based on plant, insect and bird taxa. *Southwestern Naturalist* 44(4): 508-515.
- Morrone, J. J., Espinosa-Organista, D. y Llorente-Bousquets, J. 2002. Mexican biogeographic provinces: Preliminary scheme, general characterizations, and synonymies. *Acta Zoologica Mexicana* (nueva serie) 85: 83-108.
- Morrone, J. J. y Márquez, J. 2003. Aproximación a un atlas biogeográfico mexicano: componentes bióticos principales y provincias biogeográficas. En: Morrone, J. J. y Llorente, J. (eds.). *Una perspectiva latinoamericana de la biogeografía*, Las Prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM, México, D. F. pp. 217-220.
- Murphy, P. G. y Lugo, A. E. 1995. Dry forests of Central America and the Caribbean. En: Bullock, S. H. y Mooney, H. A. (eds.). *Seasonally dry tropical forests*. Cambridge University Press, Cambridge. pp. 9-34.
- Myers, A. A. y Giller, P. S. 1988. Process, pattern and scale in biogeography. En: Chapman and Hall (eds.). *Analytical Biogeography*. London.
- Myers, N. 1989. Extinction rates past and present. *BioScience* 39(1): 39-41.

- Nelson, G. 1978. From Candolle to Croizat: Comments on the history of biogeography. *Journal of Historical Biology* 11: 293-329.
- Nelson, G. y Platnick, N. I. 1981. Systematics and biogeography: Cladistics and vicariante. Columbia University Press, New York.
- Nihei, S. S. 2006. Misconceptions about parsimony analysis of endemism. *Journal of Biogeography* 33: 2099-2106.
- Nix, H. A. 1986. BIOCLIM, a bioclimatic analysis and prediction system. En: CSIRO Division Water and Land Resources Research Annual Report. Canberra, Australia. pp. 59-60.
- Noss, R. F. 1990. Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation Biology* 4(4): 355-364.
- Ochoa-Ochoa, L. M. y Flores-Villela, O. 2006. Áreas de diversidad y endemismo de la herpetofauna mexicana. UNAM-CONABIO. México, D. F. 211 p.
- Oldfield, T. E. E., Smith, R. J., Harrop, S. R. y Leader-Williams, N. 2004. A gap analysis of terrestrial protected areas in England and its implications for conservation policy. *Biological Conservation* 120: 307-313.
- Olson, D. M. y Dinerstein, E. 1998. The Global 200: a representation approach to conserving the Earth's most biologically valuable ecoregions. *Conservation Biology* 12: 502-515.
- Padilla-Velarde, E., Cuevas-Guzmán, R., Ibarra-Manríquez, G. y Moreno-Gómez, S. 2006. Riqueza y biogeografía de la flora arbórea del estado de Colima, México. 2006. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 77: 271-295.
- Pearson, D. L. y Cassola, F. 1992. World-wide species richness patterns of tiger beetles (Coleoptera: Cicindelidae): indicator taxon for biodiversity and conservation strategies. *Conservation Biology* 6: 376-391.
- Pearson, D. L. y Carroll, S. S. 1998. Global Patterns of Species Richness: Spatial Models for Conservation Planning Using Bioindicator and Precipitation Data. *Conservation Biology* 12 (4): 809-821.
- Pennington, T. D. y Sarukhán, J. 2005. Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies. Fondo de Cultura Económica y UNAM. México, D. F. 3ª ed. 523 p.
- Peralta-Gómez, S., Diego-Pérez, N. y Gual-Díaz, M. 2000. La Costa Grande de Guerrero.

- Listados florísticos de México 19*. Instituto de Biología, UNAM, México, D. F.
- Pérez-García, E. A., Meave, J. A. y Gallardo, C. 2001. Vegetación y flora de la región de Nizanda, Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, México. *Acta Botanica Mexicana* 56: 19-88.
- Pfab, M. F. 2002. An integrative approach for the conservation and management of South Africa's floristic diversity at provincial level. *Biodiversity and Conservation* 11: 1195-1204.
- Pineda-García, F. e Ibarra-Manríquez, G. aceptado. El bosque tropical caducifolio de "El Tarimo" (Cuenca del Balsas), Guerrero, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*.
- Ponce, J. 2004. Insectos y arácnidos. Atlas Geográfico del Estado de Michoacán, México. En: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, El Colegio de Michoacán, Secretaría de Educación en el estado de Michoacán (eds.). Editora y Distribuidora EDDISA, S.A. de C.V. Morelia. pp. 72-74.
- Posadas, P. y Miranda-Esquivel, D. R. 1999. El PAE (Parsimony Analysis of Endemicity) como una herramienta en la evaluación de la biodiversidad. *Revista Chilena de Historia Natural* 72: 539-546.
- Prendergast, J. R., Quinn, R. M. y Lawton, J. H. 1999. The gaps between theory and practice in selecting nature reserves. *Conservation Biology* 13: 484-492.
- Pressey, R. L. 1994. Ad hoc reservations- Forward or backward steps in developing representative reserve systems? *Conservation Biology* 8: 662-668.
- Pressey, R. L. y Nicholls, A. O. 1989. Efficiency in conservation evaluation: scoring versus iterative approaches. *Biological Conservation* 50: 199-218.
- Pressey, R. L. y Nicholls, A.O. 1991. Reserve selection in the Western Division of New South Wales: development of a new procedure based on land system mapping. En: Margules, C. R. y Austin, M. P. (eds.). *Nature conservation: Cost Effective Biological Surveys and Data Analysis*. Australia, CSIRO, East Melbourne, pp. 98-105.
- Pressey, R. L., Humphries, C. J., Margules, C. R., Vane-Wright, R. I. y Williams, P. H. 1993. Beyond opportunism: Key principles for systematic reserve selection. *Trends in Ecological Evolution* 8: 124-128.
- Pressey, R. L., Hager, T. C., Ryan, K. M., Schwarz, J., Wall, S., Ferrier, S. y Creaser, P. M. 2000. Using abiotic data for conservation assessments over extensive regions: quantitative methods applied across New South Wales, Australia. *Biological Conservation* 96: 55-82.

- Ramírez, M. I., Azcárate, J. G. y Luna, L. 2003. Effects of human activities on monarch butterfly habitat in protected mountain forest, México. *The Forestry Chronicle* 79: 242-246.
- Raven, P. H. y Wilson, E. O. 1992. A 50-year plan for biodiversity surveys. *Science* 258: 1099-1110.
- Reyes-García, A. y Sousa, S. M. 1997. Depresión Central de Chiapas. La selva baja caducifolia. Listados florísticos de México 12, Instituto de Biología, UNAM, México.
- Rich, T. C. G. y Woodruff, E. R. 1992. Recording bias in botanical surveys. *Watsonia* 19: 73-95.
- Ricketts, T. H., Daily, G. C. y Ehrlich, P. R. 2002. Does butterfly diversity predict moth diversity? Testing a popular indicator taxon at local scales. *Biological Conservation* 103: 361-370.
- Ricketts, T. H., Dinerstein, E., Olson, D. M. y Colby, J. 1999. Who's where in North America? *BioScience* 49(5): 369-381.
- Rico-Gray, V., García-Franco, J. G., Puch, A. y Simá, P. 1988. Composition and structure of a tropical dry forest in Yucatán, Mexico. *International Journal of Ecology and Environmental Sciences* 14: 21-29.
- Riemann, H. y Ezcurra, E. 2005. Plant endemism and natural protected areas in the peninsula of Baja California, México. *Biological Conservation* 122: 141-150.
- Rodrigues, A. S. L., Gregory, R. D. y Gaston, K. J. 2000. Robustness of reserve selection procedures under temporal species turnover. *Proceedings of the Royal Society, London B* 267: 49-55.
- Rodrigues, A. S. L., Andelman, S. J., Bakarr, M. I., Boitani, L., Brooks, T. M., Cowling, R. M., Fishpool, L. D. C., da Fonseca, G. A. B., Gaston, K. J., Hoffmann, M., Long, J., Marquet, P. A., Pilgrim, J. D., Pressey, R. L., Schipper, J., Sechrest, W., Stuart, S. N., Underhill, L. G., Waller, R. W., Watts, M. E. J. y Yan, X. 2004. Effectiveness of the global protected area network in representing species diversity. *Nature* 428: 640-643.
- Rodríguez J. L. S y Espinosa G. J. 1995. *Listado Florístico del Estado de Michoacán. Sección I (Gymnospermae; Angiospermae: Acanthaceae-Commelinaceae). Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*. Fascículo complementario VI, Instituto de Ecología, A.C., Pátzcuaro, Michoacán.
- Rodríguez, J. L. S y Espinosa, G. J. 1996a. *Listado Florístico del Estado de Michoacán. Sección III (Angiospermae: Connaraceae-Myrtaceae, excepto Fagaceae, Gramineae,*

- Krameriaceae* y *Leguminosae*). *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*. Fascículo complementario X, Instituto de Ecología, A.C., Pátzcuaro, Michoacán.
- Rodríguez, J. L. S y Espinosa, G. J. 1996b. *Listado Florístico del Estado de Michoacán. Sección V (Angiospermae: Najadaceae-Zygophyllaceae)*. *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*. Fascículo complementario XV, Instituto de Ecología, A.C., Pátzcuaro, Michoacán.
- Rojas-Soto, O., Alcántara, O. y Navarro, A. 2003. Regionalization of the avifauna of the Baja California Peninsula, Mexico: a parsimony analysis of endemism and distributional modelling approach. *Journal of Biogeography* 30: 449-461.
- Rosen, B. R. 1988. From fossils to Herat history: applied historical biogeography. En: Chapman and Hall (eds.). *Analytical Biogeography*, London.
- Rosenberg, D. K., Noon, B. R. y Meslow, E. C. 1997. Biological corridors: form, function and efficacy. *BioScience* 47: 677-687.
- Rouget, M., Richardson, D. M. y Cowling, R. M. 2003. The current configuration of protected areas in the Cape Floristic Region, South Africa-reservation bias and representation of biodiversity patterns and process. *Biological Conservation* 112: 129-145.
- Rovito, S. M., Arroyo, M. y Pliscoff, P. 2004. Distributional modeling and parsimony analysis of endemism of *Senecio* in the Mediterranean-type climate area of Central Chile. *Global Ecology & Biogeography* 13: 85-92.
- 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. y Morrone, J. J. (eds.). *Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: Teorías, conceptos, métodos y aplicaciones*. Facultad de Ciencias, UNAM. México, D. F. pp. 81-94.
- Rzedowski, J. 1978. *La vegetación de México*. Editorial Limusa, México, D. F.
- Rzedowski, J. 1991. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Acta Botánica Mexicana* 14: 3-21.
- Rzedowski, J. 2004. Flora y vegetación silvestre. En: The Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, El Colegio de Michoacán, Secretaría de Educación en el estado de Michoacán (eds.). *Atlas Geográfico del Estado de Michoacán*. Editora y Distribuidora EDDISA, S.A. de C.V. Morelia. pp. 61-66.

- Rzedowski, J., Medina, L. R. y Calderón de Rzedowski, G. 2005. Inventario del conocimiento taxonómico, así como de la diversidad y del endemismo regionales de las especies mexicanas de *Bursera* (Burseraceae). *Acta Botanica Mexicana* 70: 85-111.
- Salas-Morales, S. H. 2002. Relaciones entre la heterogeneidad ambiental y la variabilidad estructural de las selvas tropicales secas de la costa de Oaxaca, México. Tesis de Maestría (Biología Ambiental), Facultad de Ciencias, UNAM, México, D. F. 101 p.
- Salas-Morales, S. H., Saynes-Vásquez, A. y Schibli, L. 2003. Flora de la Costa de Oaxaca, México: Lista florística de la región de Zimatán. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 72: 21-58.
- Santiago, A. L., Fardel, E. y Cuevas, R., 2002. Rareza y estado de conservación de especies arbóreas del bosque mesófilo de montaña en la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, México. *Boletín del Instituto de Botánica de la Universidad de Guadalajara* 10: 5-22.
- Santos, C. M. 2005. Parsimony analysis of endemism: Time for an epitaph? *Journal of Biogeography* 32: 1281-1286.
- Santos, M. y Arita, H. T. 2002. Priority areas for the conservation of New World Nectar-Feeding Bats. En: Fleming, T. y Valiente-Banuet, A. (eds.). *Columnar Cacti and their mutualists. Evolution, Ecology and Conservation*. The University of Arizona Press. Tucson. pp. 342-363.
- Sáyago, R. 2005. Congruencia entre las áreas prioritarias de conservación de la flora leñosa y las aves del bosque tropical caducifolio de Colima, México. Tesis de Maestría. Centro de Investigaciones en Ecosistemas. UNAM. México, D. F. p. 59
- Schmit, J. P., Mueller, G. M., Leacock, P. R., Mata, J. L., Wu, Q. y Huang, Y. 2005. Assessment of tree species richness as a surrogate for macrofungal species richness. *Biological Conservation* 121: 99-110.
- Scott, J. M., Davis, F., Csuti, B. y Noss, R. F. 1993. Gap analysis: a geographic approach to protection of biological diversity. *Ecological Monographs* 123: 1-41.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2002. Informe de la situación del medio ambiente en México. México, D. F. p. 275
- Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente. 2005. Áreas Naturales Protegidas de Michoacán. http://suma.michoacan.gob.mx/pdf/ANP/jardin/Presen_anp.pdf

- Shanahan, M., Samson, S., Compton, S. G. y Corlett, R. 2001. Fig-eating by vertebrate frugivores: a global review. *Biological Review* 76: 529-572.
- Silva, J. M., Cardoso, M. y Castelletti, C. H. M. 2004. Areas of endemism for passerine birds in the Atlantic forest, South America. *Global Ecology and Biogeography* 13: 85-92.
- Simberloff, D. 1998. Flagships, umbrellas, and keystones: is single-species management passé in the landscape era? *Biological Conservation* 3: 247-257.
- Simberloff, D., Farr, J. A., Cox, J. y Mehlman, D. W. 1992. Movement corridors: conservation bargains or poor investments. *Conservation Biology* 6: 493-504.
- Smith, H. 1941. Las provincias bióticas de México, según la distribución geográfica de las lagartijas del género *Sceloporus*. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* 2: 102-110.
- Soberón, J. M., Llorente, J. B. y Oñate, L. 2000. The use of specimen-label databases for conservation purpose: an example using Mexican *Papilionid* and *Pierid* butterflies. *Biodiversity and Conservation* 9: 1441-1466.
- Sosa, V. y Dávila, P. 1994. Una evaluación del conocimiento florístico de México. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 81: 749-757.
- Sosa, V. y Gómez-Pompa, A. (eds.) 1994. Lista Florística. *Flora de Veracruz*. Fascículo 82.
- Sousa, S. M. y Cabrera, C. E. 1983. Flora de Quintana Roo. Listados Florísticos de México II. Instituto de Biología, UNAM. México, D. F. 100 p.
- Sousa, S. M., Ricker, M. y Hernández, H. 2001. Tree species of the family Leguminosae in Mexico. *Harvard Papers in Botany* 6: 339-365.
- Sousa, S. M., Ricker, M. y Hernández, H. 2003. An index for the tree species of the family Leguminosae in México. *Harvard Papers in Botany* 7: 381-198.
- Standley, P. C. 1920-1926. Trees and shrubs of México. *Contributions of the United States National Herbarium* 23: 1-1721.
- Stockwell, D. y Peters, D. 1999. The GARP modelling system: problems and solutions to automated spatial prediction. *International Journal of Geographical Information Science* 13: 143-158.
- Stork, N. E. 1994. Inventories of biodiversity: more than a question of numbers. En: Forey, P. L., Humphries, C. J. y Vane-Wright, R. I. (eds.). *Systematics and conservation evaluation*. The Systematics Association, Clarendon press, Oxford. Special volumen No. 50. pp. 81-

- Stork, N. E. 1997. Measuring global biodiversity and its decline. En: Reaka-Kudla, M. L., Wilson, D. E. y Wilson, E. O. (eds.). *Biodiversity II*. Joseph Henry Press. Washington, D.C. pp. 41-68.
- Téllez-Valdés, O. y Dávila, P. 2003. Protected areas and climate change: A case study of the cacti in the Tehuacán-Cuicatlán Biosphere Reserve, México. *Conservation Biology* 17: 846-853.
- ter Steege, H., Jansen-Jacobs, M. J. y Datadin, V. K. 2000. Can botanical collections assist in a National Protected Area strategy in Guayana? *Biodiversity and Conservation* 9: 215-240.
- Thoms, C. A. y Betters, D. R. 1998. The potential for ecosystem management in Mexico's forest ejidos. *Forest Ecology and Management* 103: 149-157.
- Tognelli, M. F. 2005. Assessing the utility of indicator groups for the conservation of South American terrestrial mammals. *Biological Conservation* 121: 409-417.
- Toledo, V. M. 1988. La diversidad biológica de México. *Ciencia y Desarrollo* 14: 17-30.
- Toledo, V. M., 2005. Repensar la conservación: ¿áreas naturales protegidas o estrategia bioregional? *Gaceta Ecológica* 77: 67-82.
- Toledo-Manzur, C. A. 1984. Contribuciones a la flora de Guerrero: tres especies nuevas del género *Bursera* (Burseraceae). *Biotica* 9: 441-449.
- Torres-Colín, R., Torres-Colin, L., Dávila-Aranda, P. y Villaseñor, J. L. 1997. Flora del Distrito de Tehuantepec, Oaxaca. *Listados florísticos de México 16*, Instituto de Biología, UNAM, México.
- Trejo, I. 1998. Distribución y diversidad de selvas bajas de México: relaciones con el clima y el suelo. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias, UNAM, México, D. F.
- Trejo, I. y Dirzo, R. 2000. Deforestation of seasonally dry tropical forest: A national and local analysis in México. *Biological Conservation* 94: 133-142.
- Trejo, I. y Dirzo, R. 2002. Floristic diversity of Mexican seasonally dry tropical forest. *Biodiversity and Conservation* 11: 2063-2084.
- Trejo, I. 2005. Análisis de la diversidad de la selva baja caducifolia en México. En: Halffter, G., Soberón, J., Koleff, P. y Melic, A. (eds.). *Sobre diversidad biológica: el significado de las diversidades alfa, beta y gamma*. M3m-Monografías 3er Milenio, vol. 4. SEA, CONABIO, Grupo Diversitas-México y CONACYT, Zaragoza. pp. 111-122.

- Van Devender, T. R., Sanders, A. C., Wilson, R. K. y Meyer, S. A. 2000. Vegetation, flora and seasons of the Río Cuchujaqui, a tropical deciduous forest near Alamos, Sonora. En: Robichaux, R. H. y Yetman, D. A. (eds.). *The Tropical Deciduous Forest of Alamos: Biodiversity of a threatened ecosystem in Mexico*. The University of Arizona Press, Tucson. pp. 36-101.
- van Jaarsveld, A. S., Freitag, S., Chown, S. L., Muller, C., Koch, S., Hull, H., Bellamy, C., Krüger, M. Endrödy-Younga, S., Mansell, M. W. y Scholtz, C. H. 1998. Biodiversity assessment and conservation strategies. *Science* 279: 2106-2108.
- Vane-Wright, R. I., Humphries, C. J. y Williams, P. H. 1991. What to protect? Systematic and the agony of choice. *Biological Conservation* 55: 235-254.
- Vargas, J. M. 1991. Escuelas y tendencias en biogeografía histórica. *Revista Española de Herpetofauna* 6: 107-136.
- Vargas, J. M. 1992. Un ensayo en torno al concepto de Biogeografía. *Monografías Herpetológicas* 2: 7-20.
- Vázquez, S. J. 1974. Contribución al estudio de las plantas del estado de Morelos (México). Catálogo de las plantas contenidas en el «Herbario L'Amagatall». *Ciencia (México)* 29: 1-138.
- Vega, A. R., Bojórquez, B. G. A. y Hernández, A. F. 1989. Flora de Sinaloa. SEP-UAS. Culiacán, Sinaloa. México. 49 p.
- Velázquez, A., Bocco, G. y Torres, A. 2001. Turning scientific approaches into practical conservation actions: the case of Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Mexico. *Environmental Management* 27: 655-665.
- Velázquez, A., Sosa, N., Navarrete, J.A. y Torres, A. 2005. *Bases para la conformación del Sistema de Áreas de Conservación del Estado de Michoacán. Programa de conservación para el Estado de Michoacán 2003-2008*. SUMA. Morelia.
- Villarreal, Q. J. A. 2001. Flora de Coahuila. Listados Florísticos de México XXIII. Instituto de Biología, UNAM. México, D. F. 138 p.
- Villaseñor, J. L. 2003. Diversidad y distribución de las Magnoliophyta de México. *Interciencia* 28: 160-167.
- Villaseñor, J. L. 2004. Los géneros de plantas vasculares de la flora de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 75: 105-135.

- Villaseñor, J. L. e Ibarra-Manríquez, G. 1998. La riqueza arbórea de México. *Boletín del Instituto de Biología de la Universidad de Guadalajara* 5: 95-105.
- Villaseñor, J. L., Ibarra, G. y Ocaña, D. 1998. Strategies for the conservation of Asteraceae in México. *Conservation Biology* 12(5): 1066-1075.
- Villaseñor, J. L., Meave, J., Ortiz-Bermúdez, E. e Ibarra-Manríquez, G. 2003. Biogeografía y conservación de los bosques tropicales húmedos de México. En: Morrone J. J. y Llorente-Bousquets J. (eds.). *Una Perspectiva Latinoamericana de la Biogeografía*. Las Prensas de Ciencias, UNAM, México, D. F. pp. 209-216.
- Villaseñor, J. L. y Téllez-Valdés, O. 2004. Distribución potencial de las especies del género *Jefea* (Asteraceae) en México. *Anales del Instituto de Biología (UNAM) (Serie Botánica)* 75: 205-220.
- Villaseñor, J. L., Ibarra-Manríquez, G. y Meave, J. 2005 Higher taxa as surrogates of plant biodiversity in a megadiverse country. *Conservation Biology* 19(1): 232-238.
- Villaseñor, L. E. y Villaseñor, F. 2004. Áreas Naturales Protegidas. En: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, El Colegio de Michoacán, Secretaría de Educación en el estado de Michoacán (eds.). Editora y Distribuidora EDDISA, S.A. de C.V. Morelia. pp. 89-92.
- Villaseñor, L. E., Robles del Valle, J. S., Briceño, L. A. y Amador, A. 2005. Áreas Naturales Protegidas. En: Villaseñor-Gómez, L. E. (ed.). *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado*. CONABIO. Gobierno del Estado de Michoacán. SUMA. UMSNH. Morelia. pp. 177-186.
- Villavicencio, N. M. A., Pérez, E. B. E. y Ramírez, A. A. 1998. Lista florística del estado de Hidalgo. Recopilación Bibliográfica. UAEH. CIB. Pachuca, Hidalgo. México. 147 p.
- Virolainen, K. M., Virola, T., Suponen, J., Kuitunen, M., Lammi, A. y Siikamäki, P. 1999. Selecting networks of nature reserves: methods do affect the long-term outcome. *Proceedings of the Royal Society, London* 266: 1141-1146.
- Wang, G. H., Owen, R. D., Sánchez-Hernández, C. y Romero-Almaraz M. D. L. 2003. Ecological characterization of bat species distributions in Michoacán, México, using a geographic information system. *Global Ecology & Biogeography* 12: 65-85.
- Wendt, T. 1993. Composition, floristic affinities, and origins of the canopy tree flora of the Mexican Atlantic slope rain forest. En: Ramamoorthy, T. P., Bye, R., Lot, A. y Fa, J.

- (eds.). *Biological Diversity of México: Origins and Distribution*, Oxford University Press, Nueva York. pp. 595-680.
- White, D. A. y Hood, C. S. 2004. Vegetation patterns and environmental gradients in tropical dry forests of northern Yucatán Peninsula. *Journal of Vegetation Science* 15: 151-160.
- Wiggins, I. L. 1980. Flora of Baja California. Stanford University Press. Stanford, California. U.S.A. p. 1025.
- Williams, P. H. y Gaston, K. J. 1994. Measuring more of biodiversity: can higher-taxon richness predict wholesale species richness? *Biological Conservation* 67: 211-217.
- Wilshusen, P. R., Brechin, R., Fortwangler, C. L. y West, P. C. 2002. Reinventing a square wheel: critique of a resurgent "Protection Paradigm" in International Biodiversity Conservation. *Society and Natural Resources* 15: 17-40.
- Wilson, E. O. (ed.). 1988. Biodiversity. Nacional Academic Press, Washington, D.C. 521 pp.
- Yip, J. Y., Corlett, R. T. y Dudgeon, D. 2004. A fine scale analysis of the existing protected area system in Hong Kong, China. *Biodiversity and Conservation* 13: 943-957.
- Zepeda, C. y Velázquez, E. 1999. El bosque tropical caducifolio de la vertiente sur de la Sierra de Nanchititla, Estado de México: la composición y la afinidad geográfica de su flora. *Acta Botánica Mexicana* 46: 29-55.