

00377

**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**



POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

**CENTRO DE INVESTIGACIONES
EN ECOSISTEMAS**

**ÁREAS PRIORITARIAS PARA LA
CONSERVACIÓN DE LA RIQUEZA ARBÓREA
DE COLIMA, MÉXICO**

**T E S I S
QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRO EN CIENCIAS (BIOLOGÍA AMBIENTAL)
P R E S E N T A :**

BIÓL. JUAN MARTÍNEZ CRUZ

Director : Dr. Guillermo Ibarra Manríquez



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA



POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS COORDINACIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

Ing. Leopoldo Silva Gutiérrez
Director General de Administración Escolar, UNAM
Presente

Por medio de la presente me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Comité Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día 8 de septiembre de 2003, se acordó poner a su consideración el siguiente jurado para el examen de grado de Maestría en Ciencias Biológicas (Biología Ambiental) del alumno(a) **Martínez Cruz Juan**, con número de cuenta 93636029, con la tesis titulada: "Áreas prioritarias para la conservación de la riqueza arbórea de Colima.", bajo la dirección del(a) Dr. Guillermo Ibarra Manríquez.

Presidente:	Dr. José Luis Villaseñor Ríos
Vocal:	Dr. Jorge Arturo Meave del Castillo
Secretario:	Dr. Guillermo Ibarra Manríquez
Suplente:	Dr. Miguel Martínez Ramos
Suplente:	Dr. Oswaldo Téllez Valdés

Sin otro particular, quedo de usted.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria, D.F., a 19 de noviembre de 2003.


Dr. Juan José Morrone Lupi
Coordinador del Programa

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.
NOMBRE: Juan Martínez Cruz

c.c.p. Expediente del interesado

FECHA: 12 - FEBRERO - 2004

FIRMA: 

La realización del presente trabajo estuvo inmersa dentro del proyecto: Selección de áreas prioritarias para la conservación de comunidades arbóreas de Colima, México, auspiciado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, clave:33067-V, período 2000-2004. Asimismo, se agradece también a esta institución por el apoyo otorgado mediante una beca-crédito (No. Becario 163220) para la realización de los estudios de posgrado. Por último, este agradecimiento es extensivo también para el comité tutorial, cuyos comentarios y revisiones hicieron posible llevar a buen término este trabajo:

Dr. Guillermo Ibarra Manríquez

Dr. Jorge Arturo Meave del Castillo

Dr. Miguel Martínez Ramos

“Nunca olvido que por cada paso que doy, hay uno que estuvo atrás y otro que estará adelante”

Esta tesis esta dedicada especialmente a:

Mi Inseparable Compañera: OLGA, gracias demonín,
eres el prisma que ilumina mi vida de colores,
y la fuerza mágica que me impulsa a seguir.
iiiiii "LO LOGRAMOS"!!!!!!

Mi Familia: Papá, Mamá, Antón, Vero, muchas gracias por
el apoyo demostrado en todos y cada uno de los días de esta
vida. Su cariño fue el aliciente que siempre me mantuvo
vivo y que me da fuerzas para seguir adelante.
Y para Esme, mi sobrinita, cuya risa me recuerda
que aún es posible encontrar angelitos
en la tierra.

Agradezco también a las siguientes personas:

Esta tesis hubiese quedado solo como un sueño, a no ser por la perpetua e incansable ayuda de un gran, gran amigo, quien participó en la fase de sueño, realidad, muestreo, identificación, tortura, etc. Además, agradezco todos y cada uno de sus comentarios, jaladas de oreja y consejos que me brindo a lo largo de estos estudios y en esta fase de mi vida. Muchas gracias, Guillermo, siempre estaré en deuda contigo.

Agradezco también al Dr. Oswaldo Téllez, por sus acertados comentarios y por compartir conmigo buenos momentos de discusión sobre este complejo tema de las ANP's. Además, por su ayuda en la identificación del material botánico colectado y por permitirme usar su compu en los viajesitos al DF.

A los compañeros que me ayudaron en el arduo trabajo de campo: Abraham Ramos Lopéz, Aurora Trejo, Eloy Oswaldo Padilla Valverde, Fernando Pineda García, Libertad Arredondo Amezcua, Miguel Angel Salinas Melgoza, Nieves Barranco León, Oscar Luis Hernández Martínez, Patricia Castillo y Roberto Sayago Lorenzana.

Al director de la Reserva de la Biosfera Manantlán, M. en C. Sergio Graff Montero, por las facilidades otorgadas para el acceso y el muestreo de distintas localidades de la reserva.

Al curador del Herbario Regional del Bajío (IEB) Dr. Sergio Zamudio Ruíz, por las facilidades prestadas en la consulta de la colección botánica.

Al Dr. Jerzy Rzedowski Rotter, por la identificación del material botánico de la familia Burseraceae.

Al Dr. Victor Steinmann por la identificación del material botánico de la familia Euphorbiaceae.

Al Dr. Ramón Cuevas Guzmán y al M. en C. Francisco Javier Santana Michel por su ayuda en la determinación de ejemplares botánicos.

A la ayuda prestada por las comunidades de Campo Cuatro y Agua Fría (especialmente a Don Efrén) por las facilidades otorgadas en los muestreos del proyecto.

Un agradecimiento especial para la familia Arellano Cuevas, por su hospitalidad y desinteresada ayuda en nuestra base de operaciones, el Rancho Lo de Villa.

A Carolina Espinosa, Mari Paz Cruickshank y Lilia Espinosa, quienes siempre tuvieron una sonrisa y trato amable para el tortuoso y difícil proceso de los trámites del posgrado.

Al Dr. Alberto Rojas Martínez, por permitirme usar su equipo de computo, así como hacer más llevadera la estancia en la airosa ciudad de Pachuca.

A mis compañeros de laboratorio, una vez más para Nieves Barranco León, Roberto Sayago Lorenzana, Miguel Ángel Salinas Melgoza, Abraham Ramos Lopéz, Libertad Arredondo Amezcua, Fernando Pineda García, Guadalupe Cornejo Tenorio, Patricia Castillo, Ana de la Rocha. Y demás compañeros del dern-cieco como: Denise García-Vasco, Sofía Solórzano, Jesús Fuentes Junco, Miguel Ángel Martínez (muchas gracias por permitirme usar tu impresora), Leonor Solís, Miguel Ángel Pérez, Abraham Cabrera, Judith Luna (desde una base remota), Anna Pujadas, Carmen Godínez, Ethel Arias, Ivonne Herrerías Anna Alice, Erika del Carmen, Karla Oseguera, Heidi Cedeño, Arnulfo Blanco y Angela Saldaña (de recién ingreso), quienes con sus risas, anécdotas y chistes hicieron del trabajo de laboratorio una agradable estancia.

ÍNDICE GENERAL.

Resumen	
Introducción	1
Objetivo General	8
Área de Estudio	9
Fisiografía	9
Geología	9
Edafología	10
Hidrología	12
Clima	12
Vegetación	14
Métodos	17
Determinación de las Unidades Ambientales	17
Selección de sitios de muestreo	20
Tipo de muestreo	23
Análisis de datos	24
Resultados	28
Florística	28
Riqueza	29
Selección de áreas prioritarias	32
Discusión	45
Literatura citada	54
Anexo 1	63
Anexo 2	74
Anexo 3	76

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y CUADROS.

Cuadros.

- Cuadro 1. Criterios coincidentes para determinar un grupo indicador.**
- Cuadro 2. Áreas prioritarias para la conservación en el estado de Colima.**
- Cuadro 3. Clasificación de las variables de paisaje.**
- Cuadro 4. Usos de suelo de Colima y comunidades vegetales.**
- Cuadro 5. Área porcentual para las unidades ambientales del estado.**
- Cuadro 6. Número de especies y taxa endémicos para los sitios de muestreo.**
- Cuadro 7. Número de especies y taxa endémicos para las unidades ambientales.**
- Cuadro 8. Prioridades de conservación para los sitios de muestreo.**
- Cuadro 9. Prioridades de conservación, para sitios de muestreo y reservas.**
- Cuadro 10. Prioridades de conservación, para las unidades ambientales.**
- Cuadro 11. Prioridades de conservación, para unidades ambientales y reservas.**

Figuras.

- Figura 1. Provincias y subprovincias fisiográficas presentes en Colima.**
- Figura 2. Tipos y edad de los sustratos geológicos de Colima.**
- Figura 3. Regiones y cuencas hidrográficas del estado de Colima.**
- Figura 4. Distribución de los principales tipos de climas en Colima.**
- Figura 5. Distribución de las diferentes comunidades vegetales y uso del suelo.**
- Figura 6. Ubicación de los cuatro gradsectos en el estado de Colima.**
- Figura 7. Distribución de los cinco puntos de muestreo con la mayor riqueza.**
- Figura 8. Distribución de las cinco unidades ambientales con la mayor riqueza.**
- Figura 9. Distribución de los puntos de muestreo prioritarios para Colima.**
- Figura 10. Distribución de las unidades ambientales prioritarias para Colima.**

RESUMEN

Las crecientes presiones sobre el uso desmedido de los recursos naturales, han generado una creciente preocupación sobre la conservación de los mismos. Esto ha motivado el desarrollo de técnicas de inventario y selección de áreas de conservación, más eficientes en términos de costo-beneficio. Colima es uno de los estados en México menos conocido florísticamente, con menos del 2% de su superficie incluida en Áreas Naturales Protegidas y una elevada tasa de deforestación. El objetivo principal de este estudio es ubicar áreas prioritarias para la conservación de especies arbóreas, grupo indicador ampliamente utilizado en las evaluaciones rápidas de biodiversidad. Para cumplir esta meta, primeramente se definieron 11 clases geomorfológicas y 11 tipos de vegetación arbórea, que se combinaron para obtener 53 unidades ambientales. Mediante el método de transectos dirigidos a gradientes (gradsectos) y considerando la extensión de las unidades ambientales, se establecieron 24 sitios de muestreo. En cada sitio se censaron todos los árboles (≥ 2.5 cm de d.a.p.) que se encontraran enraizados dentro de 10 transectos de 50×2 m (0.1 ha). La selección de sitios prioritarios se realizó usando cuatro métodos iterativos considerando de manera independiente su riqueza de especies, su número de especies endémicas a México, el valor de rareza de las especies y la densidad de las especies endémicas. Estos ejercicios se realizaron incluyendo exclusivamente la información de los sitios censados e incorporando también la información de la Reserva de la Biosfera Manantlán y la Zona de Protección de Flora y Fauna El Jabalí. Se obtuvieron 416 especies arbóreas, cuyas familias más representativas fueron Leguminosae, Euphorbiaceae y Burseraceae. Además, se registraron 76 especies endémicas de México, de las cuales 25 se restringen a la porción occidental del país (Colima, Jalisco y Michoacán). Asimismo, 15 especies están consideradas en alguna categoría de la NOM-059-2001. Los sitios con mayor riqueza de especies fueron aquellos distribuidos en las comunidades de selva baja caducifolia y selva mediana, mientras que los menos diversos fueron los ubicados en comunidades templadas y el manglar. Las prioridades de conservación varían de acuerdo al algoritmo

utilizado, aunque los resultados más similares fueron entre los ejercicios de riqueza de especies y valor de rareza. Los sitios J y O se ubicaron entre las primeras cinco prioridades en tres de los algoritmos y ningún sitio ocupó estas posiciones para los cuatro ejercicios realizados. Las unidades ambientales más importantes fueron la unidad uno (lomeríos altos con selva baja caducifolia) y nueve (piedemonte medio con selva baja caducifolia), que abarcan aproximadamente un 14% del estado. Estas unidades, en conjunto con las especies protegidas en las dos reservas mencionadas previamente, salvaguardan entre el 70 y 92% de las especies, en una superficie aproximada al 17% de Colima. Los resultados que aquí se presentan forman parte de las fases iniciales para el establecimiento de un sistema de reservas más eficiente en la protección de la biodiversidad de Colima, aunque la factibilidad de un ejercicio para definir nuevas áreas de conservación deberá de incorporar y evaluar aspectos de índole económico, político y social.

INTRODUCCIÓN

Como una respuesta hacia la crisis mundial de la biodiversidad existe un palpable interés por incrementar las acciones enfocadas hacia el inventario, la conservación y el monitoreo de la diversidad biológica (Stork, 1994; Forey *et al.* 1994, Gaston y Spicer, 1998). Sin embargo, es necesario reconocer que los recursos económicos, el personal capacitado y el tiempo requerido para llevar a cabo estas actividades son aún muy limitados, de manera que actualmente realizar un inventario biológico total de un área determinada es una tarea prácticamente inalcanzable (Austin y Heyligers, 1989; Raven y Wilson, 1992; Austin y Heyligers, 1991; Di Castri, *et al.*, 1992; Stork, 1994; Faith y Walker, 1996a). Ante tales perspectivas, una adecuada conservación de la biodiversidad depende principalmente de la efectividad con la cual su protección *in situ* pueda ser diseñada y mantenida (Margules *et al.*, 1988; Bedward *et al.*, 1992; Pressey y Taffs, 2001). Los enfoques utilizados para la formulación de esquemas de conservación son fundamentalmente de índole económico, socio-político y en una menor proporción de tipo biológico (Margules y Usher, 1981; Raven y Wilson, 1992; Rebelo y Siegfried, 1992; Pressey *et al.*, 1994; Gaston, 1996). Respecto a esta última categoría, los más utilizados son la riqueza total de especies, el número de especies endémicas, así como el tamaño y/o la naturalidad del área (Myers, 1988; Mittermeier, 1990; Gaston, 1996; Caldecott *et al.*, 1996).

Por otro lado, se ha sugerido que el conocimiento de los patrones regionales de biodiversidad constituye un elemento central en la elección de reservas para la conservación biológica (Margules y Redhead, 1995; Kerr, 1997). Estos estudios son ejercicios intensivos y costosos (Margules y Austin 1991), de manera que es necesario desarrollar métodos que permitan inferir, en el menor tiempo posible y a bajos costos, la diversidad biológica presente en un área particular (Di Castri *et al.* 1992; Stork 1994; Toledo y Ordoñez 1998; Wessels *et al.* 1998).

El método BioRap toma en cuenta estas premisas al agrupar una serie de técnicas para evaluar la biodiversidad de una región de forma expedita y con una baja demanda de recursos humanos y económicos, que permita generar la información que se requiere para establecer áreas donde la diversidad biológica pueda ser conservada en el futuro (Margules y Redhead, 1995). Una de estas técnicas es la del transecto dirigido a gradientes o gradsecto (Gillison, 1983; Gillison y Brewer, 1985; Austin y Heyligers, 1989). Este muestreo pretende abarcar la mayor variación ambiental posible de una región a través del trazo de grandes transectos, los cuales han mostrado ser más eficientes que los transectos elegidos de forma aleatoria para detectar la variación encontrada en una región, disminuyendo los costos de este tipo de proyectos (Gillison, 1983; Austin y Heyligers, 1991; Margules y Redhead, 1995).

Por otro lado, Gaston (1996) plantea que la evaluación de la biodiversidad puede realizarse principalmente por métodos de muestreo (*sample methods*) o por métodos de inferencia (*surrogate methods*). El primer enfoque se basa en la realización de muestreos por toda la zona de interés, la cual generalmente no es muy extensa. Por el contrario, los métodos de inferencia son utilizados en áreas extensas (estudios regionales), donde la variabilidad de especies es muy alta, lo que dificulta conocer en forma precisa la riqueza de los grupos de interés. Los métodos de inferencia utilizan tres enfoques de estudio: (i) variables ambientales, (ii) riqueza de taxa supraespecíficos, y (iii) grupos indicadores.

El método de variables ambientales pretende encontrar una fuerte relación entre algún factor ambiental y la riqueza de especies de una región, de manera que en un área inexplorada los valores de la variable ambiental puedan servir como predictores del número de especies (Gaston, 1996). Por otro lado, el método de taxa supraespecíficos busca determinar la relación entre la riqueza de taxa supraespecíficos (p. ej. géneros o familias) y la de especies de una región (Gaston, 1996). Este enfoque se apoya en el supuesto de que los taxa supraespecíficos son generalmente menos complejos de definir taxonómicamente

y son menos numerosos que las especies, de manera que si se obtienen relaciones significativas entre estas variables, se podría predecir el número de especies de una región contabilizando sólo el número de sus géneros o sus familias. Finalmente, el método de los grupos indicadores se sustenta en determinar los patrones de riqueza de un grupo particular para inferir la riqueza de otros grupos más complejos de inventariar (Di Castri, *et al.* 1992; Halffter y Favila, 1993, Gaston, 1996). La designación de un grupo como indicador de biodiversidad se basa en varios atributos (Cuadro 1). Los organismos que con mayor frecuencia han sido usados como grupos indicadores son (Di Castri *et al.*, 1992): artrópodos (p. ej. arañas e insectos), los hongos (p. ej. Basidiomicetes), las mariposas (p. ej. Papilionidae), las plantas (principalmente árboles) y los vertebrados (peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos).

Una vez que se han obtenido los datos sobre la biodiversidad de una determinada zona, se requiere que las áreas prioritarias de conservación representen en la medida de lo posible su biodiversidad, así como asegurar su viabilidad a largo plazo como áreas de conservación (Kirkpatrick, 1983; Pressey y Nicholls, 1989a; Pressey *et al.* 1996; Margules *et al.*, 2002). La delimitación de un sistema de reservas conlleva a definir el número, la extensión y la localización precisa de cada reserva (Kirkpatrick, 1983; Rebelo y Siegfried, 1992; Margules y Nicholls, 1993; Margules *et al.* 1994), las cuales no siempre son interrogantes fáciles de responder. Aunque se han desarrollado diferentes enfoques para abordar estas preguntas [análisis de discrepancias ("gap analysis method"), método marcador ("scoring method"), método de multicriterios ("multi-criteria scoring procedures") y análisis de puntos candentes ("hot-spot analysis")], los métodos iterativos se han usado ampliamente como una respuesta eficiente hacia la solución de estas incógnitas (Pressey y Nicholls 1989a, b; Rebelo y Siegfried, 1992; Rebelo, 1994, Margules *et al.*, 2002, pero ver Possingham y Andelman, 2000 para otro punto de vista).

Cuadro 1. Criterios coincidentes para determinar un grupo indicador.

Halffter y Favila (1993)	Di Castri <i>et al.</i> (1994)	Stork (1994)
Fácil colecta, muestreo bien definido que permita la comparación entre sitios	Fácil colecta de datos	Fácil de muestrear
Taxonomía relativamente clara y fácil de clasificar a especie	Bien estudiado taxonómicamente	Fáciles de clasificar a especie y contar con taxónomos
Importantes en la estructura y función del ecosistema	Representar todos los niveles tróficos y grupos funcionales mayores	Representar todos los niveles tróficos y todos los grupos funcionales mayores
_____	Representar grupos de baja riqueza o densidad	Representar grupos de baja, media y alta diversidad
_____	Tener diferentes formas de crecimiento e intervalos de tamaño	Tener diferentes categorías de tamaño y formas de crecimiento
Reflejar información de comunidades conservadas o con disturbio	_____	Tener importancia para el ambiente, la agricultura, etc.
_____	Tener una distribución geográfica amplia, desde cosmopolitas a endémicas	Mostrar una amplia distribución geográfica

Un método iterativo consiste en un proceso de repeticiones que toman en cuenta a cada paso la información del paso anterior (Pressey y Nicholls, 1989b). En la biología de la conservación, los métodos iterativos son utilizados para seleccionar el menor número posible de áreas necesarias para proteger la diversidad biológica (Margules *et al.*, 1988; Pressey y Nicholls, 1989b). En general, la primera iteración selecciona el área que presenta el mayor valor del atributo de interés a conservar, por ejemplo, el número total de especies o alguna categoría de hábitat. En el segundo paso se eliminan los atributos que han quedado ya protegidos y se determina cuál es el sitio que más contribuye de manera adicional a conservar el atributo de interés, procediendo de manera similar hasta alcanzar el nivel de representación requerido (Kirkpatrick, 1983; Pressey y Nicholls, 1989b). La gama de atributos que pueden ser utilizados en este ejercicio es amplia, ya que pueden usarse especies, conjuntos de especies ("assemblages"), comunidades vegetales o parcelas de muestreo (Margules y Usher, 1981; Margules *et al.*, 1988; Pressey y Nicholls, 1989b; Rebelo, 1994).

El conjunto de áreas propuestas como prioritarias por los métodos iterativos debe cumplir con algunos atributos que aseguren la conservación de la biodiversidad en el corto y largo plazo: i) representatividad, definida como la capacidad del sistema de reservas para contener muestras de toda la variabilidad de los atributos de la biodiversidad (p. ej. especies, ambientes o unidades ambientales) a través de toda la zona de estudio (Margules *et al.*, 1988, 2002; Bedward *et al.*, 1992); ii) complementariedad, que se refiere a la propiedad de las áreas para complementarse en la protección de un atributo, por ejemplo, si se deseara proteger la riqueza de especies, a partir de una primera área escogida, los sitios subsecuentes deben adicionar el mayor número de especies no consideradas en la primera opción, en vez de duplicar especies (Margules *et al.* 1988; Rebelo, 1994; Pressey *et al.*, 1996; Margules *et al.*, 2002); iii) efectividad, que describe la habilidad del sistema de reservas para representar todos los atributos con interés de conservación dentro del número más pequeño de reservas (Bedward *et al.*, 1992, Margules y Nicholls, 1993; Margules *et al.*, 2002); iv) irreemplazabilidad, que indica el valor de conservación que tiene una localidad particular, cuando su composición de especies es única e irreemplazable, de manera que no es posible excluirla de la propuesta final de conservación (Rebelo, 1994; Pressey *et al.*, 1994; Pressey y Taffs, 2001; Margules *et al.*, 2002); y v) flexibilidad, que hace referencia a las posibles formas o diseños de distribución de sitios dentro de la red de reservas, es decir, es la capacidad de desplegar distintas combinaciones de reservas de similar importancia biológica, que sean alternativas para resolver limitantes que pudieran existir ante una determinada propuesta (Bedward *et al.*, 1992; Margules y Nicholls, 1993; Rebelo, 1994; Pressey *et al.*, 1994; Margules *et al.*, 2002).

Una excelente oportunidad para emplear el método BioRap en México se encuentra en el estado de Colima. Esta entidad, a pesar de ser relativamente pequeña en comparación con otros estados del país, presenta una enorme complejidad topográfica, generada por la confluencia de dos zonas fisiográficas (Eje

Neovolcánico y Sierra Madre del Sur), lo que determina un gradiente altitudinal que va desde el nivel del mar hasta 4,340 m, a lo largo del cual se presentan distintos tipos de clima y suelo, así como diversas categorías geológicas (INEGI, 2001). Además, Rzedoswki y McVaugh (1966) señalan que el área de Nueva Galicia, dentro de la cual está Colima incluida, posee un importante número de comunidades vegetales, entre las que destacan por su elevada biodiversidad el bosque mesófilo, la selva baja caducifolia y el bosque tropical subcaducifolio.

En el estado de Colima existe una severa presión sobre sus recursos naturales, ya que cerca del 37% de su área se encuentra representada por comunidades vegetales de origen antrópico (cultivos), asentamientos humanos y áreas sin vegetación (Palacio-Prieto *et al.*, 2000). De acuerdo con Flores-Villela y Gerez (1994), en este estado se produjo una reducción del 25% de su cobertura vegetal entre 1981 y 1992, en donde la selva baja caducifolia mostró comparativamente la mayor reducción (13.5%), siguiéndole en orden de importancia los bosques templados (8.9%) y el bosque tropical subcaducifolio (3.9%). Aunado a ello, Dávila y Sosa (1994) señalan que el conocimiento de la flora de Colima es aún escaso, aunque es muy posible que su flora pueda ser indirectamente conocida con la información que se está generando al respecto para Jalisco, Michoacán y Nayarit. Estas afirmaciones contrastan con la de Flores y Gerez (1994), quienes señalan que la flora colimeña está muy bien conocida y se encuentra incluso en proceso de publicación. Esta última aseveración es parcialmente cierta, ya que el estado se encuentra considerado dentro de la zona de estudio de la Flora Novogaliciana, de la cual hasta la fecha se han publicado 11 volúmenes, los cuales comprenden las principales familias de angiospermas (100 familias, <http://herbarium.lsa.umich.edu>) y 3,523 especies de acuerdo a Dávila y Sosa (1994). Dentro de sus componentes florísticos, Flores-Villela y Gerez (1994) señalan la presencia de siete especies consideradas en peligro de extinción: seis pertenecientes a la familia Orchidaceae (*Cranichis schaffneri* Rchb. f., *Habenaria alata* Hook., *Leochilus crocodiliceps* (Rchb. f.) Kraenzl., *Mormodes luxata* Lindl.,

Oncidium flavovirens L.O. Williams y *Pleurothallis unguicallosa* Ames & C. Schweinf.) y una en Zamiaceae (*Zamia paucijuga* Wieland).

En el rubro de áreas naturales protegidas en Colima existe una gran confusión sobre las categorías y la superficie protegida, así como en las áreas determinadas como prioritarias. Flores-Villela y Gerez (1994) señalan que sólo el 1.03% de la superficie del estado se encuentra bajo alguna categoría de conservación, señalando dos Áreas de Protección de Recursos Naturales (Las Huertas y El Jabalí), un Área de Protección de Flora y Fauna (Playa Volantín-Tepalcates y Chupadero-Boca de Apiza) y por último un Parque Nacional (Volcán Nevado de Colima). En contraparte, SEMARNAT (www.semarnat.gob.mx/colima/) señala un total de 26 095 ha, que representan 4.6% de la superficie estatal. Esta dependencia señala que el área natural más importante es la Reserva Especial de la Biosfera Sierra de Manantlán (compartida con Jalisco), cuya área perteneciente a Colima (10,597 ha) es la que abarca el mayor porcentaje de la superficie considerada para protección de recursos naturales dentro del estado. Otra reserva importante es el Parque Nacional Volcán de Colima (también compartido con Jalisco), con una superficie de 10,153 ha. Otras áreas protegidas de menor extensión son: i) el Área de Protección de Recursos Naturales Las Huertas de Comala (167 ha), ii) el Área de Protección Forestal y Refugio de la Fauna Silvestre El Jabalí (5,178 ha), y iii) el Área de Protección de Flora y Fauna Playas Volantín-Tepalcates y Chupadero-Boca de Apiza, de la cual no se ofrecen datos de su extensión.

En el rubro de áreas prioritarias para la conservación, SEMARNAP (1997) establece un conjunto de áreas naturales, en donde propone la Sierra de la Sidra, la Sierra de la Salada, el Estero Paraíso Palo Verde, el Estero Potrero Grande y el Estero Chupadero y Boca de Apiza, esta última zona ya declarada al menos estatalmente como área protegida. En dicho trabajo se describen los rasgos geográficos y demográficos, la importancia para la conservación y la extensión de cada una de estas áreas; además, la superficie considerada como prioritaria para

la conservación que abarca 6,600 ha (1.1% del estado). Asimismo, SEMARNAT (www.semarnat.gob.mx/colima/) señala una serie de áreas y ecosistemas con la categoría de prioritarios (Cuadro 2), sin embargo, numera dos zonas que ya están consideradas como reservas (Cerro Grande, Reserva de la Biosfera de Manantlán y El Jabalí, Área de Protección de Recursos Naturales).

Cuadro 2. Áreas prioritarias para la conservación en el estado de Colima, de acuerdo a SEMARNAT (www.semarnat.gob.mx/colima/).

Región	Municipios	Ecosistema	Superficie (ha).
Cerro Grande. Reserva de la Biosfera "Sierra de Manantlán"	Minatitlán, E de Comala y Villa de Álvarez	Bosque templado frío y latifoliadas	25,000
Franja Costera Manzanillo	Manzanillo	Selva baja caducifolia	30,000
Sierra de Perote: Cerros el Ocote, El Peón, El Chino, La Carbonera y El Barrigón.	Minatitlán, Villa de Álvarez y Coquimatlán	Bosque templado frío y selva baja caducifolia	50,000
Región este del estado.	Minatitlán y Manzanillo	Selva baja y mediana subcaducifolia	71,910
Volcán de Colima. Parque Nacional y área protegida "El Jabalí"	Cuahutémoc y N de Comala	Bosque templado frío y selva mediana subcaducifolia	8,220
Volcancillos: Cerros 26 de Julio , El Salto y Camila	Ixtlahuacán y S de Colima	Bosque templado frío y selva baja caducifolia	20,000

OBJETIVO GENERAL

De todo lo anterior expuesto, surge la necesidad de determinar las áreas prioritarias y representativas para la conservación de las especies de árboles de Colima, lo que podrá ser alcanzado a través de cuantificar la riqueza de esta forma de crecimiento en un gradiente ambiental. Asimismo, es necesario que esta riqueza se haga accesible mediante una lista de todas las especies encontradas, señalando las importantes desde el punto de vista de su distribución o factor de riesgo de extinción.

ÁREA DE ESTUDIO

El estado de Colima se localiza en la parte oeste de México, con 5,543 km² de área continental, entre los 18°41'17"-19°31' N y 103°29'20"-104°41'42" O (INEGI, 2001). Los ríos Coahuayana y Tamazula conforman el límite oriental, mientras que el río Cihuatlán forma la frontera noroccidental; hacia el norte, noreste y oeste colinda con el estado de Jalisco, mientras que al sur y sureste con el Océano Pacífico y Michoacán (SPP, 1981).

Fisiografía

Colima se ubica principalmente dentro de dos provincias terrestres (Fig. 1): la Sierra Madre del Sur y el Eje Neovolcánico (INEGI, 2001). La Sierra Madre del Sur abarca más de la mitad de la superficie estatal, con dos subregiones: la Ed4 (Manzanillo), que presenta montañas con laderas amplias, poco disectadas, con un intervalo altitudinal de 0 a 2,000 m, y ii) la Ef5 (Planicie Tecomán), que es una planicie de inundación que descansa sobre materiales no consolidados del Cuaternario y rocas metamórficas, abarcando 1,103 km², con altitudes que oscilan desde el nivel del mar hasta 300 m (Cuanalo de la Cerda *et al.*, 1989). Por otro lado, la provincia del Eje Neovolcánico presenta sólo la subregión Hc4 (Volcán de Colima), cuya formación más importante es un cono volcánico alto, moderadamente erosionado, con patrón de drenaje radial y escasas áreas planas, abarcando 2,441 km² y con un intervalo altitudinal de 300 a 4,225 m (Cuanalo *et al.*, 1989).

Geología

Dentro de la provincia de la Sierra Madre del Sur se encuentran las rocas más antiguas de Colima, de tipo metamórfico, que datan del Jurásico (Fig. 2), las que ocupan una reducida área hacia el oriente del estado (INEGI, 2001). Asimismo, existen grandes depósitos sedimentarios de ambiente marino que datan del Cretácico, representados por lutitas, areniscas, yesos y calizas. Además, se ha

localizado un batolito (cuerpo de rocas extrusivas de gran extensión), que cubre gran parte de la porción occidental (SPP, 1981). Dentro de la provincia del Eje Neovolcánico, las rocas más antiguas provienen del Terciario Superior y se derivaron de la actividad extrusiva del Volcán de Colima, mientras que los depósitos aluviales presentes en los valles que rodean a este volcán se formaron en el Cuaternario (SPP, 1981).

Edafología

Los suelos presentes en el estado se clasifican de acuerdo a su origen en (SPP, 1981): i) los derivados de la roca o ceniza volcánica, cuya distribución es sobre sierras, lomeríos y mesetas, y ii) los originados por la acumulación de sedimentos o coluvio-aluviales, que se distribuyen sobre los valles. Su distribución por topoformas es muy variada, ya que en la gran sierra volcánica compleja predominan suelos de desarrollo moderado con capas superficiales oscuras, ricas en materia orgánica, que se caracterizan por ser muy ácidas y laxas en nutrientes (litosoles, feozem y rendzinas) (SPP, 1981). En las sierras de laderas con pendiente ligera se encuentran suelos someros, fértiles y con un solo horizonte, mientras que en lomeríos suaves con cañadas se presentan suelos húmicos y dístricos, infértiles (regosoles, feozem, leptosoles) (SPP, 1981).

En los valles de laderas suaves y mesetas lávicas se presentan suelos de tipo feozem háplico, vertisol pélico, litosol y feozem calcáricos. Por último, en los valles dominan los feozems háplicos, y en menor medida, los vertisoles (SPP, 1981; INEGI, 1983). Además, INEGI (1983) reconoce suelos de tipo Solonchaks y Gleysoles distribuidos en la zona costera.



Figura 1. Provincias y subprovincias fisiográficas presentes en Colima (INEGI, 2001).

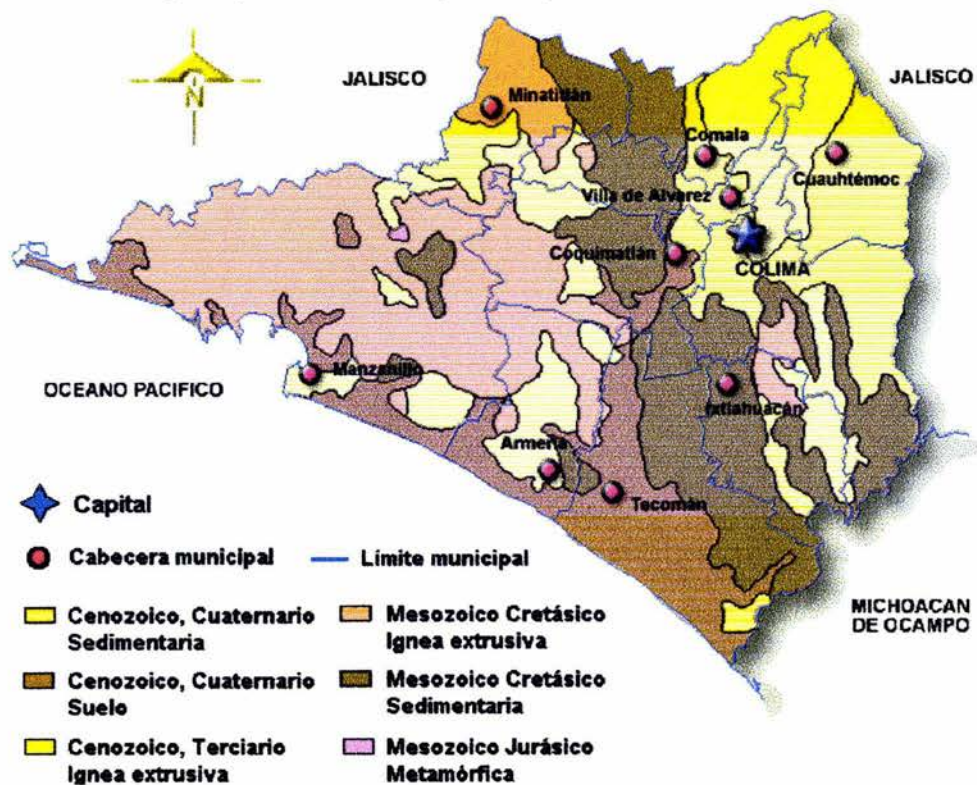


Figura 2. Tipos y edad de los sustratos geológicos de Colima (INEGI, 2001).

Hidrología

Colima se encuentra dividido en dos regiones hidrográficas (Fig. 3). La región Costa de Jalisco, que abarca cerca del 31.3% de la superficie estatal, comprende la cuenca del río Chacala-Purificación (INEGI, 2001). Los ríos Purificación y Cihuatlán (también llamado Chacala, Mabarasco o Paticajo) forman las corrientes fluviales más importantes (SPP, 1981).

Por otro lado, la región Armería-Coahuayana está constituida por dos cuencas (SPP, 1981): i) la del río Tuxpan o Coahuayana, que representa el 37.5% de la superficie estatal, cuya única corriente fluvial de importancia es el río Coahuayana, que en distintas localidades del estado es también conocido como Cofradía, Naranjo, San Lorenzo, Tamazula, Tuxpan, y ii) la cuenca del río Armería (31.2% del estado), que tiene como corrientes fluviales más importantes los ríos San Pedro, San Palmar, La Lumbre, Comala, y Colima, así como los arroyos Agua Zarca, El Chino y Charco Verde.

Clima

El clima dominante de Colima es el cálido subhúmedo A(w), que abarca 77.8% de la superficie estatal y que se distribuye esencialmente en la región costera y en las zonas bajas del valle de Tecomán (Fig. 4); (INEGI, 2001; García, 1981). Este clima presenta lluvias en verano, con menos del 5% de lluvia invernal, una precipitación anual de 800 a más de 1,200 mm, la máxima incidencia de lluvias de julio a octubre y el período de sequía entre febrero y abril (SPP, 1981). La temperatura media anual para este clima es mayor a los 22°C, los meses más calurosos se presentan de mayo a julio, con temperaturas que oscilan entre 24 y 27°C, mientras que en los meses más fríos (enero y febrero), fluctúa de 20 a 22°C (SPP, 1981).



Figura 3. Regiones y cuencas hidrográficas dentro del estado de Colima (INEGI, 2001).

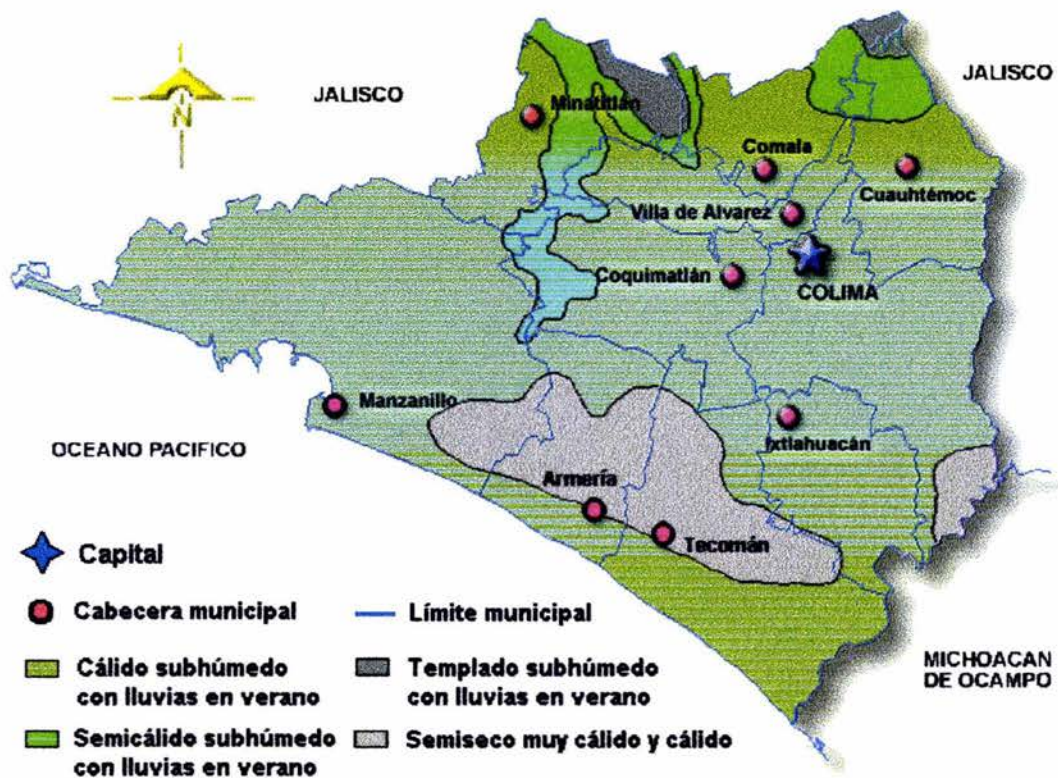


Figura 4. Distribución de los principales tipos de climas en Colima (INEGI, 2001).

De acuerdo a su extensión (13%), el clima semiseco es el segundo en importancia dentro del estado (Fig. 4), pues se le ubica dentro de la zona de transición entre la llanura costera y las sierras (INEGI, 2001). Este clima presenta lluvias en verano (SPP, 1981), con una precipitación media anual entre 600 y 800 mm, siendo septiembre el mes más lluvioso (180-190 mm), mientras que de febrero a mayo se presenta la menor incidencia de lluvias (35 mm); la temperatura media anual es mayor a 26°C, la época más caliente es de julio a octubre (27-28°C) y el mes más frío se presenta en febrero (24 y 25°C).

El clima semicálido abarca el 7% del estado, principalmente hacia la parte noroeste del estado (INEGI, 2001), con una temperatura media anual de 18-22°C y 18°C en enero, que es el mes más frío (SPP, 1981). La precipitación media anual de este clima oscila entre 1,000 y 1,500 mm (INEGI, 2001). Finalmente, los climas de menor extensión dentro del estado son el clima templado y el semifrío. El primero se restringe a una pequeña zona (2% del estado), que abarca las partes altas de las sierras y el Volcán de Colima (INEGI, 2001), con una temperatura media anual de 18°C, un régimen térmico que oscila de 3-18°C durante los meses más fríos y que presenta entre 20 y 80 días de heladas durante el año. Por último, el clima semifrío abarca sólo 1% de la superficie del estado y se restringe a la cumbre del Volcán de Colima; la temperatura media anual fluctúa entre 5 y 12°C y en él ocurren de 80 a 100 días de heladas (SPP, 1981).

Vegetación

Colima presenta un complicado mosaico de comunidades vegetales generado principalmente por el clima y una compleja litología (Rzedowski y McVaugh, 1966; SPP, 1981). La comunidad vegetal predominante es la selva baja caducifolia, que ocupa más del 50% del estado (Fig. 5), distribuyéndose desde el nivel del mar hasta los 1,600 m s.n.m. (INEGI, 2001). Este bosque se encuentra en contacto con la zona litoral del estado, en las depresiones de los ríos Armería y Coahuayana; se trata de una comunidad vegetal densa, con un estrato arbóreo de 8 a 15 m, en la que rara vez llegan a dominar plantas con corteza papirácea

(Rzedowski y McVaugh, 1966). La especie que tiene una mayor dominancia es *Lysiloma divaricata*; sin embargo, es muy frecuente que exista una alternancia de especies dominantes entre las que destacan *Bursera* spp., *Caesalpinia coriaria*, *C. eriostachys*, *Ceiba aesculifolia*, *Cyrtocarpa procera* y *Jatropha cordata* (Rzedowski, 1981). En la costa de Colima, cerca de las llanuras de Tomatlán y de Tecomán, se localizan áreas con bosque espinoso (Rzedowski 1981). Esta comunidad vegetal presenta alturas entre 4 y 7 m, con una alta densidad de individuos. En el estrato arbóreo se encuentran *Acacia cymbispina*, *Achatocarpus gracilis*, *Bursera instabilis*, *Caesalpinia coriaria*, *Croton alamosanus*, *Phitecellobium dulce*, *Ruprechtia fusca* y *Ziziphus amole* (Rzedowski y McVaugh, 1966).

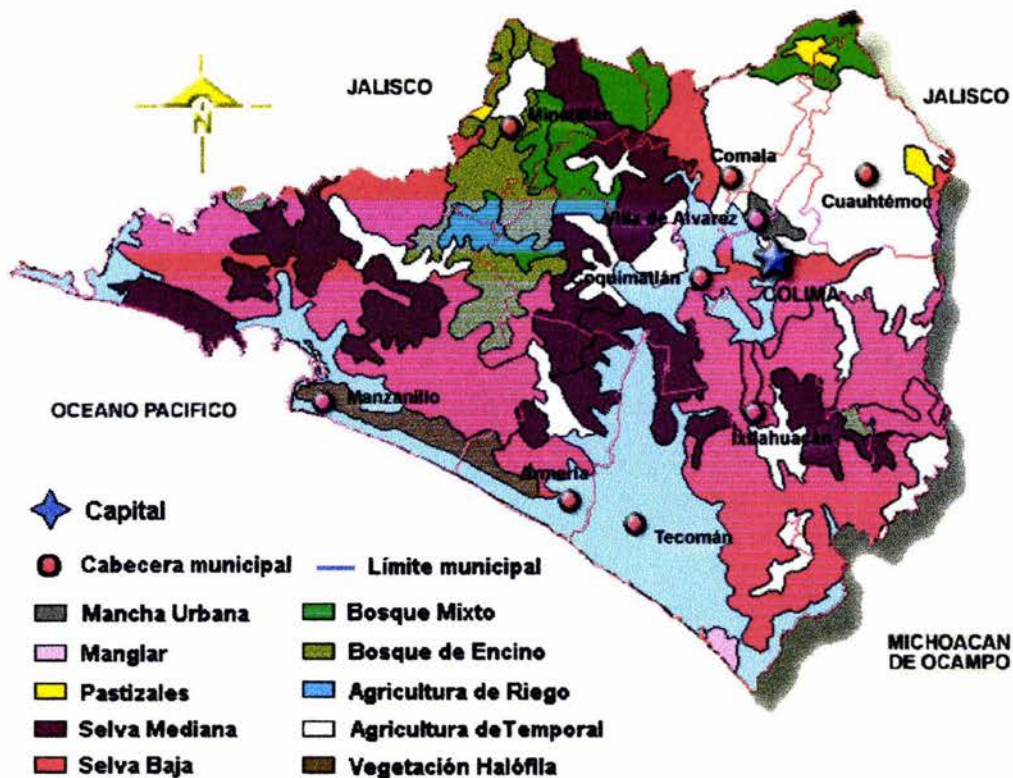


Figura 5. Distribución de las diferentes comunidades vegetales y uso del suelo, encontrados en Colima (INEGI, 2001).

Mientras tanto, desarrollándose sobre lomeríos y valles se encuentra el bosque tropical subcaducifolio, cuyos árboles presentan entre 15 y 35 m de altura.

La especie dominante es *Brosimum alicastrum*, aunque otros componentes frecuentes son principalmente *Astronium graveolens*, *Bursera arborea*, *Cordia elaeagnoides*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Swietenia humilis* y *Tabebuia palmeri*. En cañadas o barrancas los más frecuentes son *Hura polyandra* y *Cnidoscolus* sp., mientras que en la zona costera predominan *Bursera arborea*, *Celaenodendron mexicanum* y *Hura polyandra* (Rzedowski, 1981).

La distribución de los bosques de encino y bosques de pino se presenta frecuentemente como áreas aisladas de diferente tamaño, localizadas entre los 1,000 a 2,500 m s.n.m. (Rzedowski y McVaugh, 1966). Estos autores también señalan una distribución similar de los bosques mixtos de pino-encino y encino-pino (Fig. 5), cuyo componente arbóreo presenta entre 10 y 20 m, formando masas semidensas o algunas veces abiertas, donde la especie más ampliamente distribuida es *Pinus oocarpa*, acompañada a menudo de *Pinus michoacana*. Por otro lado, INEGI (2001) señala ciertas porciones continuas de bosque de encino en la parte noroeste (Fig. 5), alrededor de 1,300 m, con dominancia de *Quercus macrophylla*, con alturas de 5 a 10 m (Rzedowski y McVaugh, 1966).

El pastizal inducido se encuentra formando pequeñas franjas hacia el norte del estado (INEGI, 2001; Fig. 5), en donde presenta algunos elementos leñosos de los géneros *Byrsonima*, *Clethra* y *Curatella*, con numerosos géneros de pastos entre los que destacan los siguientes: *Aristida*, *Bouteloua*, *Eragrostis*, *Hilaria*, *Heteropogon*, *Lasiacis*, *Muhlenbergia*, *Oplismenus*, *Panicum*, *Paspalum* y *Pennisetum* (Rzedowski, 1981).

El bosque mesófilo de montaña se localiza en cañadas y laderas protegidas del norte del estado, entre 800 y 2,400 m s.n.m., con un estrato arbóreo de 20-40 m, perennifolio, y especies de los géneros *Alchornea*, *Dendropanax*, *Dipholis*, *Gymnanthes*, *Clusia*, *Juglans*, *Matudaea*, *Osmanthus*, *Ostrya*, *Perrottetia*, *Podocarpus* y *Trophis* (Rzedowski y McVaugh, 1966).

Los palmares de *Orbignya cohune* se localizan en los alrededores de Tecomán y las partes bajas del Cerro de Ortega, con alturas de 15 a 30 m. Entre las especies acompañantes de *Orbignya* se encuentran *Brosimum alicastrum*, *Bursera simaruba*, *Dendropanax arboreus*, *Entorolobium cyclocarpum*, *Ficus padifolia*, *F. glabrata*, *F. glaucescens* y *F. lentiginosa* (Rzedowski y McVaugh, 1966).

Para algunas zonas de Colima, Rzedowski y McVaugh (1966) han reportado un bosque bajo y abierto de *Crescentia alata*, sobre suelos negros, arcillosos y mal drenados. Sarukhán (1968, citado en Rzedowski, 1981), considera que estas comunidades presentes en los límites entre bosques tropicales y sabanas son de carácter secundario. Otras especies presentes son *Acrocomia mexicana*, *Citharexylum ellipticum*, *Clidemia rubra*, *Conostegia xalapensis* y *Paurotis wrightii*.

Por último, los manglares se presentan solamente en una pequeña porción del estado, localizada en la parte sureste del municipio de Tecomán (INEGI, 2001; Fig. 5). Esta comunidad tiene de 3-5 m de alto y está compuesta por *Avicennia nitida*, *Conocarpus erecta*, *Laguncularia racemosa* y *Rhizophora mangle* (Rzedowski y McVaugh, 1966). Según INEGI (2001), la vegetación halófila está representada por dunas costeras, que ocupan una franja desde las cercanías de Manzanillo hasta Armería.

MÉTODOS

Determinación de las unidades ambientales.

Para desarrollar el método de gradsectos se usó el sistema de información geográfica ILWIS® (Integrated Land and Water Information System), versión 2.4 para Windows. Como primer paso, se realizó la regionalización geomorfológica de Colima. A partir del modelo digital de elevación estatal (INEGI, 1999), se elaboró

un mapa en formato raster donde se reconocieron 11 categorías geomorfológicas con base en atributos de altitud y de pendiente del terreno (Cuadro 3).

Cuadro 3. Clasificación de las variables de paisaje usadas para la delimitación de las unidades geomorfológicas en Colima.

Categoría geomorfológica		Pendiente	Altitud (m s.n.m.)
Planicie	Baja	< 6°	0 – 100
	Alta		> 100
Meseta	Baja	3 – 6°	500 – 1000
	Alta		> 1000
Piedemonte	Inferior	3 – 15°	250 – 500
	Medio		500 – 1000
	Superior		1000 – 1500
Lomeríos	Bajos	6 – 20°	250 – 500
	Altos		500 – 1500
Montañas	Baja	> 20°	1000 – 2000
	Alta		> 2000

Por otro lado, se obtuvo del Inventario Nacional Forestal (Palacio-Prieto *et al.*, 2000) la distribución y la extensión de los diferentes usos de suelo de Colima. Algunas de estas categorías fueron usadas para ubicar los tipos de vegetación con componentes arbóreos (Cuadro 4). De esta manera, en el presente estudio se consideran 11 tipos de vegetación arbórea y una categoría que incluye a todas aquellas comunidades con vegetación no arbórea o antrópica, elaborando también un mapa en formato raster. Al combinar las 11 categorías geomorfológicas y los 11 tipos de vegetación arbórea se generó un mapa de 53 unidades ambientales (Anexo 1). Estas unidades ambientales (UAs) ocupan 291,893 ha, que representan 53% de la superficie estatal.

Cuadro 4. Usos de suelo en el estado de Colima (Palacio-Prieto *et al.*, 2000) y las comunidades vegetales con componentes arbóreos reconocidas en el presente estudio. Los tipos de vegetación marcados con asterisco incluyen combinaciones con vegetación secundaria arbustiva y herbácea.

Clasificación del Inventario Nacional Forestal	Comunidades vegetales arbóreas del estado de Colima
Selva baja caducifolia y subcaducifolia *	Selva baja sub y caducifolia
Selva baja espinosa	Selva baja espinosa
Selva mediana caducifolia y subcaducifolia *	Selva mediana sub y caducifolia
Bosque de encino *	Bosque de encino
Bosque de pino–encino (encino–pino) *	Bosque de pino – encino
Bosque de pino	Bosque de pino
Bosque mesófilo de montaña *	Bosque mesófilo de montaña
Bosque de galería (selva y vegetación de galería)	Bosque de galería
Sabana	Sabana
Palmar	Palmar
Manglar	Manglar
Dunas costeras	} Vegetación no arbórea y/o antrópica
Vegetación halófila y gipsófila	
Popal – tular	
Pradera de alta montaña	
Pastizal cultivado	
Pastizal inducido	
Agricultura de temporal (cultivos anuales y perennes)	
Agricultura de riego (incluye riego eventual)	
Áreas sin vegetación aparente	
Asentamientos humanos	
Cuerpo de Agua	

Una decisión trascendental en el presente estudio fue determinar el número, la orientación y las dimensiones (largo y ancho) de los gradsectos que se trazaron en el mapa de UAs, ya que no existen lineamientos específicos para guiarla y evaluarla; de hecho Gillison (1983) sólo indica que los gradsectos deben abarcar la mayor heterogeneidad ambiental posible. El primer criterio que se

consideró para decidir el número y la orientación de los gradsectos fue incluir en el menor número de gradsectos la mayor cantidad posible de UAs. Se trazaron cuatro gradsectos que abarcan 40 de las 53 UAs de Colima (Fig. 6). La representatividad de los gradsectos al respecto es muy alta, ya que las 13 UAs excluidas representan solamente 1.6% del total del área que abarcan las 53 UAs. Un criterio adicional para evaluar la representatividad de esta propuesta fue determinar las áreas de las UAs incluidas dentro de los gradsectos y su porcentaje se comparó con el que presentan a nivel estatal, sin permitir que los valores porcentuales difirieran en más de 10% (Anexo 2).

Selección de los sitios de muestreo

Dentro del método BioRap se sugiere la búsqueda de localidades accesibles para eficientizar las actividades de la toma de datos; esto es, sitios que se encuentren a una distancia no mayor de un kilómetro de cualquier camino en donde sea posible el tránsito de un vehículo motorizado (Margules y Redhead, 1995)

Por lo tanto, para poder tomar en cuenta esta sugerencia se incorporó en el mapa de UAs un mapa de caminos primarios, secundarios y terciarios de Colima (SCT, 2000). Como una ayuda adicional para ubicar rápidamente estos sitios se digitalizaron las principales ciudades y zonas urbanas, usando las cartas topográficas 1:250 000 E13-4-5, E13-6 y E13-6-9 (INEGI, 1999). En los cuatro gradsectos se ubicaron 29 puntos de muestreo (Fig. 6). Este número se determinó considerando el tiempo estimado para el muestreo, el costo económico del trabajo de campo y el personal humano involucrado en las distintas fases del trabajo.

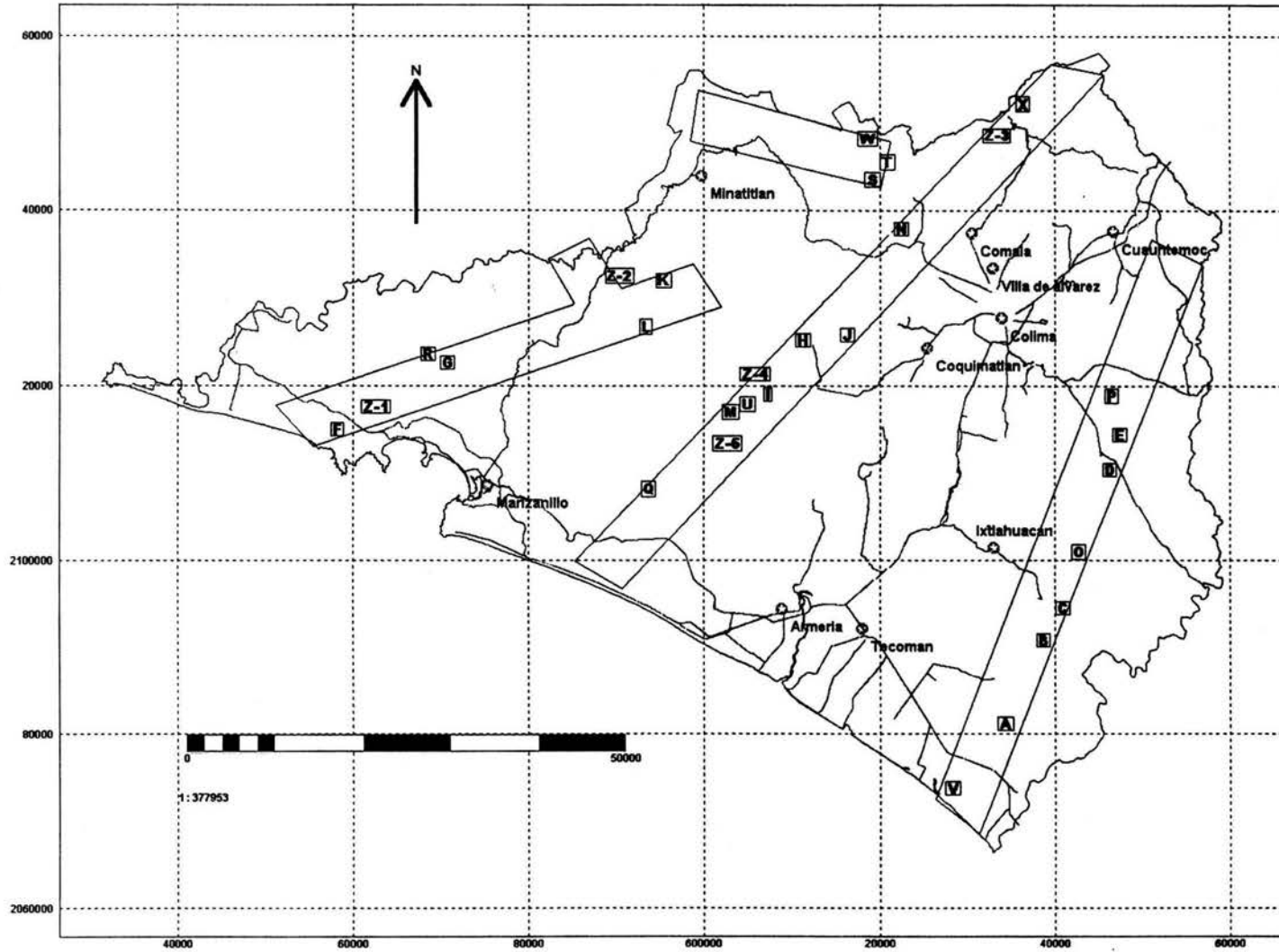


Figura 6. Ubicación de los cuatro gradsectos en el estado de Colima y distribución de los 29 puntos de muestreo; asimismo se ilustra la red de caminos principales para el estado.

El número de muestreos por unidad ambiental (UA) fue determinado con base en el porcentaje de superficie estatal que ésta ocupa, estableciendo un número máximo de cinco muestreos para la UA más extensa (Cuadro 5). Además, se decidió incluir UAs con tres tipos de vegetación no considerados en los muestreos anteriores: bosque de galería, bosque mesófilo y palmar. Con ello se abarcó la totalidad de clases geomorfológicas y de vegetación presentes en el estado, aun en el caso de que tuvieran una superficie reducida.

Cuadro 5. Área porcentual correspondiente a las unidades ambientales más importantes.

Se indica también la nomenclatura usada para la denominación de cada punto de muestreo.

Unidad ambiental	Porcentaje Colima	Porcentaje gradsecto	Puntos de muestreo
Lomeríos Altos * Selva baja sub y caducifolia (UA1)	10.03	13.02	A,B,C,D,E
Piedemonte Inferior * Selva baja sub y caducifolia (UA_6)	4.57	5.04	P,Q
Lomeríos Bajos * Selva baja sub y caducifolia (UA_3)	4.55	12.74	F,G
Piedemonte Medio * Bosque de Encino (UA_8)	4.55	6.59	K,L
Piedemonte Medio * Selva baja sub y caducifolia(UA_9)	4.18	6.13	M,N
Piedemonte Medio * Selva mediana sub y caducifolia (UA_10)	3.67	8.96	H,I
Meseta Baja * Selva baja sub y caducifolia (UA_17)	2.57	3.48	Z-2
Lomeríos Altos * Selva mediana sub y caducifolia (UA_2)	2.40	6.13	O
Planicie Baja * Selva baja sub y caducifolia (UA_15)	2.34	4.01	R
Montaña Baja * Selva mediana sub y caducifolia (UA_5)	1.82	7.35	J
Piedemonte Inferior * Selva mediana sub y caducifolia (UA_7)	1.82	2.32	U
Piedemonte Superior * Selva baja sub y caducifolia (UA_13)	1.15	3.49	S
Piedemonte Superior * Bosque de encino (UA_11)	0.86	3.13	T
Piedemonte Medio * Bosque pino-encino (UA_19)	0.73	0.01	Z-4
Planicie Baja * Manglar (UA_14)	0.62	2.21	V
Piedemonte Superior * Bosque pino-encino (UA_12)	0.61	1.39	W
Planicie Alta * Selva baja sub y caducifolia (UA_20)	0.52	0.35	Z-5
Montaña Alta * Bosque mesófilo (UA_4)	0.27	1.30	X
Lomeríos Bajos * Palmar (UA_16)	0.03	1.82	Z-1
Montaña Alta * Bosque de Galería (UA_18)	0.01	0.86	Z-3

Tipo de muestreo

El método de BioRap estipula que para cada sitio de muestreo es necesario registrar todos los individuos arbóreos que alcancen el dosel en cinco cuadros de 20 × 50 m (0.1 ha), los cuales se deben disponer tratando de cubrir la variabilidad topográfica presente en el área, por ejemplo, una cañada o las partes baja y media y la cima de una montaña (Margules y Redhead, 1995).

Este tipo de muestreo se consideró poco adecuado para un muestreo eficiente en Colima, tomando en cuenta su compleja topografía y la gran complejidad estructural de algunos de sus tipos de vegetación. Los principales inconvenientes al respecto son: i) en comunidades vegetales tan complejas estructuralmente como las presentes en Colima (p. ej. la selva baja caducifolia o el bosque mesófilo de montaña), resulta muy difícil determinar si un árbol pertenece o no al dosel, por lo que prácticamente se tendría que medir un alto porcentaje de los individuos localizados en los cuadros, ii) el área de muestreo sugerida es muy extensa (0.5 ha), y iii) la ubicación de cuadros podría ser poco eficiente, sobre todo para los encontrados hacia la parte media o en la cima de una montaña, ya que esta tarea podría requerir de varias horas de camino. En consecuencia, se estima que realizar el muestreo en una localidad particular con este método llevaría al menos 20 días de trabajo de campo, lo que lo convierte en una opción inviable para censos rápidos de vegetación tropical.

Debido a lo anterior, se decidió usar el método de Gentry (1982), el cual ha sido ampliamente utilizado por su rapidez para realizar muestreos en comunidades vegetales en distintas partes del mundo, especialmente en la región neotropical (Gentry, 1988). Esta técnica consiste en trazar 10 líneas o transectos de 50 × 2 m dentro de cada sitio (0.1 ha). Las líneas se disponen de manera paralela entre sí respecto a la pendiente del sitio, con una distancia de separación de 25 m. Dentro de cada transecto se midieron e identificaron todos los árboles enraizados con un diámetro a la altura del pecho (d.a.p.) ≥ 2.5 cm. Asimismo, se consideró la inclusión de las lianas como parte del estrato arbóreo, ya que en las primeras

fases del muestreo esta forma de crecimiento era poco discernible de árboles pequeños, por lo que se decidió incluirlos en todos los censos, en este caso el diámetro se midió en la base del individuo.

En caso de no conocer las especies, se recolectaron ejemplares botánicos para su posterior identificación, la cual se realizó por medio de la consulta de ejemplares depositados en los herbarios IEB (Herbario, Instituto de Ecología A.C.) y MEXU (Herbario Nacional, UNAM, así como consultando a varios taxónomos. Aquellas colectas para las cuales no se determinó la familia o género al que pertenecían y que consideraron distintas a todas las demás especies censadas, fueron denominadas como "morfoespecies". Se registraron también los datos de localidad, coordenadas geográficas (Sistema de Posicionamiento Global Garmin®), altitud (registrada con un altímetro Thomen), grados de pendiente (tomada con una brújula Bronton).

Análisis de datos

El procesamiento de los datos obtenidos de los sitios de muestreo, se realizó mediante la captura de esta información en un archivo de base de datos en el programa Access®. La presentación y el análisis de los datos están separados en dos rubros principales: i) florística y diversidad de las especies arbóreas y ii) análisis de la distribución para la selección de áreas prioritarias de conservación. La lista florística, se ordeno alfabéticamente, siguiendo la clasificación propuesta por Heywood (1993) para las Angiospermas y la de Engler y Prantl (1887) para las Gimnospermas. Se indicaron las familias y géneros con mayor riqueza de especies, señalando las que son endémicas de México y del Occidente de México (Jalisco, Michoacán, Colima). Asimismo, se destacan las especies citadas en la Norma Oficial Mexicana sobre especies amenazadas o en peligro de extinción NOM-059-ECOL-2001 (DOF, 2002).

Para la selección de las áreas prioritarias para la conservación se utilizaron cuatro protocolos, tomando en cuenta no sólo a la riqueza y el endemismo como

importantes para los estudios de conservación, sino además el papel que pueden jugar otros atributos de la biodiversidad, tales como los valores de endemismo y la densidad de las especies endémicas en la selección de áreas de conservación. Estos cuatro protocolos se aplicaron primeramente a los sitios de muestreo y en un segundo análisis se consideró la información por unidad ambiental. Adicionalmente, se consideró la sugerencia de Rebelo (1994) de incluir dentro de este ejercicio a las especies que están presentes en las reservas regionales. En Colima se cuenta con información sobre la riqueza arbórea de dos áreas protegidas: la Reserva de la Biosfera Sierra Manantlán, considerando sólo a las especies presentes en Colima (Cuevas *et al.*, 1998) y el Área de Protección Forestal y Refugio de la Fauna Silvestre El Jabalí (Rothschild *et al.* 1992).

El primero de los protocolos utilizados se basa en la riqueza de especies de árboles. Este busca determinar el menor número de sitios en que se representen todas las especies. Si este objetivo no se alcanza después de 15 iteraciones, el procedimiento se detiene, este número se determino con base en la información que se incorporaba a cada iteración. El algoritmo fue desarrollado por Margules *et al.* (1988) y modificado por Villaseñor *et al.* (2003) y consiste en los siguientes pasos:

- 1) Se elige el sitio que contenga la mayor cantidad de especies. Las especies presentes en este espacio son eliminadas de las fases subsecuentes del análisis. A las especies no consideradas en este primer paso, se les denomina complemento.
- 2) Se selecciona el sitio que contribuya con el mayor número de especies del complemento.
- 3) Si sucede que dos o más sitios contienen la misma riqueza de especies adicionales (complemento), se elige el que incluya el mayor número de taxa raros (los de menor frecuencia en los muestreos).

- 4) En caso de que persista el empate, se escoge el sitio que se encuentre más cercano a alguno de los seleccionados previamente.
- 5) Este ejercicio se continúa hasta que el 100% de las especies hayan sido incluidas.

Asimismo, este procedimiento fue repetido utilizando ahora a las especies endémicas de México.

- 1) Se selecciona el sitio que contenga la mayor cantidad de especies endémicas.
- 2) Entre las especies aún no seleccionadas (complemento), se escoge el sitio que contenga el mayor número de especies.
- 3) Cuando dos o más sitios tengan la misma riqueza se elige el sitio que contenga el grupo de especies con la menor frecuencia en los sitios aún no seleccionados.
- 4) En caso de que dos o más sitios contribuyan con igual número de especies, se escoge el sitio más cercano a uno de los encontrados previamente.
- 5) El procedimiento termina cuando se ha seleccionado el total de las especies.

El tercer protocolo utilizado se basa en el valor de endemismo (VE), término propuesto por Kerr (1997), en el que se desea obtener el VE de un sitio particular a nivel regional tomando en cuenta las frecuencias de aparición de las especies que se localizan en el sitio. El índice se representa matemáticamente en la fórmula:

$$VE = \sum_{i=1}^S Q^{-1}$$

En este índice, S es el número total de especies obtenidas en los muestreos y Q es el número de sitios o unidades ambientales ocupados por cada especie. El desarrollo del algoritmo es el siguiente:

- 1) Se calcula el inverso de la frecuencia de los sitios donde se ha registrado cada especie en una región.
- 2) Se obtiene el VE por sitio, que resulta de la suma del inverso de las frecuencias de las especies presentes en cada sitio, seleccionando el sitio que tenga el valor más alto.
- 3) Las especies protegidas con la selección de este sitio son eliminadas de las fases subsecuentes del análisis. El sitio que se selecciona será entonces el que tenga ahora el mayor valor de endemismo.
- 4) En caso de que dos o más sitios tengan el mismo valor, se elige el sitio que tenga la mayor riqueza de especies endémicas.
- 5) Si persiste la coincidencia, se elige el sitio más cercano a alguno de los previamente seleccionados.
- 6) El procedimiento termina cuando se ha logrado la inclusión del total de especies.

Un cuarto ejercicio de selección consistió en la selección de los sitios o unidades con base en el número de individuos de las especies endémicas, es decir, los sitios se ordenaron de acuerdo a su densidad de elementos endémicos. La primera prioridad fue para el sitio con el mayor número de organismos endémicos y así sucesivamente.

RESULTADOS

Florística

De los 29 sitios inicialmente propuestos para ser muestreados dentro de las distintas unidades ambientales, sólo fue posible muestrear 24 (Figura 6). En dos sitios no fue posible localizar una cobertura vegetal conservada (Z2 y Z3), mientras que para los sitios Z1, Z4 y Z5, el acceso era extremadamente demandante en tiempo. En los 24 sitios muestreados se registraron 5,084 organismos con un d.a.p. ≥ 2.5 cm, que representan un total de 334 especies y 82 morfoespecies, agrupadas en 200 géneros y 71 familias (Anexo 3).

La familia Leguminosae predomina en cuanto al número de especies (90), siguiendo en orden de importancia las familias Euphorbiaceae (29), Burseraceae (19), Rubiaceae (18), Compositae (15), Fagaceae (11) y Moraceae (10). Estas siete familias incluyen 46% de las especies registradas. Por otro lado, los géneros con mayor riqueza específica fueron *Bursera* (Burseraceae) (16), *Quercus* (Fagaceae) (11), *Croton* (Euphorbiaceae) (8), *Ficus* (Moraceae) (8), *Caesalpinia* (7) y *Lonchocarpus* (7) (ambos en Leguminosae). De acuerdo a la abundancia, la familia más importante es nuevamente Leguminosae, con 1,203 árboles, y le siguen en orden decreciente Euphorbiaceae (313), Rubiaceae (265), Burseraceae (249), Fagaceae (248), Sapindaceae (217), Flacourtiaceae (178), Boraginaceae (136) y Tiliaceae (113).

Se registraron 76 especies endémicas de México, que representan en conjunto 34.1 % de todos los organismos censados. Un total de 51 especies se confinan a los límites del territorio mexicano y un total de 25 especies se restringen a la porción occidental de México, en los estados de Colima, Jalisco y Michoacán (Anexo 3).

Por otro lado, de acuerdo a la consulta de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001, 15 especies están considerabas bajo alguna categoría de esta

norma. Un total de cuatro especies se encuentran consideradas bajo la categoría Amenazadas (*Astronium graveolens*, *Bursera arborea*, *Carpinus tropicalis* y *Tabebuia chrysantha*). Asimismo, dentro de la categoría de Protección Especial se encuentran *Avicennia germinans*, *Conocarpus erecta*, *Guaiacum coulteri*, *Laguncularia racemosa*, *Orbignya guacuyule* y *Rhizophora mangle*. Por último, cinco especies están consideradas en la categoría de Peligro de Extinción: *Dalbergia congestiflora*, *D. granadillo*, *Litsea glaucescens*, *Platymiscium lasiocarpum* y *Zinowiewia concinna*.

Riqueza de especies por sitio y unidad ambiental

Entre los sitios donde se registraron los mayores números de especies destaca el sitio J, con 82 especies (19% de la riqueza total), con los sitios M y O ocupando el segundo lugar de importancia al contener 76 especies cada uno (Cuadro 6). Otros sitios importantes son el N y el G, los que contribuyen con 70 y 68 especies, respectivamente (Figura 7A).

Los sitios menos diversos y con un menor número de árboles registrados se ubican en los bosques templados y el manglar (K, L, T, V, W). Por otro lado, el sitio O contiene el mayor número de especies endémicas de México con 23 (30.2% con respecto al total de Colima); en orden de importancia le siguen los sitios J y A, cada uno con 21 especies, mientras que el D y el Q contienen 19 especies (Cuadro 6, Figura 7B).

Respecto a los resultados por unidad ambiental (UA), la 1 tiene el mayor número de especies con 134 (Cuadro 7), una situación ya esperada debido a que fue en ésta donde se realizó el mayor número de muestreos. La UA 9 ocupó el segundo lugar con 119 especies (28% de la riqueza total), mientras que la unidad 10 y 3 contienen 111 y 109 especies, respectivamente (Figura 8A).

Las unidades que tienen los valores más bajos en riqueza son aquéllas en las que la comunidad vegetal que se censó se ubica en el bosque de pino-encino

(12), el bosque de encino (unidades 8 y 11) y el manglar (14). Tomando en cuenta sólo a las especies endémicas que contienen, los resultados revelan que nuevamente la UA_1 contiene el mayor número ellas (39, 11.7%). El segundo lugar de importancia es para la UA_10 (27 especies), seguida de la UA_9 y la UA_6, con 26 especies cada una (Figura 8B). El menor número de especies endémicas se presentó en la UA_8, UA_11 y UA_12 (Cuadro 7).

Cuadro 6. Número total de especies y taxa endémicos a México para los árboles censados en 24 localidades en Colima. En negritas se señalan los sitios con valores más altos dentro de cada categoría y entre paréntesis el número de morfoespecies.

Sitio	Total de especies	Total de endémicas	Sitio	Total de especies	Total de endémicas
A	55 (2)	21	M	76 (9)	16
B	43 (4)	15	N	70 (10)	17
C	60 (6)	18	O	76 (9)	23
D	43 (0)	19	P	39 (1)	17
E	26 (0)	12	Q	57 (7)	14
F	60 (9)	10	R	67 (8)	19
G	68 (9)	17	S	47 (5)	14
H	66 (6)	17	T	25 (2)	6
I	67 (6)	15	U	61 (7)	14
J	82 (9)	21	V	5 (0)	0
K	7 (0)	3	W	20 (3)	4
L	7 (0)	3	X	35 (5)	6

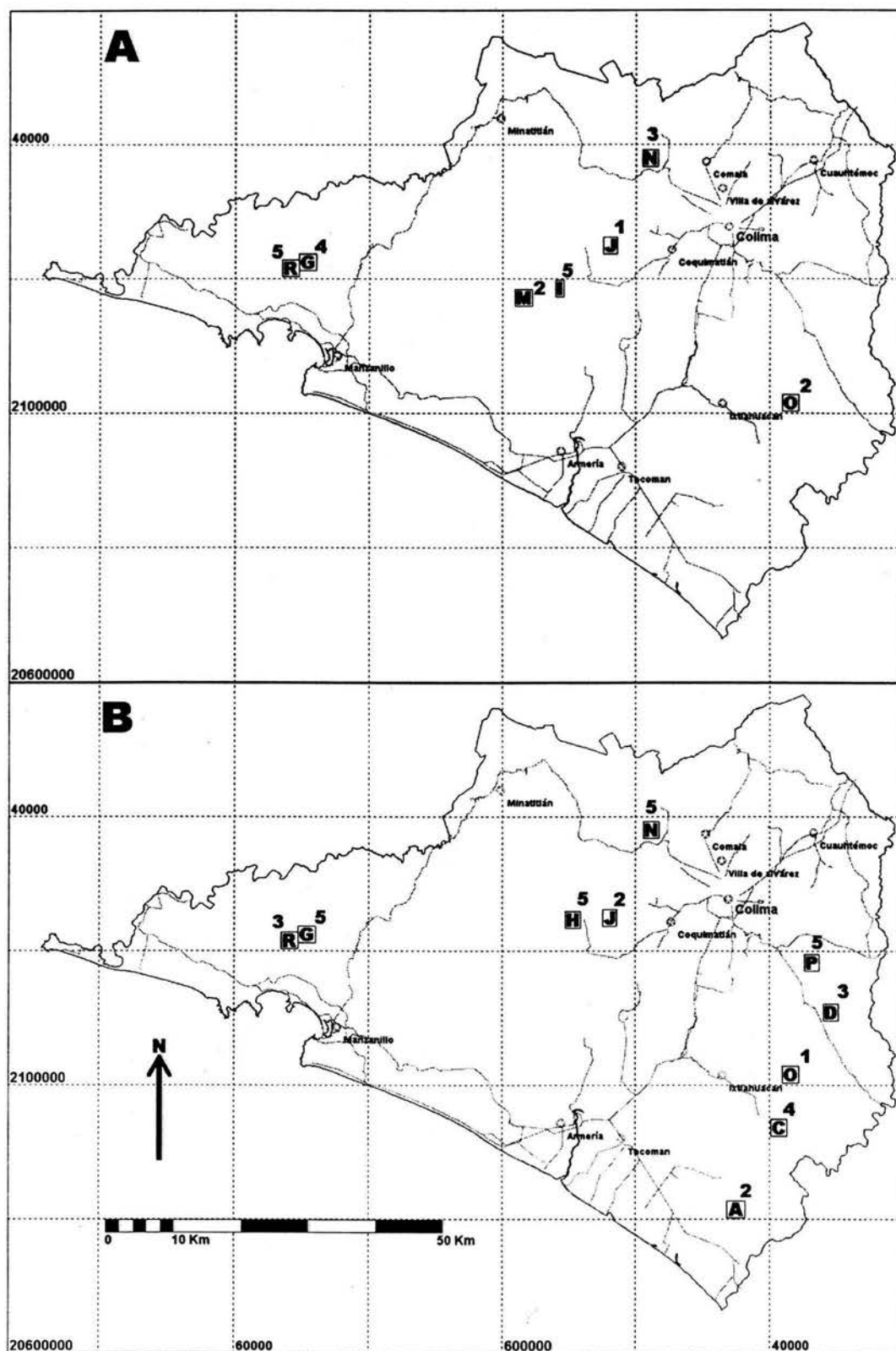


Figura 7. Sitios de muestreo que presentaron el mayor número de especies (A) y los que tienen el mayor número de especies endémicas a México (B). Los números indican los cinco primeros lugares de riqueza de especies.

Cuadro 7. Número total de especies y taxa endémicos a México para los árboles censados en 15 unidades ambientales. En negritas se señalan los valores más altos dentro de cada categoría y entre paréntesis el número de morfoespecies.

Unidad Ambiental	Total de especies	Total de endémicas	Unidad Ambiental	Total de especies	Total de endémicas
1	134 (12)	39	9	119 (18)	26
2	76 (9)	23	10	111 (11)	27
3	109 (18)	22	11	25 (2)	6
4	35 (5)	6	12	20 (3)	4
5	82 (9)	21	13	47(5)	14
6	82 (8)	26	14	5 (0)	0
7	61 (7)	14	15	67 (8)	19
8	12 (0)	5			

Selección de áreas prioritarias para la conservación

Sitios

De acuerdo con el protocolo de riqueza, se necesitan más de 15 sitios para conservar el 100% de las especies arbóreas censadas en Colima (Cuadro 8). El sitio J es la primera prioridad al respecto, ya que contribuye con cerca del 20% de la riqueza total. El sitio O adiciona 54 especies a las ya protegidas con el anterior sitio, logrando con ello abarcar el 32.7% de los taxa. Para considerar bajo un esquema de conservación el 50% de las especies, es necesario adicionar los sitios M, X y R, los cuales contribuyen con 37, 29, y 26 especies, respectivamente (Cuadro 8, Figura 9A).

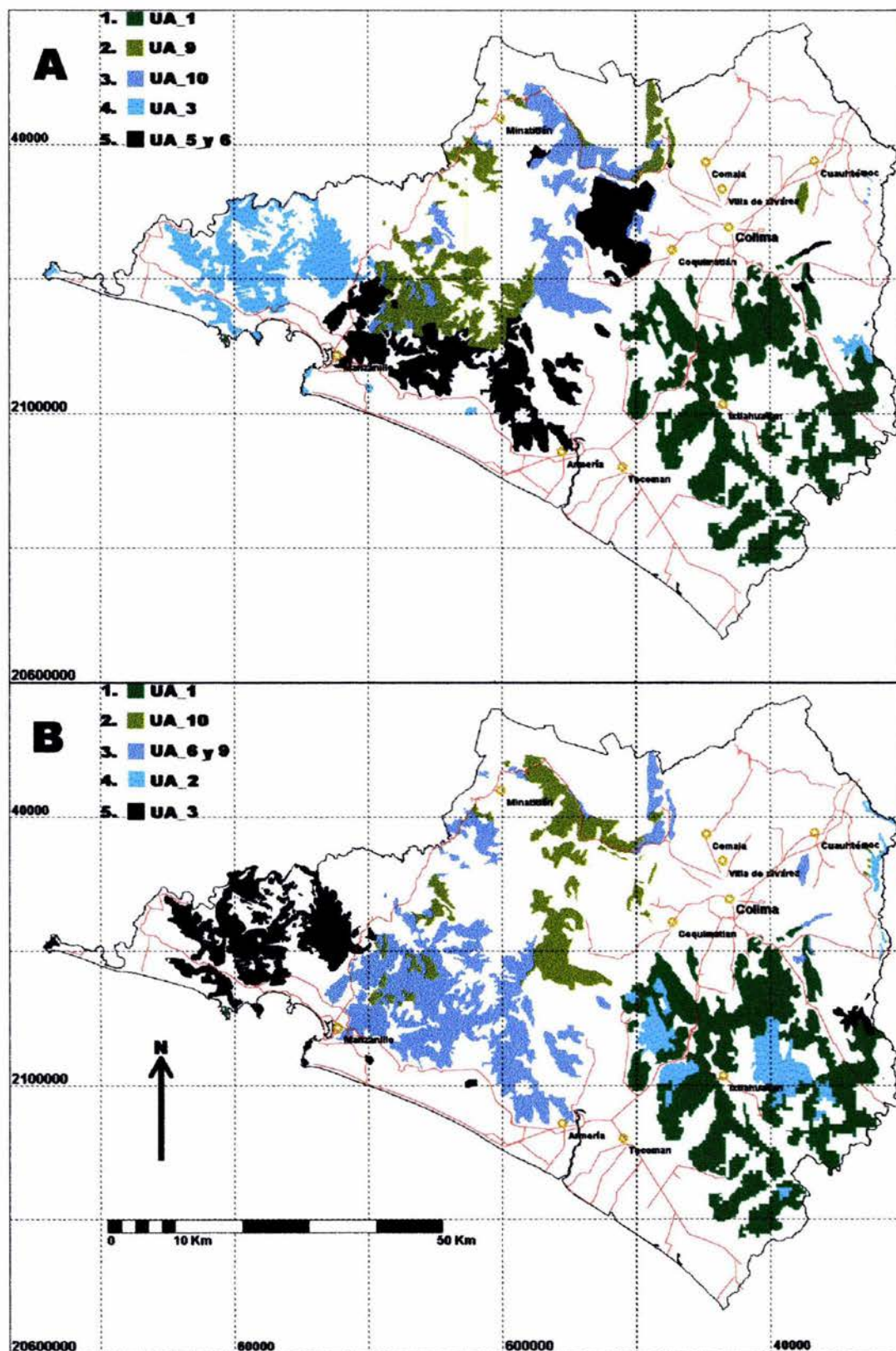


Figura 8. Unidades ambientales con el mayor número de especies (A) y la mayor riqueza de endemismos para México (B) en la flora arbórea de Colima.

La selección de prioridades de conservación para el 100% de las especies endémicas al territorio nacional, señala un total de 15 sitios, si bien la secuencia de prioridad obtenida es diferente del ejercicio de riqueza (Cuadro 8). En este caso, el sitio O es el más importante, ya que comprende el 30.2% de los endémicos (23 especies); este sitio junto con el R resguardan el 46.0% de los taxa endémicos. Si bien la adición en el número de especies endémicas por otros sitios es menos relevante, es interesante que la contribución de los sitios S, A, y X hagan posible la protección de un poco menos del 75% de taxa endémicos (Figura 9B).

El ejercicio de conservación utilizando el valor de rareza de las especies registradas se asemeja bastante al de riqueza, ya que comparten tres de sus cinco sitios más importantes (X, O y J) (Figura 9C, Cuadro 8), aunque el arreglo de las prioridades es diferente. Para alcanzar el objetivo de conservar el 100% de las especies son necesarios más de 15 sitios. Los sitios que tienen una mayor contribución son el X (11.1%), el J (9.9%) y el O (8.3%), que juntos representan cerca del 30% de la sumatoria de los valores de rareza de las 416 especies (Cuadro 8). Con la inclusión de los sitios F y S es posible proteger cerca del 43% de las especies. A partir del sitio I y hasta el sitio N, la contribución de cada uno es muy reducida (Cuadro 8).

El último ejercicio de selección de sitios para la conservación toma en cuenta el número de individuos de las especies endémicas. De esta manera, se definió que son necesarios más de 15 sitios para obtener la protección del 100% de los individuos censados. Entre los cinco sitios más importantes está el sitio D (168 organismos); le siguen en prioridad el sitio A (129 individuos), el S (121), el N (119) y el J (114); éstos sitios protegen sólo el 37.4% de los individuos (Cuadro 8, Figura 9D).

Cuadro 8. Prioridades de conservación de acuerdo a un nivel de representación del 100%. Para cada prioridad se menciona el sitio, el número de especies que conserva y entre paréntesis el porcentaje acumulado del total para cada ejercicio. Los sitios que coinciden en las cinco primeras posiciones están en negritas.

Prioridad	Riqueza de especies		Riqueza de especies endémicas		Valor de Rareza		Densidad del Endemismo	
	Sitio	Especies (N = 416)	Sitio	Especies (N = 76)	Sitio	Valor (N = 266)	Sitio	Valor (N = 1737)
1	J	82 (19.7)	O	23(30.2)	X	29.6 (11.1)	D	168 (9.6)
2	O	54 (32.7)	R	12(46.0)	J	26.4 (21.0)	A	129 (17.0)
3	M	37 (41.6)	S	8(56.5)	O	22 (29.3)	S	121 (24.0)
4	X	29 (48.6)	A	8(67.1)	F	18.4 (36.2)	N	119 (30.9)
5	R	26 (54.8)	X	5(73.6)	S	17.8 (42.9)	J	114 (37.4)
6	S	25 (60.8)	M	5(80.2)	I	15.7 (48.8)	R	108 (43.6)
7	I	21 (65.9)	D	4(85.5)	Q	14.8 (54.4)	B	104 (49.6)
8	F	19 (70.4)	N	3(89.4)	H	12.9 (59.2)	E	103 (55.6)
9	Q	17 (74.5)	H	2(92.1)	R	12.4 (63.9)	G	89 (60.7)
10	H	14 (77.9)	T	1(93.4)	C	11.3 (68.1)	O	88 (65.8)
11	T	13 (81.0)	U	1(94.7)	W	10.8 (72.2)	P	81 (70.4)
12	C	12 (83.9)	P	1(96.0)	G	10.5 (76.2)	L	80 (75.0)
13	N	10 (86.3)	L	1 (97.3)	M	9.8 (79.9)	Q	70 (79.1)
14	G	10 (88.7)	C	1 (98.6)	T	9.0 (83.2)	I	57 (82.3)
15	W	9 (90.9)	B	1 (100)	N	9.0 (86.6)	C	53 (85.4)

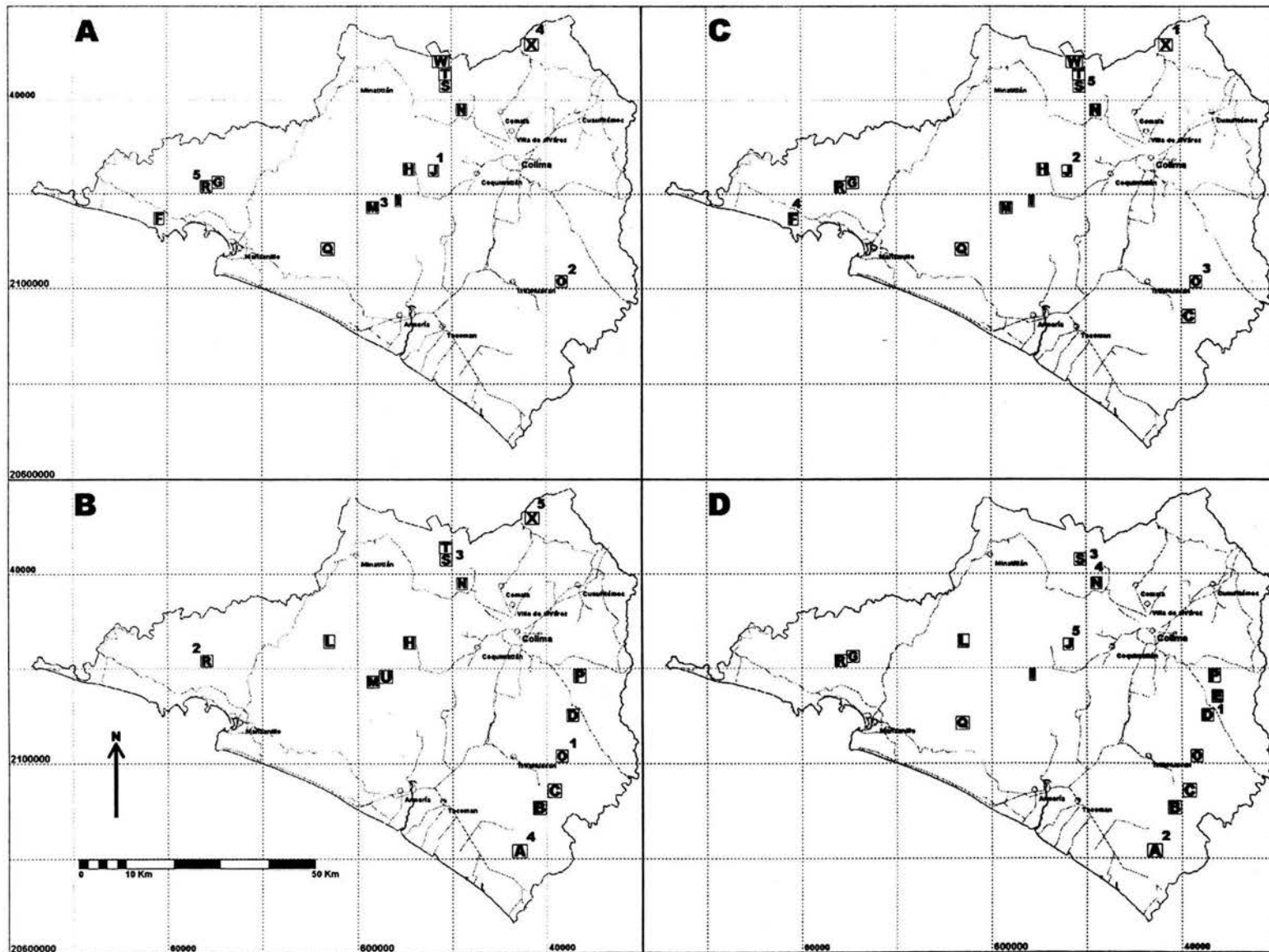


Figura 9. Sitios prioritarios usando los algoritmos de A) riqueza, B) endemismo, C) valor de rareza y D) densidad de endemismo para las especies arbóreas de Colima. Se señalan con número las primeras cinco prioridades.

Los ejercicios de selección de áreas prioritarias para la conservación aquí descritos (excepto el que manipula la densidad de las especies endémicas) fueron repetidos considerando ahora la riqueza arbórea de las áreas naturales protegidas "Manantlán" (Reserva de la Biosfera, RBM) y "El Jabalí" (Área de Protección Forestal y Refugio de la Fauna Silvestre, APJ), lo que en total suma 685 especies. El ejercicio de riqueza señala que son necesarios más de 13 sitios y las dos reservas para proteger 93.6% de las especies. Manantlán resulta de gran importancia, ya que comprende cerca de la mitad (43.1%) de todas las especies arbóreas; entre los territorios de ambas reservas se protege 55.4% (380) de las especies de esta forma de crecimiento. El sitio O es el que más contribuye al respecto, con 48 especies (7% respecto al total), mientras que el sitio N tiene un complemento de sólo 36 especies (5%) (Cuadro 9).

Cuando se implementa el ejercicio de conservación usando 123 especies endémicas al territorio nacional (se adicionan las encontradas en las reservas), se requieren 11 sitios adicionales a las reservas para conservar el 100% de los taxa endémicos. Nuevamente la Reserva de la Biosfera Manantlán juega un papel preponderante, al proteger el 66.7% de los elementos endémicos (Cuadro 9). La reserva El Jabalí adiciona pocas especies a este esquema de conservación (5). Mientras tanto, con la suma de los sitios A y R es posible proteger 86.2% de todas las especies; el 8.8% restante es añadido con los sitios X, P, N y H.

El ejercicio realizado con los valores de rareza requirió de más de 13 sitios para alcanzar el objetivo de conservación. Al igual que los ejercicios anteriores, las reservas contribuyen con más del 50% del objetivo de conservación. Estas áreas de protección contienen respectivamente 42.3% y 15.2% de los valores de rareza de un total de 685 especies. La adición de los sitios X (4.8%), O (3.7%), F (3.3%) y N (3%), eleva el porcentaje de conservación hasta 72.3%. Cabe señalar que estos sitios, en conjunto con las reservas, se encuentran protegiendo un porcentaje similar al obtenido usando el ejercicio de riqueza (Cuadro 9).

Cuadro 9. Prioridades de conservación considerando las reservas de Colima (RBM="Manantlán", ZPJ= "El Jabalí"). Para cada ejercicio se menciona el sitio, el número de especies que conserva y el porcentaje acumulado del total de especies en cada ejercicio entre paréntesis. Los sitios coincidentes en las cinco primeras posiciones después de las reservas están en negritas.

Prioridad	Riqueza de especies		Riqueza de especies endémicas		Valor de Rareza	
	Sitio	Especies (N = 685)	Sitio	Especies (N = 123)	Sitio	Valor (N = 500)
1	RBM	296 (43.1)	RBM	82(66.7)	RBM	211.5 (42.3)
2	ZPJ	84 (55.4)	ZPJ	5(70.7)	ZPJ	75.9 (57.5)
3	O	48 (62.4)	A	11(79.7)	X	24.3 (62.3)
4	N	36 (67.4)	R	8(86.2)	O	18.5 (66.0)
5	F	26 (71.4)	P	4(89.4)	F	16.5 (69.3)
6	X	24 (74.9)	X	3(91.9)	N	14.9 (72.3)
7	R	22 (78.1)	S	2(93.5)	R	13.9 (75.1)
8	H	19 (80.9)	H	2(95.1)	Q	12.8 (77.7)
9	J	15 (83.1)	M	2 (96.7)	S	11.5 (80.0)
10	Q	14 (85.1)	N	1 (97.6)	H	11.4 (82.2)
11	S	14 (87.2)	C	1 (98.4)	T	10.5 (84.3)
12	T	13 (89.1)	T	1 (99.2)	G	10.3 (86.4)
13	G	11 (90.7)	E	1 (100)	I	9.8 (88.4)
14	I	10 (92.1)			J	9.3 (90.2)
15	C	10 (93.6)			C	9.3 (92.1)

Unidades Ambientales

El uso del algoritmo de riqueza seleccionó las 15 unidades ambientales muestreadas (UAs) para proteger las 416 especies registradas (Cuadro 10, Figura 10A); la superficie que abarcan estas unidades es cercana al 45% del área estatal. Las dos UAs más relevantes en este ejercicio fueron la UA_1, que incluye el 32.2% de las especies, mientras que la UA_9 adicionó un 18% de especies (Cuadro 10), contabilizando un total de 209 (50.2%) especies, en un área aproximada de 80 mil ha (14.2% de la superficie estatal). Tres unidades más contribuyeron de forma substancial al objetivo de conservación (3, 10 y 4), incrementando su porcentaje de protección (75%) para la riqueza de especies arbóreas de Colima. El área que ocupan estas cinco UAs es de 127,829 ha (22.7% del estado). Para proteger las especies restantes es necesario adicionar siete UAs más, condición que casi duplica el área (208,358 ha) requerida para la protección.

Cuando se utiliza el ejercicio de protección basado en especies endémicas se requieren once unidades para proteger el 100% de estas especies. (Cuadro 10, Figura 10B). Estas unidades ambientales ocupan 200,440 ha, que equivale a 35.58% de la superficie estatal. La UA_1 desempeña nuevamente un papel primordial, ya que protege 51.3% de los elementos arbóreos. La incorporación de la UA_9 eleva este porcentaje de conservación hasta cerca del 70% (53 especies), en 14% de la superficie estatal. Con la adición de tres UAs es posible proteger 89.5% de las especies (UA_4, 13 y 10), lo que representa sólo 5% más del territorio de Colima, requiriendo en total un poco menos de 20% de la superficie estatal.

En el ejercicio basado en el valor de rareza, el orden de prioridad de las UAs es similar al que se obtuvo previamente en el ejercicio de riqueza. Este ejercicio de selección requirió de 15 unidades ambientales para proteger el 100% de los valores de rareza de las 416 especies de árboles. Las UAs 1 y 9 destacan

como las primeras opciones en este ejercicio y en conjunto abarcan 35.6% de las especies (Cuadro 10, Figura 10C). Con la selección de las UA_3, 4 y 10 es posible tener protegido 66% de los elementos arbóreos. El área requerida para esta propuesta cubre 22.7% del estado (127,829 ha).

Un último ejercicio de selección se realizó tomando en cuenta la densidad de individuos de las especies endémicas. Según este algoritmo son necesarias 14 unidades para proteger a 1,737 individuos registrados en los muestreos (Cuadro 10). Al igual que en los algoritmos anteriores, las unidades 1 y 9 aparecen como las primeras dos opciones. La UA_1 abarca 32% de todos los organismos, mientras que la UA_9 añade 9.6%. Con la adición de la unidad 6 es posible proteger la mitad de todos los individuos censados en 18.7% de la superficie de Colima. Cuando se consideran las siete unidades restantes, el área necesaria para este objetivo de conservación es inaceptable en cualquier esquema de conservación, ya que se requiere el 40% de la superficie estatal (Figura 10D).

Al igual que en el análisis realizado con los sitios de muestreo, se incorporó el número de especies arbóreas registradas en los listados de las reservas de "Manantlán" y "El Jabalí", para determinar las UAs más relevantes para complementar las especies que no han sido registradas en estas reservas.

Los resultados obtenidos mediante la inclusión de las 686 especies muestran que las reservas están desempeñando un papel fundamental en la protección de las especies de Colima, al abarcar 55.4% (380 especies) de la riqueza total en sólo 2.8% de la superficie estatal (Cuadro 11). Sin embargo, para tener bajo un esquema de protección al 100% de las especies, es necesario la adición de más de 15 unidades ambientales, las cuales abarcan en conjunto con las reservas casi 40% del territorio colimense.

Cuadro 10. Prioridades de conservación de las especies arbóreas en las unidades ambientales delimitadas para Colima, de acuerdo a un nivel de representación del 100% en los cuatro protocolos utilizados. En cada prioridad se menciona el número de especies, valor de rareza o individuos que conserva y entre paréntesis el porcentaje acumulado del total en cada ejercicio. Los sitios coincidentes en las primeras cinco iteraciones se muestran en negritas.

Prioridad	Riqueza de especies		Riqueza de especies endémicas		Valor de Rareza		Densidad del Endemismo	
	Unidad Ambiental	Especies (N = 416)	Unidad Ambiental	Especies (N = 76)	Unidad Ambiental	Valor (N = 277.5)	Unidad Ambiental	Valor (N = 1737)
1	1	134 (32.2)	1	39 (51.3)	1	60.7 (21.9)	1	557 (32.0)
2	9	75 (50.2)	9	14 (69.7)	9	38.1 (35.6)	9	166 (41.6)
3	3	41 (60.1)	4	5 (76.3)	3	29.3 (46.2)	6	151 (50.3)
4	10	32 (67.8)	13	5 (82.9)	4	28.8 (56.6)	8	131 (57.8)
5	4	30 (75.0)	10	5 (89.5)	10	26.3 (66.1)	13	121 (64.8)
6	13	18 (79.3)	15	2 (92.1)	13	14.3 (71.2)	3	114 (71.3)
7	2	14 (82.7)	2	2 (94.7)	6	13.0 (75.9)	5	114 (77.9)
8	6	14 (86.1)	7	1 (96.1)	2	12.8 (80.5)	15	108 (84.1)
9	12	13 (89.2)	6	1 (97.4)	12	11.0 (84.5)	10	97 (89.7)
10	15	12 (92.1)	8	1 (98.7)	15	11.0 (88.5)	2	88 (94.8)
11	11	10 (94.5)	12	1 (100)	5	9.0 (91.7)	7	48 (97.5)
12	5	9 (96.6)			11	9.0 (95.0)	4	18 (98.6)
13	14	5 (97.8)			7	5.0 (96.8)	11	15 (99.4)
14	7	5 (99.0)			14	5.0 (98.6)	12	9 (100)
15	8	4 (100)			8	4.0 (100)		

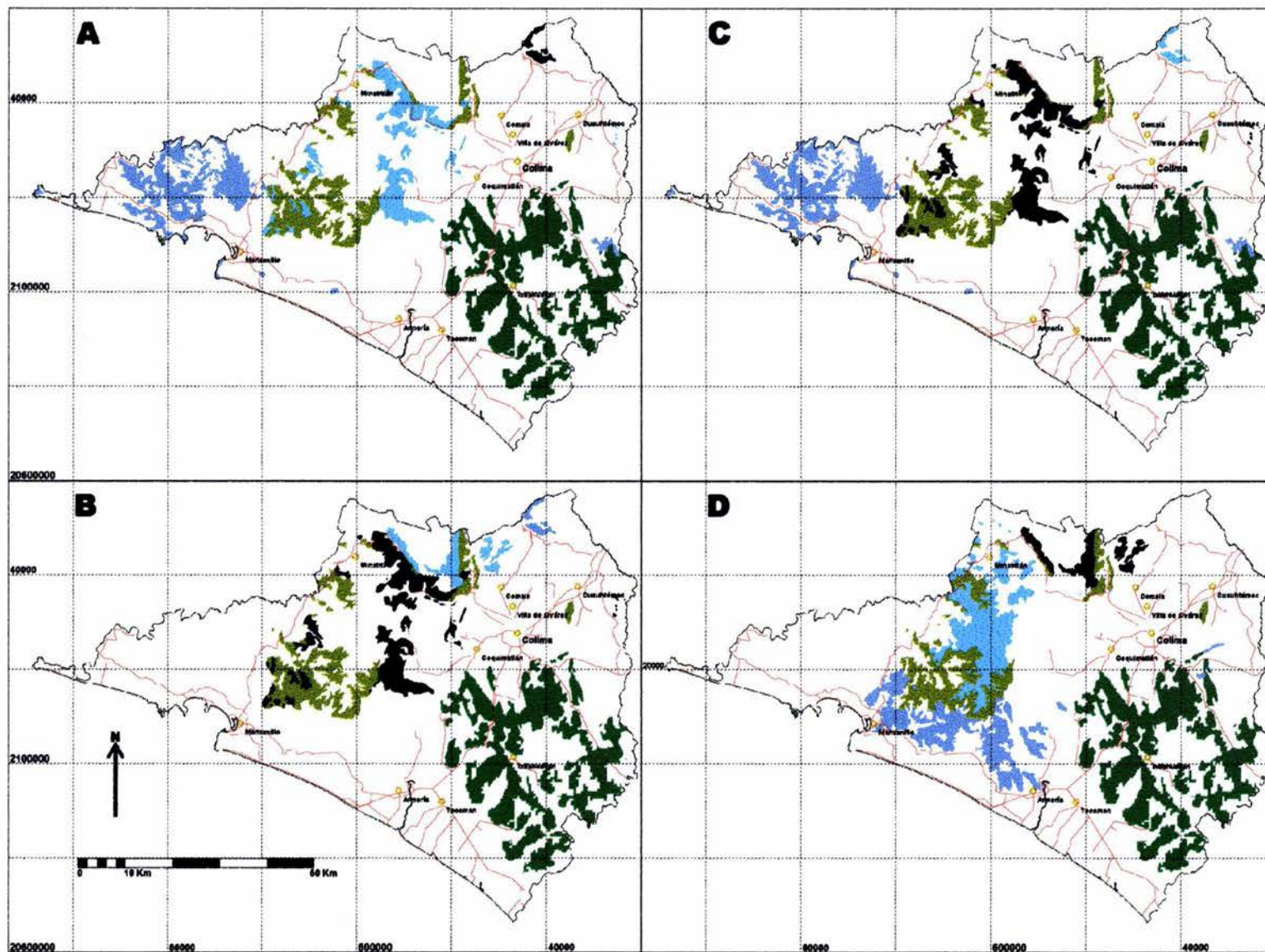


Figura 10. Las primeras cinco UA's prioritarias para los árboles de Colima, (1 verde oscuro, 2 verde claro, 3 azul oscuro, 4 azul claro y 5 negro) en los algoritmos: A) riqueza, B) endemismo, C) valor de rareza y D) densidad de endemismo.

La UA_1 y 9 fueron las primeras prioridades (Cuadro 11), incrementando significativamente el número de especies protegidas (525 taxa, 76.5%). Estas dos unidades representan el 17% más de superficie colimeña que debería dedicarse a desempeñar actividades de protección. De las siete unidades restantes (Cuadro 11), el porcentaje de contribución va de 4.8 (UA_3) hasta 1.5 (UA_15). Estas unidades representan 18.5% de las especies restantes, no obstante que el área que ocupan (18.6%) es mayor a la ocupada por las cuatro primeras prioridades.

Por otro lado, dentro del ejercicio de endemismo se delimitaron las prioridades de cada reserva y unidad ambiental para las 123 especies endémicas registradas en Colima. Se obtuvo que son necesarias nueve unidades ambientales para la protección del 100% de las especies endémicas. La contribución de las reservas en este ejercicio es aún más significativa que en el de riqueza, ya que protegen 70.2% del componente endémico (87 taxa). La adición de las UAs 1 y 9 añade 26 especies endémicas y en conjunto con las reservas protegen 113 especies (91.8%), en un área de 95 789 ha. Si se añade la UA 4, el nivel de protección se incrementa hasta 94.4%, que en total representan 17.3% del área estatal.

Utilizando el valor de rareza, es necesario incorporar un mayor número de unidades ambientales (17) para alcanzar el objetivo de conservación. El porcentaje alcanzado por las reservas con el ejercicio de valor de rareza es de 56.9%. Las UAs seleccionadas por este algoritmo añaden paulatinamente especies, de manera que la combinación de las unidades 1, 3, 9 incrementa el porcentaje de valor de endemismo hasta 76.8%, en una superficie equivalente a 21.5% de Colima. Para considerar dentro de un esquema de conservación el total de las especies, se requiere un total de 12 UAs, las cuales ocupan 207,354 ha (36.8% de la superficie estatal).

Cuadro 11. Prioridades de conservación de acuerdo a un nivel de representación del 95% considerando la información de las reservas (RBM="Manantlán", ZPJ= "El Jabalí"). En cada prioridad se menciona el número de especies que conserva y entre paréntesis el porcentaje acumulado del número total de especies o el valor en cada ejercicio. Los sitios coincidentes en las primeras cinco iteraciones después de las reservas se muestran en negritas.

Prioridad	Riqueza de especies		Riqueza de especies endémicas		Valor de Rareza	
	Unidad Ambiental	Especies (N = 685)	Unidad Ambiental	Especies (N = 123)	Unidad Ambiental	Valor (N = 507.2)
1	RBM	296 (43.1)	RBM	82 (66.1)	RBM	213.2 (41.9)
2	ZPJ	84 (55.4)	ZPJ	5 (70.7)	ZPJ	76.0 (56.9)
3	1	93 (69.0)	1	20 (86.9)	1	47.9 (66.4)
4	9	52 (76.5)	9	6 (91.8)	3	28.2 (71.9)
5	3	33 (81.3)	4	4 (95.1)	9	24.8 (76.8)
6	10	25 (85.0)	10	3 (97.5)	4	23.0 (81.4)
7	4	24 (88.5)	15	1 (98.3)	10	21.2 (85.5)
8	11	14 (90.5)	12	1 (99.1)	6	11.5 (87.8)
9	6	12 (92.3)	2	1 (100)	11	11.0 (90.0)
10	2	12 (94.0)			2	10.8 (92.1)
11	15	10 (95.5)			15	9.5 (94.0)
12	13	9 (96.7)			13	9.0 (95.6)
13	5	7 (97.8)			5	7 (96.9)
14	12	7 (98.8)			12	7 (98.3)
15	14	4 (99.4)			14	4 (99.1)

DISCUSIÓN

El uso de variables ambientales en las evaluaciones de diversidad biológica (Margules y Redhead, 1995, Gaston 1996), es un tema controvertido (Margules *et al.*, 1994), ya que los resultados aportados por las diferentes variables usadas (p. ej. la temperatura, la precipitación, el tipo de suelo, la geología, el relieve del terreno, la inclinación de la pendiente o la exposición solar) se encuentran fuertemente determinadas por la escala del estudio (Gillison, 1983; Austin y Heyligers, 1989; Kirkpatrick y Brown, 1994; Wessels *et al.*, 1998, Gillison, 2001). En este tipo de ejercicios, donde existen limitantes de recursos materiales y humanos, la elección de una variable particular depende en gran medida de su disponibilidad en formato digital (Austin y Heyligers, 1991; Kirkpatrick y Brown, 1994). La delimitación de 53 unidades ambientales en Colima usando 11 clases geomorfológicas y 11 categorías de vegetación, permitió hacer este ejercicio con los recursos disponibles (personal humano capacitado, dinero y tiempo). Austin y Heyligers (1989) han indicado que entre más heterogénea es un área, será necesario hacer una mayor estratificación ambiental. Es razonable pensar que la adición de más variables ambientales permitiría caracterizar de manera más adecuada una región. Sin embargo, esto incrementa de forma substancial la demanda de recursos. Por ejemplo, al adicionar otra variable ambiental a las previamente manejadas para Colima (p. ej. suelo, que tiene 16 clases), el número resultante de unidades ambientales se eleva considerablemente (241), imposibilitando la obtención de una muestra representativa de esta variación ambiental con los recursos con los que se contaban para el estudio.

Los gradsectos representan una propuesta estadísticamente confiable y metodológicamente aceptable para caracterizar la biodiversidad presente en una región particular (Gillison, 1983). Sin embargo, determinar el tamaño (ancho × largo) y el número de ellos en una determinada zona, es un aspecto poco explícito dentro de las publicaciones que usan este método (Gillison y Brewer, 1985; DeVelice *et al.*, 1988; Armstrong y Van Hensbergen, 1997; Laurence, 1997; Neave

et al., 1997; Austin, 1998; Wessel *et al.* 1998; Gillison, 2001; Sandmann, 2002). En consecuencia, se decidió seguir los criterios sugeridos por Margules y Redhead (1995) (ver métodos) para obtener la distribución, el número y la extensión de los gradsectos en Colima. Esta decisión también consideró los recursos económicos, así como el número de los participantes en las actividades de muestreo. De igual manera, hay que señalar que problemas relacionados con la tenencia de la tierra, conflictos sociales, zonas de extracción forestal y zonas de veda pueden dificultar en la práctica el acceso a las localidades de muestreo (Gillison, 2001).

En cuanto a la toma de datos en los sitios de muestreo, el tamaño y la densidad de la muestra varía de acuerdo a los autores (DeVelice *et al.*, 1988; Austin y Heyligers, 1989; Braithwaite *et al.*, 1989; McKenzie *et al.*, 1989; Wessels *et al.*, 1998), y sólo algunos mencionan los argumentos utilizados para su muestreo (p. ej. la microtopografía del sitio, la experiencia de los participantes o las características biológicas del grupo indicador usado). Este apartado de muestreo es muy importante, ya que esta fase del estudio es la que más demanda tiempo, recursos económicos y mano de obra. Gillison (2001) señala que en estudios sobre riqueza de plantas el tamaño de la parcela abarca desde 0.1 ha (Austin y Heyligers 1989; Braithwaite *et al.*, 1989) hasta 400 ha (McKenzie *et al.*, 1989), e indica que los criterios de selección para la densidad y el tamaño de la muestra (pequeñas y muchas vs. grandes y pocas), están relacionados con la reducción de costos y el aumento en la efectividad en la obtención de los datos de campo (demandas logísticas vs. información requerida). Debido a ello, en este estudio se procedió a establecer un método que de acuerdo a las restricciones económicas, temporales y de personal humano, además de considerar las condiciones topográficas y bióticas de la zona de estudio, nos permitiera una obtención rápida de datos. El método utilizado fue el de Gentry, el cual ha demostrado su utilidad en diversos estudios en comunidades vegetales tropicales (Gentry, 1982, 1988; Lott, 1987; Clinebell *et al.*, 1995, Trejo y Dirzo, 2002b).

A pesar de la facilidad de la instrumentación del método de Gentry, la accesibilidad a los sitios de muestreo jugó un papel importante, ya que se requirió hasta dos horas de camino para llegar a ciertas localidades, debido principalmente a: (i) la dificultad de encontrar sitios con el menor disturbio posible de la vegetación, (ii) la compleja topografía regional, que hace que frecuentemente se deba caminar sobre pendientes muy pronunciadas (de hasta 70°) o con cañadas, (iii) sitios donde la vegetación se establece sobre suelo escaso y roca abundante, (iv) comunidades con un estrato arbustivo y herbáceo muy denso, y (v) ausencia de vías de comunicación. En conjunto, estas adversidades retardaron o complicaron la toma de datos, lo que propició que sólo se muestrearon 24 de los 29 sitios propuestos inicialmente.

El método de Gentry permitió obtener un listado de 416 especies de árboles y lianas durante aproximadamente seis meses de trabajo, lo que incluye el tiempo de muestreo y las labores de determinación del material censado. Con respecto a los árboles, esta cifra es cercana a las 537 especies registradas para esta forma de crecimiento por Padilla (2002) para el estado de Colima, cuyo trabajo requirió realizar colectas de campo durante un año y la revisión de material de herbario colectado previamente por varios botánicos durante al menos dos años de exploración botánica. Una ventaja adicional es que la forma en la que se diseñó el muestreo permite asociar una determinada composición de plantas a cada una de las variables utilizadas en la estratificación ambiental (geomorfología, altitud y vegetación) y esta información hará posible en el futuro realizar análisis predictivos sobre la distribución de taxa particulares.

En lo referente al tema florístico, diversos autores señalan que la selva baja caducifolia es una comunidad vegetal muy diversa, donde las familias más importantes son Leguminosae, Euphorbiaceae y Burseraceae (Lott, 1987; Gentry, 1988; Cuevas *et al.*, 1998; Trejo y Dirzo, 2002b). La selva baja caducifolia tiene una gran extensión en Colima (168,701 ha, 30% de su territorio), lo que genera que el patrón de riqueza señalado para la selva (Leguminosae, Euphorbiaceae y

Burseraceae como las familias más ricas), sea similar al que se encontró en el estado. Por otro lado, Padilla (2002) reporta dos especies endémicas al estado de Colima (*Manihot chlorosticta* y *Exostema mexicanum*). Sin embargo, en el presente trabajo no se consideraron bajo ese estatus, ya que ambas especies han sido recolectadas en la Estación Biológica Experimental Chamela, Jalisco (Lott, 1985) e inclusive *M. chlorosticta* se distribuye hasta el estado de Guerrero (Diego-Pérez, 2000). De las especies citadas en la NOM-059, 14 de ellas ya se encuentran protegidas, al menos en el papel, en la Reserva de la Biosfera Manantlán. *Dalbergia granadillo* no han sido reportada para las reservas estatales de Colima; esta especie muestra una distribución muy restringida, pues sólo se le ha encontrado en los estados de Jalisco, Michoacán y Guerrero (MacVaugh, 1987), por lo que habría que poner especial atención para considerar su inclusión en algún futuro esquema de conservación, ya sea estatal o regional.

Con respecto a la riqueza de especies, los sitios (G, I, J, N, O, y R) y las unidades ambientales (1, 3, 5, 6, 9 y 10) registrarán la mayor número de taxa, lo que se explica en buena medida porque albergan comunidades vegetales de selva baja caducifolia y selva mediana subcaducifolia, las cuales han sido destacadas previamente entre las comunidades vegetales de Colima por su elevada biodiversidad (Rzedowski y McVaugh, 1966; Cuevas *et al.*, 1998). Cabe señalar que hasta el momento, la selva mediana subcaducifolia se encuentra excluida de los esquemas de protección de la biodiversidad de Colima, a pesar de que esta comunidad vegetal comprende 59,652 ha, lo que la coloca como el segundo tipo de vegetación más extenso en el estado, después de la selva baja caducifolia.

La inclusión de "morfoespecies" en estudios de selección de áreas prioritarias de conservación es un tema controversial, principalmente por que no es posible determinar si son especies amenazadas, de importancia económica o social, además de que se ignora su rango de distribución. Sin embargo, se consideró inconveniente la exclusión de este conjunto de especies (cerca del 20% con respecto al total), ya que el número de especies que realmente se encuentra

en cada sitio se estaría subestimado. Este tipo de disyuntivas son inevitables en estudios basados en muestreos puntuales de la biodiversidad (p. ej. Gillison, 2001), sobre todo en sitios donde el conocimiento de las especies presentes en el área de trabajo no está bien documentado y estos estudios se realizan precisamente para tratar de conocer lo más cercanamente posible las especies presentes en un área. Un criterio adicional para decidir su inclusión fue que su representación en los sitios abarcó un porcentaje bajo (2 al 15% de sus especies). De hecho, el resultado de priorización de sitios sin morfoespecies no resultó distinto en los sitios elegidos al incluirlas ni tampoco afectó el orden de prioridad de las cuatro primeras opciones.

Por otro lado, la rareza de las especies juega un papel importante en nuestro esquema de priorización, ya que gran parte de las ellas (287, 68.9%) se restringen sólo a dos unidades ambientales, lo que aumenta el número de sitios o áreas necesaria para proteger la totalidad de especies (Cuadros 8 y 10), un fenómeno anteriormente señalado por diversos autores (Rebelo y Siegfried, 1992; Rebelo, 1994; Pressey *et al.*, 1994; Margules *et al.* 1994, 2002; Margules y Redhead, 1995).

Aunque la inclusión de especies endémicas a México o al occidente nuestro país pueda ser un tema de debate, se decidió su uso ya que el conocimiento sobre la distribución de muchas de las especies es aún incipiente en nuestro país. En apoyo a lo anterior se consultaron los listados de las tres reservas estatales (Manatlán, Jabalí y Chamela), se obtuvo que de las 51 especies endémicas a México, una especie está presente en las tres reservas, 17 en dos reservas, 30 se encuentran exclusivamente en una reserva, y tres especies (*Garrya laurifolia*, *Hampea tomentosa*, *Piscidia grandifolia* var. *glabrescens*) no están contempladas en ninguna de las reservas antes mencionadas. Este patrón no es distinto al obtenido con las 25 especies restringidas al occidente de nuestro país; un solo taxa se distribuye en tres reservas, nueve especies en dos reservas de estas, 13

en una sola reserva, y dos especies no están consideradas en ninguna de las áreas protegidas.

Por otro lado, la conveniencia del uso de grupos indicadores en los estudios sobre el inventario de la biodiversidad ha sido apoyada por la congruencia entre la riqueza de un determinado grupo indicador y la de otros grupos de organismos (Gladstone, 2002; Schawb *et al.*, 2002; Berger *et al.*, 2003), si bien otros trabajos han encontrado resultados opuestos al respecto (Prendergast *et al.*, 1993, Faith y Walker, 1996b; Howard *et al.*, 1998; van Jaarsveld *et al.*, 2002). Debido a ello, es necesario que los sitios seleccionados como áreas prioritarias de conservación para la flora arbórea de Colima sean estudiados para otros grupos que también han sido señalados como grupos indicadores, por ejemplo, vertebrados o algunos grupos de insectos. Esta información puede brindar resultados con un alto impacto en el desarrollo de estudios futuros sobre el inventario de la biodiversidad del país y otras localidades del Neotrópico.

En el desarrollo de los ejercicios de selección de sitios prioritarios, un tema relevante es el orden y la composición de las prioridades. La importancia de conservación de los sitios J, O, S y X es notable, ya que se ubican entre las cinco primeras prioridades según tres de los ejercicios de selección usados, a pesar de que el sitio J no ocupa una posición relevante para el ejercicio de endemismo (Cuadro 8). Sin embargo, cuando se tomó en cuenta la información por unidades ambientales, los ejercicios de selección demostraron que no hay congruencia con los sitios determinados como prioritarios (Cuadros 8 y 10).

Dentro de las dos formas de análisis (sitios y UA's), se tiene que en nueve sitios y en once unidades ambientales es posible proteger tanto la riqueza como el endemismo del componente arbóreo de Colima. Este patrón coincidente (áreas ricas en especies con elevado grado de endemismo) ha sido encontrado por otros autores con grupos de plantas y animales en el Neotrópico (García-Mendoza, 1995; Villaseñor e Ibarra-Manríquez, 1998; Lira *et al.*, 2002; Villaseñor *et al.*,

2003), si bien otros estudios muestran resultados opuestos (Flores-Villela, 1998; Escalante-Pliego *et al.*, 1998; Fa y Morales, 1998; Prendergast *et al.*, 1993). Sin embargo, la relación entre riqueza y endemismo depende principalmente de la escala del trabajo, sugiriendo que estudios más detallados podrían mostrar otros patrones para estos atributos (Peterson *et al.* 1993).

Otro tema de controversia es el número de unidades ambientales que no fueron consideradas en los muestreos (38), ya que es probable que estas unidades pudiesen contener una alta riqueza de especies o endemismos. Sin embargo, la exclusión de estas unidades es justificada, ya que los recursos logísticos necesarios para su muestreo se incrementarían considerablemente. Además, debe considerarse que estas pequeñas superficies de terreno son más vulnerables a sufrir efectos de borde o desaparecer por efecto de alguna perturbación natural o antropogénica, disminuyendo las probabilidades de conservar adecuadamente la composición y los procesos ecológicos de los hábitats que contienen.

Por otro lado, en algunos estudios (Rebelo, 1994; Barnard *et al.*, 1998), se ha considerado la inclusión de las reservas previamente establecidas en los ejercicios de priorización de sitios para la conservación. Las ventajas de este enfoque es determinar contribución en la protección de distintos atributos de la biodiversidad, además de que estas reservas pueden facilitar el establecimiento de corredores biológicos. Al adicionar la información de las reservas, el papel de conservación que estas juegan para la flora arbórea de Colima es sumamente importante (55.4% de su riqueza, 70.2% de su endemismo y 56.9% del índice de valor de rareza), considerando que ocupan un área relativamente pequeña (2.7% del estado). Estas cifras apoyan lo propuesto por Rebelo (1994) y Margules *et al.* (1994), quienes consideran que las reservas deben estar contempladas dentro de los ejercicios de selección de áreas prioritarias, con el fin de evitar redundancia en futuros esquemas de conservación.

El área requerida para la protección de las especies con los diferentes algoritmos varía entre 12 y 24% de la superficie estatal. Esta extensión de terreno se debe a la forma en la que se estratificó el muestreo (geomorfología y vegetación), ya que se definieron unidades ambientales de gran tamaño. Cabe señalar que el enfoque de BioRap no se basa en esta estratificación ambiental para conseguir una red de áreas prioritarias para la conservación, sin embargo, se decidió realizar este ejercicio sólo para delimitar posibles áreas en donde sea necesario realizar estudios más detallados.

Una fuerte crítica que se ha hecho a los métodos iterativos es que no incorporan dentro de sus protocolos de selección elementos que permitan determinar si el tamaño y el número de reservas (el debate llamado SLOSS o "single large o several small" (Lomolino, 1994; Kunin, 1997; Honnay *et al.*, 1999; Possingham y Andelman, 2000; Ovaskainen, 2002), permitiría la persistencia de los procesos ecológicos necesarios para el mantenimiento de la biodiversidad a largo plazo (Freitag *et al.*, 1998; Margules *et al.*, 2002; Reyers *et al.*, 2002). Éste es un problema muy complejo de resolver y seguramente seguirá siendo un reto que deberá ser afrontado en el futuro diseño de las áreas prioritarias de conservación de Colima.

CONCLUSIONES

Los gradsectos son un método muy útil en la obtención de muestras representativas de la biodiversidad de una región en un período corto de tiempo. En este tipo de ejercicios es fundamental estandarizar la toma de datos dentro de los ejercicios de evaluación biológica, lo que permitirá la comparación de resultados con estudios similares. Por otro lado, no cabe duda que el uso de grupos indicadores sigue siendo un tema polémico, por lo que los resultados obtenidos en la selección de áreas prioritarias de conservación para la flora arbórea de Colima deberán de contrastarse con otros grupos, por ejemplo, otras formas de crecimiento como las hierbas, vertebrados o macromicetos.

Existe una gran diversidad en el estrato arbóreo de Colima, principalmente en las comunidades vegetales de selvas bajas y selvas medianas. Además, este último tipo de vegetación no se encuentra contemplado en las áreas naturales protegidas del estado, por lo que el diseño de áreas prioritarias de conservación deberá considerar su inclusión en conjunto con otros tipos de vegetación que por su riqueza arbórea no sobresalen a nivel regional (encinares y manglares), pero que definitivamente contienen muestras importantes de la biodiversidad de Colima, además de su relevancia en procesos ecosistémicos a nivel regional.

Aunque las áreas naturales protegidas del estado sustentan una alta biodiversidad, el presente estudio demostró que los sitios o unidades ambientales más ricos en especies no se encuentran dentro de estas áreas protegidas, lo que sin duda refleja la necesidad de establecer nuevas áreas protegidas que conserven la mayor parte de la riqueza arbórea de Colima.

Los ejercicios de selección de áreas prioritarias demostraron que con sólo agregar una superficie pequeña (alrededor del 10% del estado), es posible proteger una gran cantidad de especies arbóreas. Sin embargo, este ejercicio debe ser tomado solamente como una plataforma a partir de la cuál sea posible realizar un proceso mucho más complejo como es el decreto de reservas, bajo procedimientos viables, además de políticamente y socialmente aceptables. Este complejo ejercicio es urgente de realizar, sí se desea preservar muestras representativas de la biodiversidad arbórea de Colima.

LITERATURA CITADA

- Amstrong A.J. y H.J. Van Hensbergen. 1997. Evaluation of afforestable montane grasslands for wildlife conservation in the north-eastern Cape, South Africa. **Biological Conservation** 81: 179-190.
- Austin, M.P. y P.C. Heyligers. 1989. Vegetation survey design for conservation: gradsect campling of forest in Northeastern New South Wales. **Biological Conservation** 50: 13-32.
- Austin, M.P. y P.C. Heyligers. 1991. New approach to vegetation survey design: gradsect sampling. En: C.R. Margules y M.P. Austin (eds.). Pp. 31-36. **Nature conservation: cost-effective biological surveys and data analysis**. CSIRO. Canberra.
- Austin, M.P. 1998. An ecological perspective on biodiversity investigations: examples from Australian eucalypt forests. **Annals of the Missouri Botanical Garden** 85:2-17.
- Barnard, P., C.J. Brown, A.M. Jarvis, A. Robertson y L. Van Rooyen. 1998. Extending the Namibian protected area network to safeguard hotspots of endemism and diversity. **Biodiversity and Conservation** 7: 531-547.
- Bedward, M., R.L. Pressey y D.A. Keith. 1992. A new approach for selecting fully representative reserve networks: addressing efficiency, reserve design and land suitability with an iterative analysis. **Biological Conservation** 62: 115-125.
- Berger M., G.P. Jones y P.L. Munday. 2003. Conservation of coral reef biodiversity: a comparison of reserve selection procedures for corals and fishes. **Biological Conservation** 111: 53-62.
- Braithwaite, L. W., M.P. Austin, M. Clayton, J. Turner y A.O. Nicholls. 1989. On predicting the presence of birds in *Eucalyptus* forest types. **Biological Conservation** 50: 33-50.
- Caldecott, J.O., M.D. Jenkins, T.H. Johnson y B. Groombridge. 1996. Priorities for conserving global species richness and endemism. **Biodiversity and Conservation** 5: 699-727.
- Clinebell, R.R., O.L. Phillips, A.H. Gentry, N. Stark y H. Zuuring. 1995. Prediction of neotropical tree and liana species richness from soil and climatic data. **Biodiversity and Conservation** 4: 56-90.

- Cuanalo de la Cerda, H., E. Ojeda-Trejo, A. Santos-Ocampo y C.A. Ortiz-Solorio. 1989. **Provincias, regiones y subregiones terrestres de México**. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Estado de México.
- Cuevas G., R., N.M. Nuñez-López, L. Guzmán-Hernández y F.J. Santana-Michel. 1998. El bosque tropical caducifolio en la reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, Jalisco-Colima, México. **Boletín de Botánica de la Universidad de Guadalajara** 5: 445-491.
- Dávila, P. y V. Sosa. 1994. El conocimiento florístico de México. **Boletín de la Sociedad Botánica de México** 55: 21-27.
- DeVelice, R.L., J.W. DeVelice y G.N. Park. 1988. Gradient analysis in nature reserve design: a New Zealand example. **Conservation Biology** 2: 217.
- Di Castri, F., J.R. Vernhes y T. Younès. 1992. Inventorying and monitoring biodiversity: a proposal for an international network. **Biology International Special Issue** 27: 1-28
- Diego-Pérez, N. 2000. **Listados Florísticos de Guerrero (no. 10) Lagunas Playa Blanca, El Potosí, Salinas del Cuajo y zonas circundantes**. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, D.F.
- Diario Oficial de la Federación (DOF). Miércoles 6 de marzo de 2002. **NORMA Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo**. D.F.
- Engler, A. & K.A. Prantl. 1887-1909. **Die Natuerliche Pflanzenfamilien**. Liepzig. 32 vols. In 17, Ilust. Nachtraege, 4 vol. 1897-1915.
- Escalante-Pliego, P., A.G. Navarro y A. Townsend. 1998. Un análisis geográfico, ecológico e histórico de la diversidad de aves terrestres de México. En: T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.). Pp. 279-304. **Diversidad Biológica de México, orígenes y distribución**. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- Fa, J.E. y L.M. Morales. Patrones de diversidad de mamíferos de México. En: T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.). Pp. 315-352. **Diversidad Biológica de México, orígenes y distribución**. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- Faith, D.P. y P.A. Walker. 1996a. Environmental diversity: on the best-possible use of surrogate data for assessing the relative biodiversity of set areas. **Biodiversity and Conservation** 5: 399-415.

- Faith, D.P. y P.A. Walker. 1996b. How do indicator groups provide information about the relative biodiversity of different sets of areas?: on hotspots, complementary and pattern-based approaches. **Biodiversity Letters** 3: 18-25.
- Flores-Villela, O. 1998. Herpetofauna de México: distribución y endemismo. En: T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.). Pp. 251-278. **Diversidad Biológica de México, orígenes y distribución**. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- Flores-Villela, O. y P. Gerez. 1994. **Biodiversidad y conservación en México: vertebrados, vegetación y uso del suelo**. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 439 p.
- Forey, P.L., C.J. Humphries y R.I. Vane-Wright (eds.) 1994. **Systematic and Conservation Evaluation**. The Systematic Association. Oxford. 433 p.
- Freitag, S., A.O. Nicholls y A.S Van Jaarsveld. 1998. Dealing with established reserve networks and incomplete distribution data sets in conservation planning. **South African Journal of Science** 94: 79-86.
- García, E. 1981. **Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koeppen**. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 252 p.
- García-Mendoza, A. 1995. Riqueza y Endemismos de la familia Agavaceae en México. En: E. Linares, P. Dávila, F. Chiang, R. Bye y T. Elias (eds.). Pp. 51-75. **Conservación de Plantas en Peligro de Extinción: Diferentes Enfoques**. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- Gaston K.J. 1996. Species richness: measure and measurement. En K.J. Gaston (ed.). Pp. 77-113. **Biodiversity and biology of numbers and difference**. Blackwell Science Ltd. Oxford.
- Gaston K.J. y J.I. Spicer. 1998. **Biodiversity. An Introduction**. Blackwell Science Ltd. Oxford. 113p.
- Gaston, K.J., R.L. Pressey y C.R. Margules. 2002. Persistente and vulnerability: retaining biodiversity in the landscape and in protected areas. **Journal of Bioscience** 27(4): 361-384.
- Gentry, A. 1982. Patterns of Neotropical Plant species diversity. En: M.K. Hecht, B. Wallace y G.T. Prance (eds.). Pp. 1-84. **Evolutionary Biology**. Plenum Press. New York, U.S.A.

- Gentry H.A. 1988. Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. **Annals of the Missouri Botanical Garden** 75 (1): 1-34.
- Gillison, A.N. 1983. Gradient oriented sampling for resource surveys: the gradsect method. En: K. Myers, C.R. Margules e I. Musto (eds.). Pp 349-374. **Survey methods for nature conservation**. CSIRO, Canberra.
- Gillison, A.N. y R.W. Brewer. 1985. The Use of Gradient Directed Transects or Gradsect in Natural Resource Surveys. **Journal of Environmental Management** 20: 103-127.
- Gillison, A.N. 2001. **Vegetation survey and habitat assessment of the Tesso Nilo forest complex**. Report of WWF-US. Sumatra. 76 p.
- Gladstone, W. 2002. The potential value of indicator groups in the selection of marine reserves. **Biological Conservation** 104 (2): 211-220.
- Gómez-Pompa, A. 1998. La conservación de la biodiversidad en México: Mitos y Realidades. **Boletín de la Sociedad Botánica de México** 63: 33-41.
- Halffter, G. y M.E. Favila. 1993. The Scarabaeinae (Insecta: Coleoptera) an animal group for analyzing, inventorying and monitoring biodiversity in tropical rainforests and modified landscapes. **Biology International** 27: 15-21.
- Heywood, V.H. 1993. **Flowering plants of the world**. Oxford University Press. New York. 335 p.
- Honnay, O., M. Hermy y P. Coppin. 1999. Effects of area, age and diversity of forest patches in Belgium on plant species richness, and implications for conservation and reforestation. **Biological Conservation** 87: 73-84
- Howard, P.C., P. Viskanic, T.R.B. Davenport, F.W. Kigenyi, M. Baltzer, C.J. Dickinson, J.S. Lwanga, R.A. Matthews y A. Balmford. 1998. Complementarity and the use of indicator groups for reserve selection in Uganda. **Nature** 394: 472-475.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 1983. **Carta Edafológica** 1:250 000, Hojas E13-4-5, E13-6 y E13-6-9. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. México, D.F.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 1999. **Carta Topográfica** 1:250 000, Hojas E13-4-5, E13-6 y E13-6-9. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. México, D.F.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 2001 (INEGI). Entidad Federativa: Colima. <http://www.inegi.gob.mx/entidades/espanol/fcol.html>.

- Kerr, T.J. 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.
- Kirkpatrick, J.B. y M.J. Brown. 1994. A comparison of direct and environmental domain approaches to planning reservation of forest higher plant communities and species in Tasmania. **Conservation Biology** 8(1): 217-224.
- Kunin, W.E. 1997. Simple shape, spatial scale and species counts: implications for reserve design. **Biological Conservation** 82: 369-377.
- Laurence, W.F. 1997. A distributional survey and habitat model for the endangered northern bettong *Bettongia tropica* in tropical Queensland. **Biological Conservation** 82: 47-60.
- Lira, R., J.L. Villaseñor y E. Ortiz. 2002. A proposal for the conservation of the family Cucurbitaceae in Mexico. **Biodiversity and Conservation** 11: 1699-1720.
- Lomolino, M.V. 1994. An evaluation of alternative strategies for building networks of nature reserves. **Biological Conservation** 69: 243-249.
- Lott, E.J. 1985. **Listados Florísticos de México. III. La Estación de Biología Chamela, Jalisco.** Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 47 p.
- Lott, E.J. 1987. Floristic Diversity and Structure of upland and arroyo forests of coastal Jalisco. **Biotrópica** 19 (3): 228-235.
- McVaugh, R. 1987. **Flora Novo-Galiciana a descriptive account of the vascular plants of western Mexico (Vol. 5) Familia Leguminosae.** The University of Michigan Press Ann. Arbor. Michigan. 786 p.
- Margules, C.R. y M.B. Usher. 1981. Criteria used in assessing wildlife conservation potential: a review. **Biological Conservation** 21: 79-109.
- Margules, C.R., A.O. Nicholls y R.L. Pressey. 1988. Selecting networks of reserves to maximize biological diversity. **Biological Conservation** 43: 63-76.
- Margules, C.R. y M.P. Austin (eds.). 1991. **Nature conservation: cost effective Biological Surveys and Data Analysis.** CSIRO. Canberra. 207p.

- Margules, C.R. y A.O. Nicholls. 1993. Where should nature reserves be located? En: C. Moritz y J. Kikkawa (eds.). Pp. 339-346. **Conservation biology in Australia and Oceania**. Surrey Beatty & Sons, Chipping Norton. Canberra.
- Margules, C.R., I.D. Cresswell y A.O. Nicholls. 1994. A scientific basis for establishing networks of protected areas. En: L. Forey, C.J. Humphries y R.I. Vane-Wright (eds.). Pp 327-350. **Systematic and conservation evaluation**. Systematic Association Special. Clarendon Press, Oxford.
- Margules, C.R. y T.D. Redhead. 1995. **Guidelines for using the BioRap Methodology and Tools**. CSIRO. Australia. 70 p.
- Margules, C.R., R.L. Pressey y P.H. Williams. 2002. Representing biodiversity: data and procedures for identifying priority areas for conservation. **Journal of Bioscience** 27 (4): 309-326.
- Masera, O. R., M. J. Ordoñez y R. Dirzo. 1997. Carbon emissions from Mexican forests: current situation and long-term scenarios. **Climatic Change** 35: 265-295.
- McKenzie, N.L., L. Belbin, C.R. Margules y G.J. Keighery. 1989. Selecting representative reserve systems in remote areas: a case study in the Nullabor Region, Australia. **Biological Conservation** 50: 239-261.
- Mittermeier, R.A. 1990. Wealth of plants and animals unites "megadiversity countries". **Tropicus** 4: 4-5.
- Myers, N. 1988. Threatened biotas: "hotspots" in tropical forest. **Environmentalist** 8: 187-208.
- Myers, N. 1990. The biodiversity challenge: expanded hot-spot analysis. **Environmentalist** 10: 243-256.
- Neave H.M., R.B. Cunningham, T.W. Norton y H.A. Nix. 1997. Preliminary evaluation of sampling strategies to estimate the species richness of diurnal, terrestrial birds using Monte Carlo simulation. **Ecological Modelling** 95: 17-27.
- Ovaskainen, O. 2002. Long-Term Persistence of Species and the SLOSS problem. **Journal of Theoretical Biology** 218: 419-433.
- Padilla V., E.O. 2002. **Listado florístico de los árboles de Colima, México**. Tesis Licenciatura. Instituto de Botánica, Universidad de Guadalajara. Guadalajara, México. 89 p.
- Palacio-Prieto, J.L., G. Bocco, A. Velásquez, J.F. Mas, F. Takaki-Takaki, A. Victoria, L. Luna-González, G. Gómez-Rodríguez, J. López-García, M.

Palma, I. Trejo-Vázquez, A. Peralta, J. Prado-Molina, A. Rodríguez-Aguilar, R. Mayorga-Saucedo y F. González. 2000. La condición actual de los recursos forestales en México: resultados del Inventario Forestal Nacional 2000. **Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM** 43: 183-203.

Peterson, A.T., O.A. Florez-Villela, L.S. León-Paniagua, J.E. Llorente-Bousquets, M.A. Luis-Martínez, A.G. Navarro-Singüenza, M.G. Torres-Chávez e I. Vargas-Fernández. 1993. Conservation priorities in Mexico: moving up in the world. **Biodiversity Letters** 1: 33-38.

Possingham, H.B. y S. Andelman 2000. Mathematical methods for identifying representative reserve networks. En: S. Ferson & M. Burgman (eds.). Pp. 291-305. **Quantitative methods for conservation biology**. Springer-Verlag, New York.

Prendergast, J.R., R.W. Quinn, J.H. Lawton, B.C. Eversham y D.W. Gibbons. 1993. Rare species, the coincidence of diversity hotspot and conservation strategies. **Nature** 365: 335-337.

Pressey, R.L. y A.O. Nicholls. 1989a. Efficiency in conservation evaluation: scoring versus iterative approaches. **Biological Conservation** 50: 199-218.

Pressey, R.L. y A.O. Nicholls. 1989b. Application of a numerical algorithm to the selection of reserves in semi-arid New South Wales. **Biological Conservation** 50: 263-278.

Pressey, R.L., I.R. Johnson y P.D. Wilson. 1994. Shades of irreplaceability: towards a measure of the contribution of sites to a reservation goal. **Biodiversity and Conservation** 3: 242-262.

Pressey, R.L., H.B. Possingham y C.R. Margules. 1996. Optimality in reserve selection algorithms: when does it matter and how much?. **Biological Conservation** 76: 259-267.

Pressey, R.L. y V.S. Logan. 1998. Size of selection units for future reserves and its influence on actual vs. targeted representation of features: a case of study in western New South Wales. **Biological Conservation** 85: 305-319.

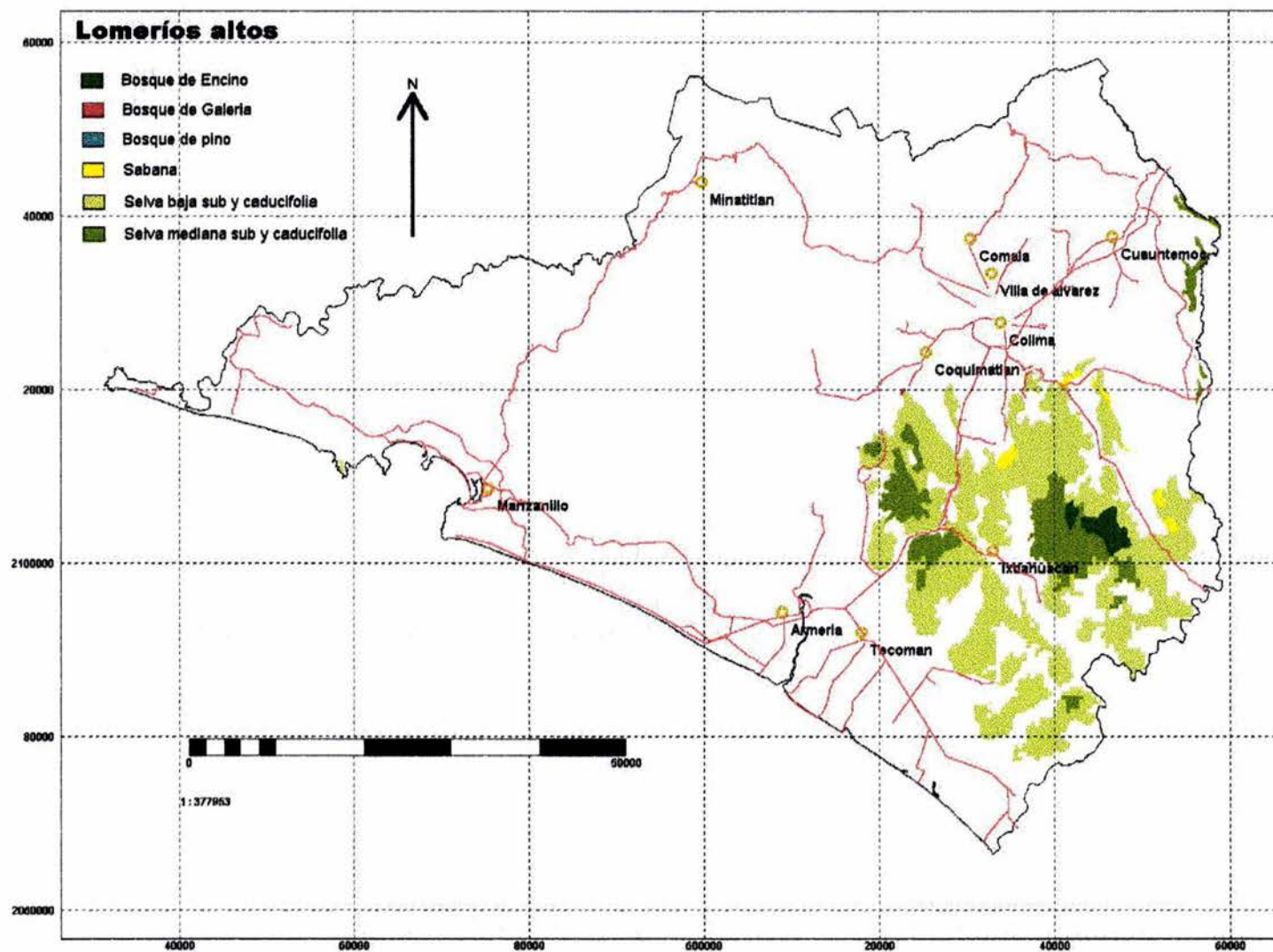
Pressey, R.L. y K.H. Taffs. 2001. Sampling of land types by protected areas: three measures of effectiveness applied to western New South Wales. **Biological Conservation** 101: 105-117.

Raven, P. y E.O. Wilson. 1992. A Fifty-year Plan for Biodiversity Surveys. **Science** 258: 1099-1100.

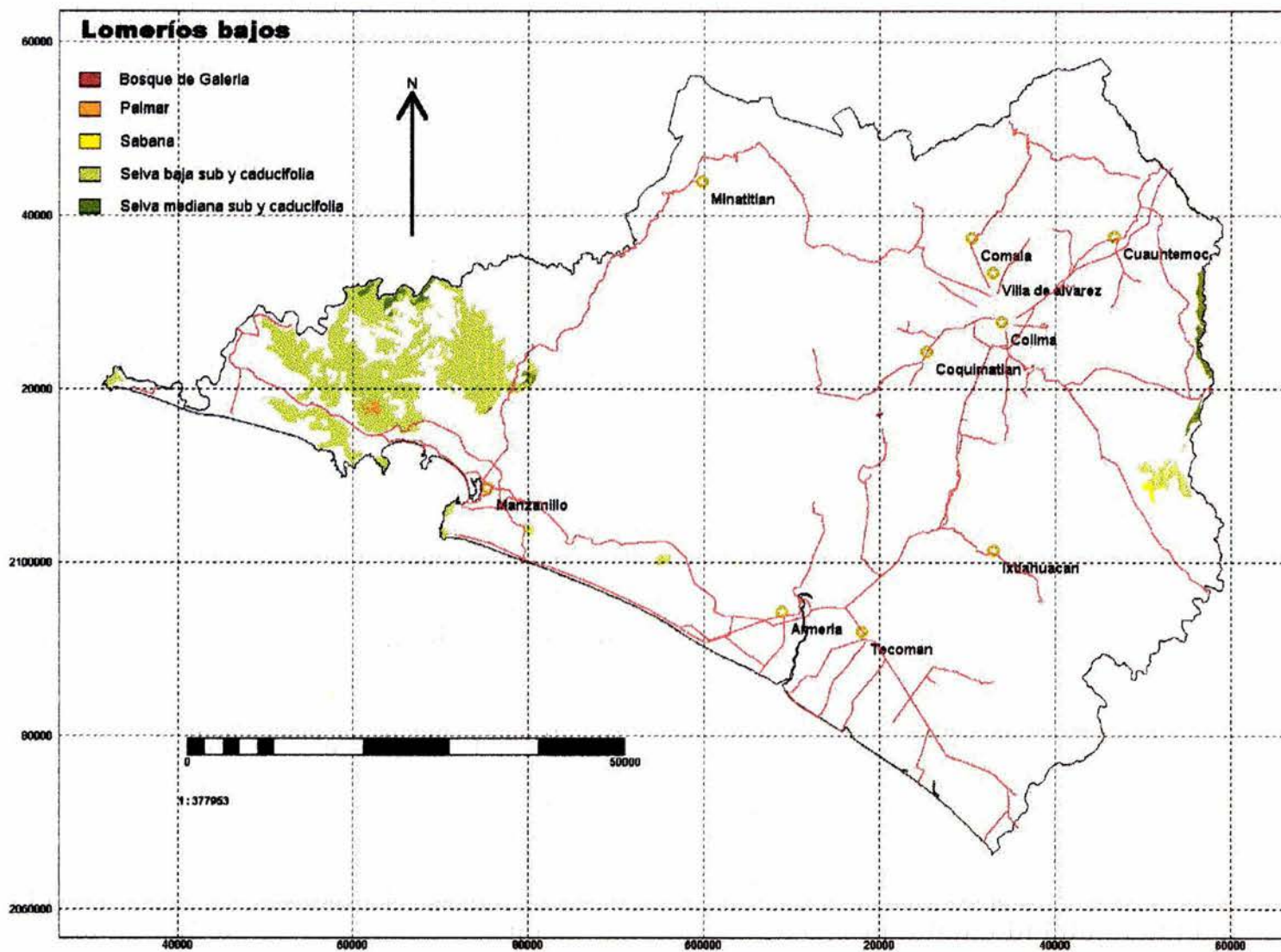
- Rebelo, A.G. 1994. Iterative selection procedures: centers of endemism and optimal placement of reserves. **Strelitzia** 1: 231-257.
- Rebelo, A.G. y W.R. Siegfried. 1992. Where should nature reserves be located in the Cape Floristic Region, South Africa? Models for the spatial configuration of a reserve network aimed at maximizing the protection of floral diversity. **Conservation biology** 6(2): 243-252.
- Reyers, B., D.H.K. Fairbanks, K.J. Wessels y A.S. Van Jaarsveld. 2002. A multicriteria approach to reserve selection: addressing long-term biodiversity maintenance. **Biodiversity and Conservation** 11: 769-793.
- Rothschild, B., E.J. Lott y A. Sanders. **A report to the Fundación Ecológica Cuixmala on the floristic surveys of 1990 -91 of the Cuixmala-cumbres and El Jabalí Reserves in Mexico.** Fundación Ecológica Cuixmala. México, D.F.
- Rzedowski, J. 1981. **Vegetación de México.** Limusa. México, D.F. 432 p.
- Rzedowski, J. 1991. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. **Acta Botanica Mexicana** 14: 3-21.
- Rzedowski, J. y R. McVaugh. 1966. La Vegetación de Nueva Galicia. **Contributions from the University of Michigan Herbarium** 9(1): 1-123.
- Sandmann, H. 2002. Mapping forest structure of dry montane forest landscapes: a cost-effective three-stage sampling design for characterizing disturbance dynamics and stand development. En: L.F. Nevenschwander y K.C. Ryan (eds.). Pp. 1-4. **The Joint Fire Science conference and workshop.** Montana.
- Schawb, A., D. Dubois, P.M. Fried y P.J. Edwards. 2002. Estimating the biodiversity of hay meadows in north-eastern Switzerland on the basis of vegetation structure. **Agriculture, Ecosystems and Environment** 93: 197-209.
- Secretaría de Comunicaciones y transporte (SCT). 2000. www.sct.gob.mx.
- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAT). 1997. **Áreas Naturales Prioritarias para la región II.** Universidad de Guadalajara. Guadalajara. 215 p.
- Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP). 1981. **Síntesis Geográfica de Colima.** Coordinación General de Estadística Geografía e Informática. México, D.F. 131 p.

- Stork N.E. 1994. Inventories of biodiversity: more than a question of numbers. En: P.L. Forey, C.J. Humphries y R.I. Vane-Wright (eds.). Pp. 81-100. **Systematic and conservation evaluation**. Systematic Association Special. Clarendon Press, Oxford.
- Toledo V.M. y M.J. Ordoñez 1998. El Panorama de la biodiversidad de México: una revisión de los hábitats terrestres. En: T.P. Ramamoorthy, A. Lot y J. Fa (comp.). Pp. 739-757. **Diversidad biológica de México**. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- Trejo, I. y R. Dirzo. 2002a. Deforestation of seasonally dry tropical forest: a national and local analysis in Mexico. **Biological Conservation** 94: 133-142.
- Trejo, I. y R. Dirzo. 2002b. Floristic diversity of Mexican seasonally dry tropical forest. **Biodiversity and Conservation** 11: 2063-2048.
- Van Jaarsveld. A.S., S. Freitag, S.L. Chown, C. Muller, S. Koch, H. Hull, C. Bellamy, M. Krüger, S. Endrödy-Younga, M.W. Mansell, C.H. Scholtz. 2002. Biodiversity Assessment and Conservation Strategies. **Nature** 279: 2106-2108.
- Verstappen, H.T. 1983. **Applied Geomorphology (Geomorphological for environmental development)**. Elsevier. Amsterdam. 437p.
- Villaseñor, J.L. y G. Ibarra-Manríquez. 1998. La riqueza arbórea de México. **Boletín del Instituto de Botánica de la Universidad de Guadalajara**. 5 (1-3): 95-105.
- Villaseñor, J.L., G. Ibarra-Manríquez, J.A. Meave y E. Ortiz. (2003). Biogeografía y conservación de los bosques tropicales húmedos de México. En: J. Llorente y J.J. Morrone (eds.). Pp. 209-216. **Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: teorías, conceptos, métodos y aplicaciones**. Facultad de ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México. D. F.
- Wessels, K.J., A.S. Van Jaarsveld, J.D. Grimbeek, M.J. Van Der Linde. 1998. An evaluation of the gradsect biological survey method. **Biodiversity and Conservation** 7: 1093-1121.
- Whittaker, R.H. 1970. **Communities and Ecosystems**. MacMillan Publishing Co. New York. EU. 386 p.

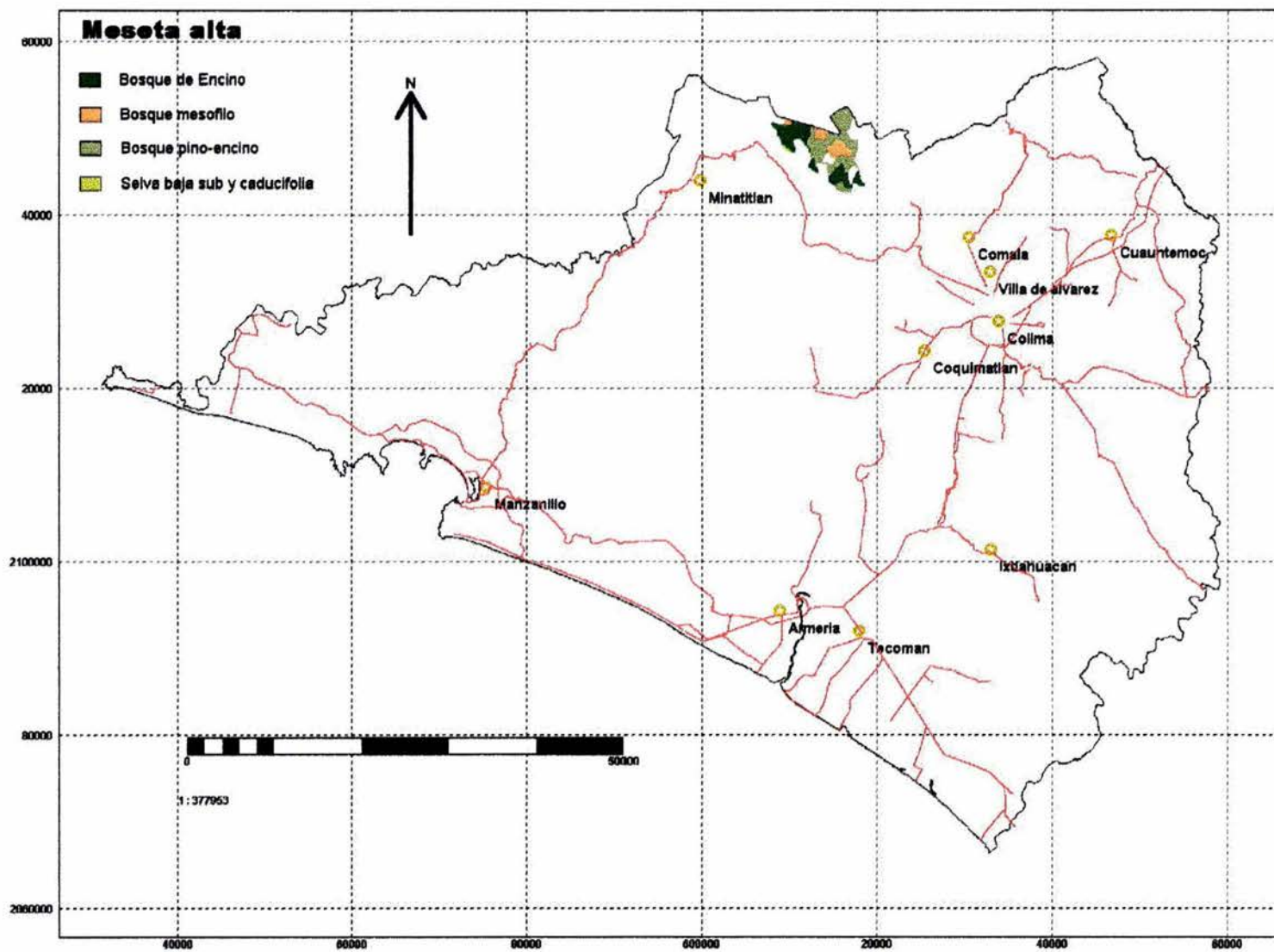
ANEXO 1. Distribución de las 53 unidades ambientales, cada mapa representa una clase geomorfológica y en colores se representan las diferentes categorías de vegetación.



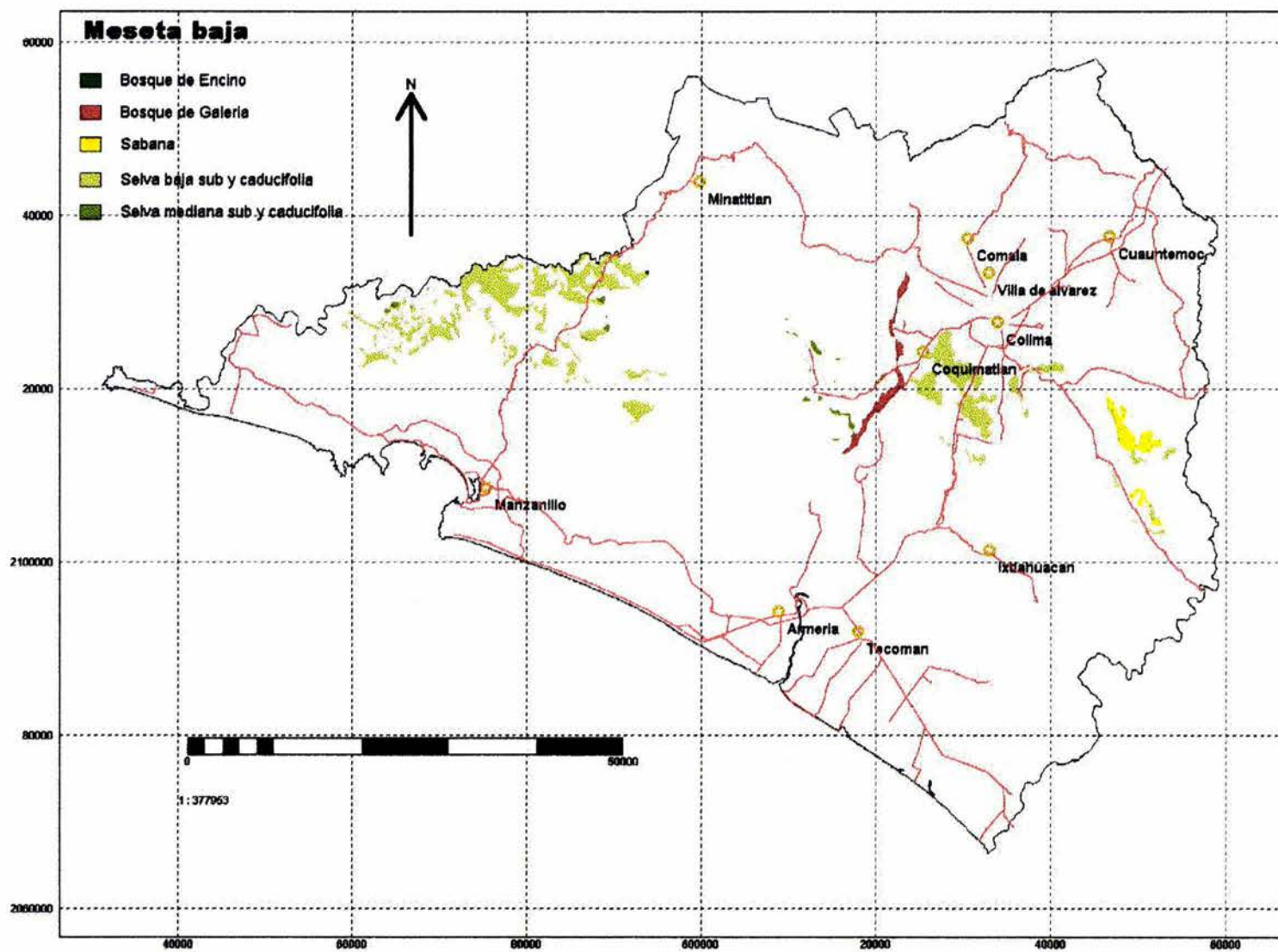
Continuación anexo 1.



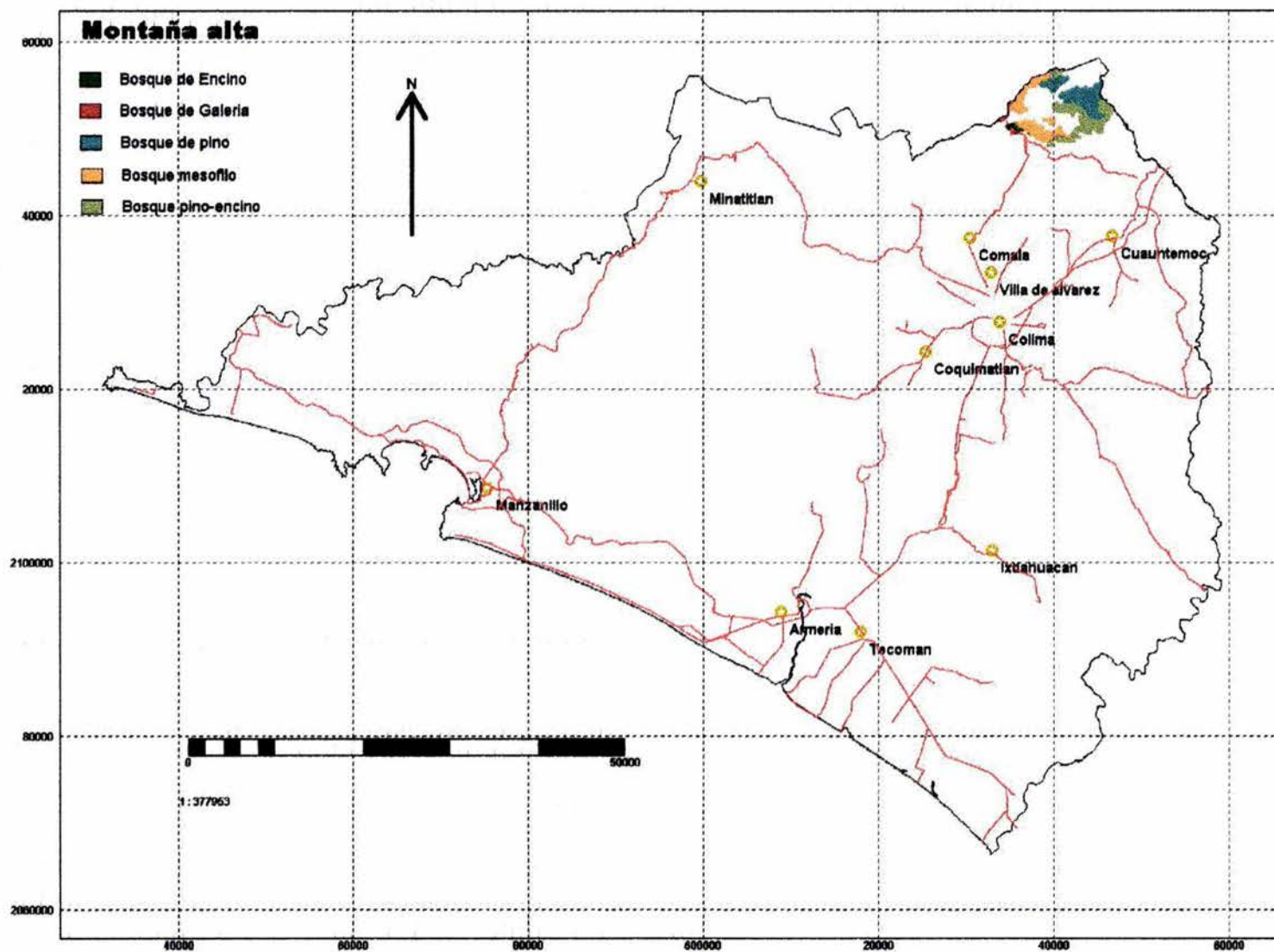
Continuación anexo 1.



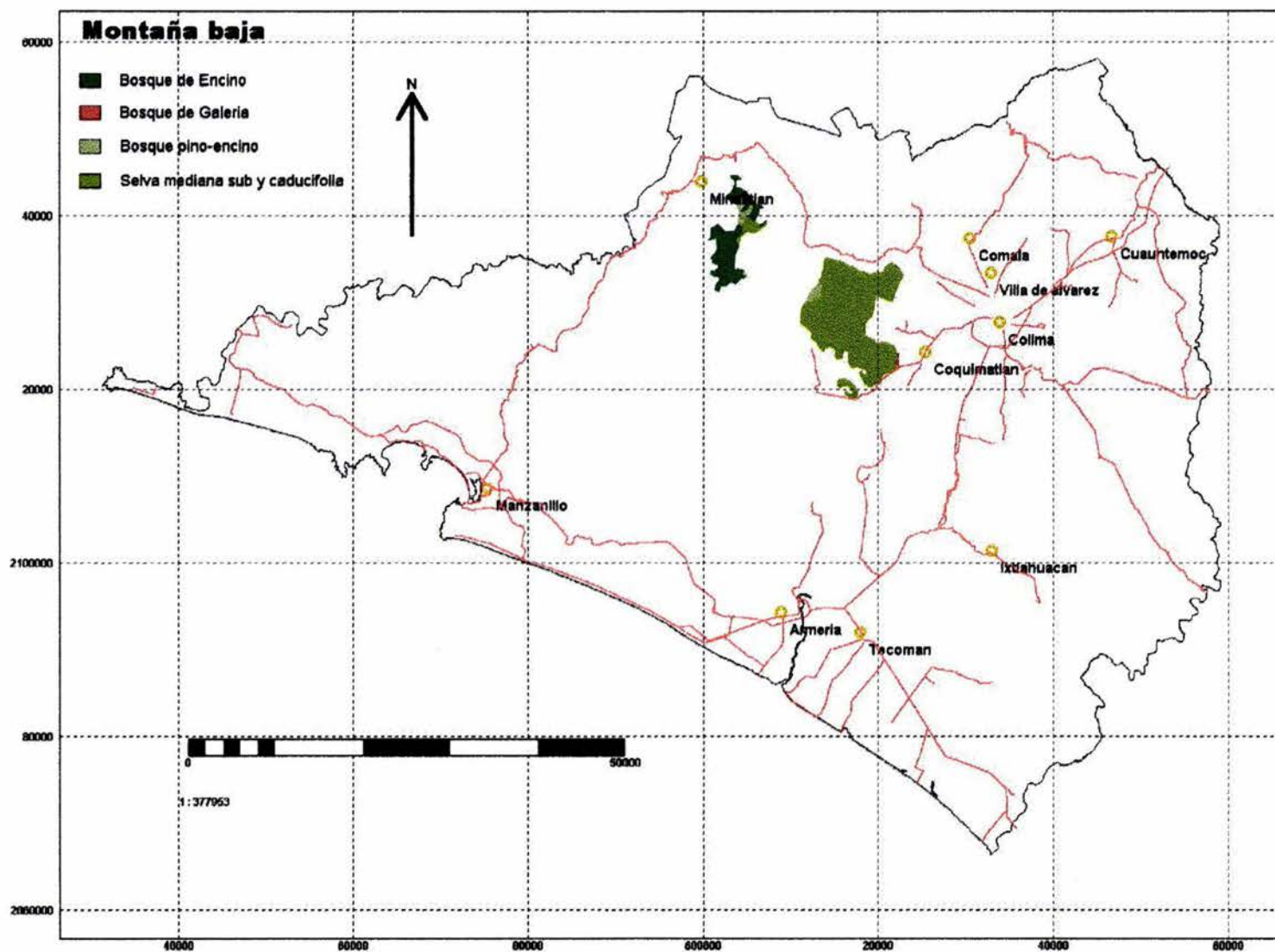
Continuación anexo 1.



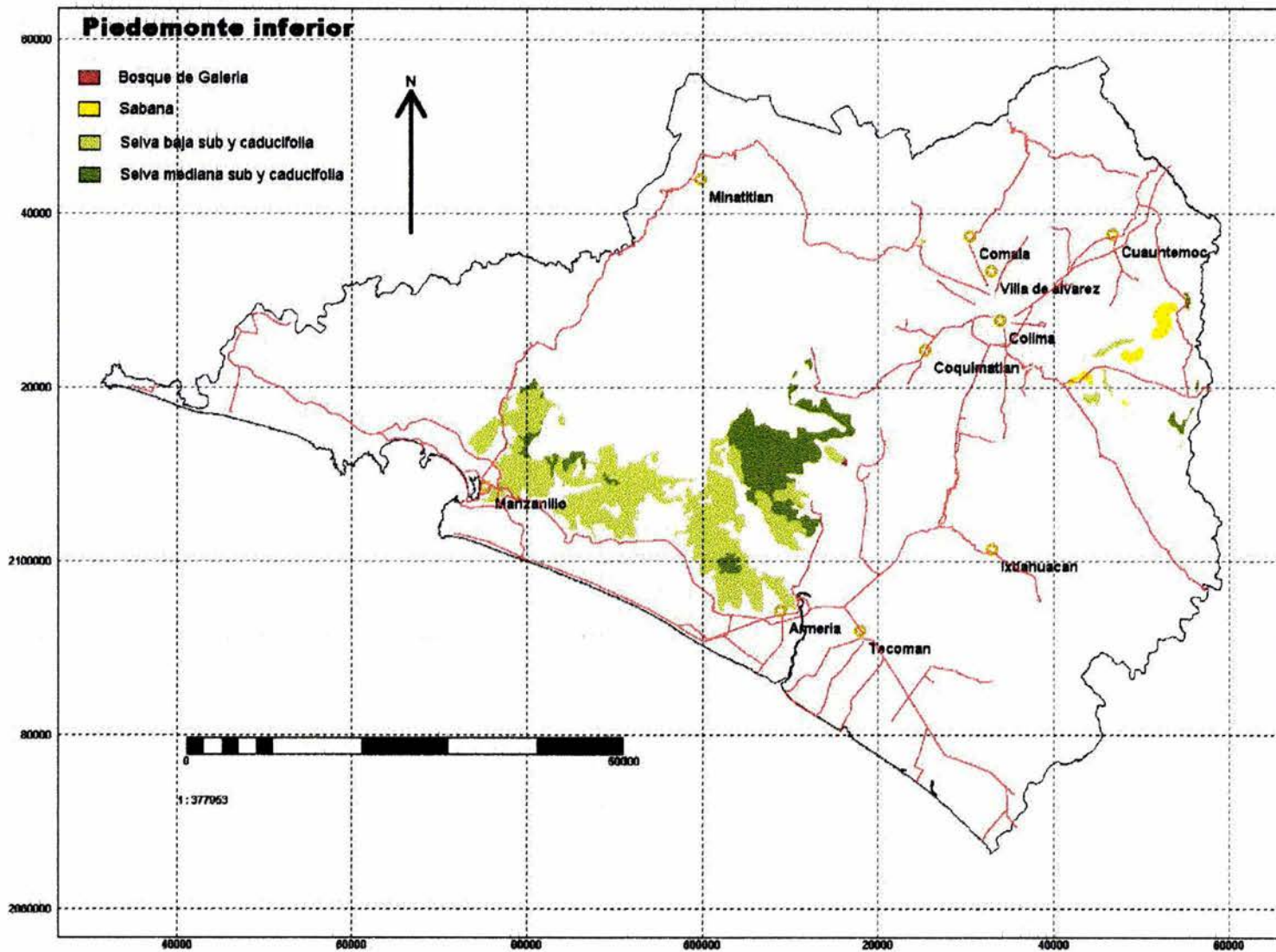
Continuación anexo 1.



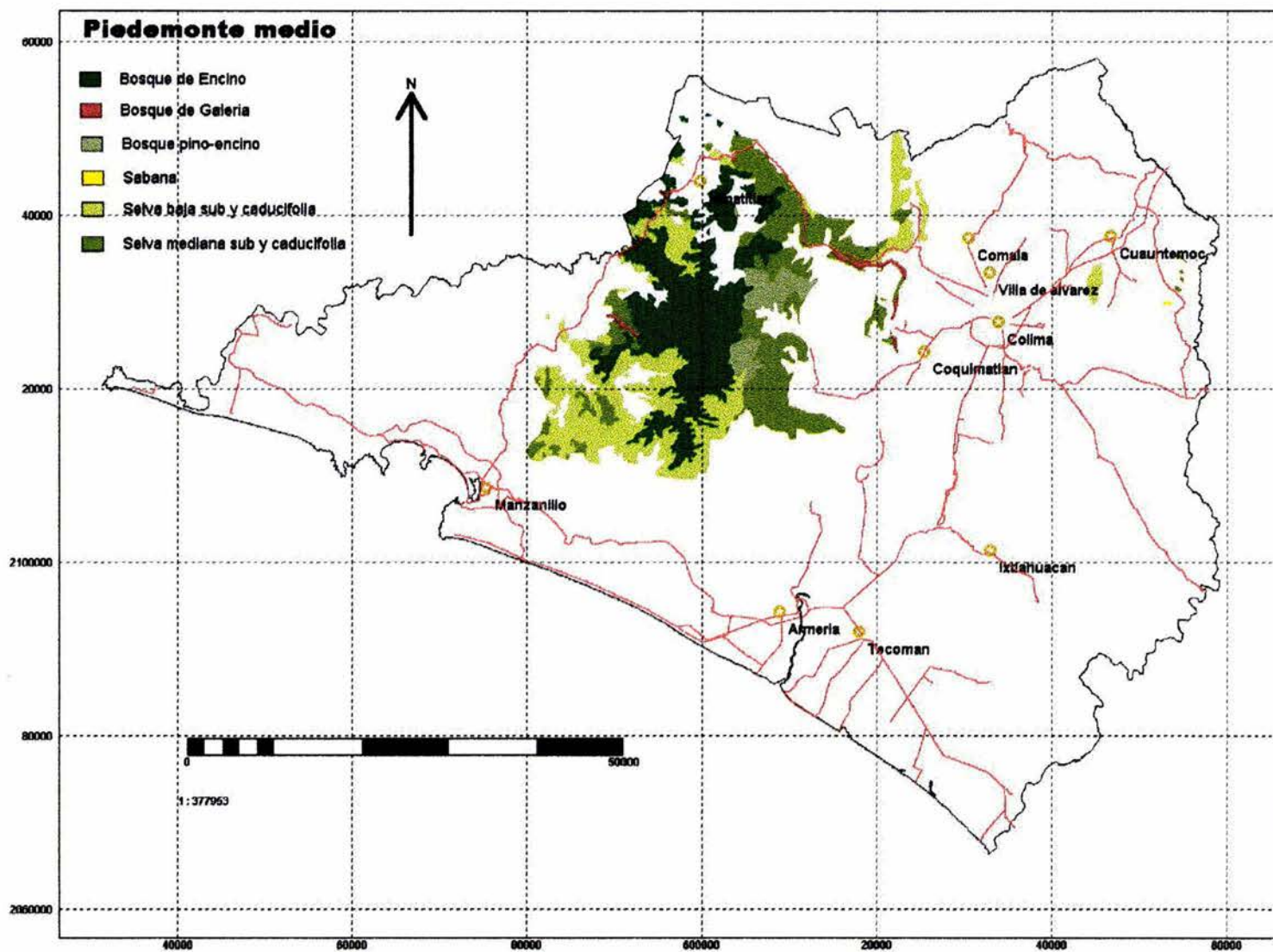
Continuación anexo 1.



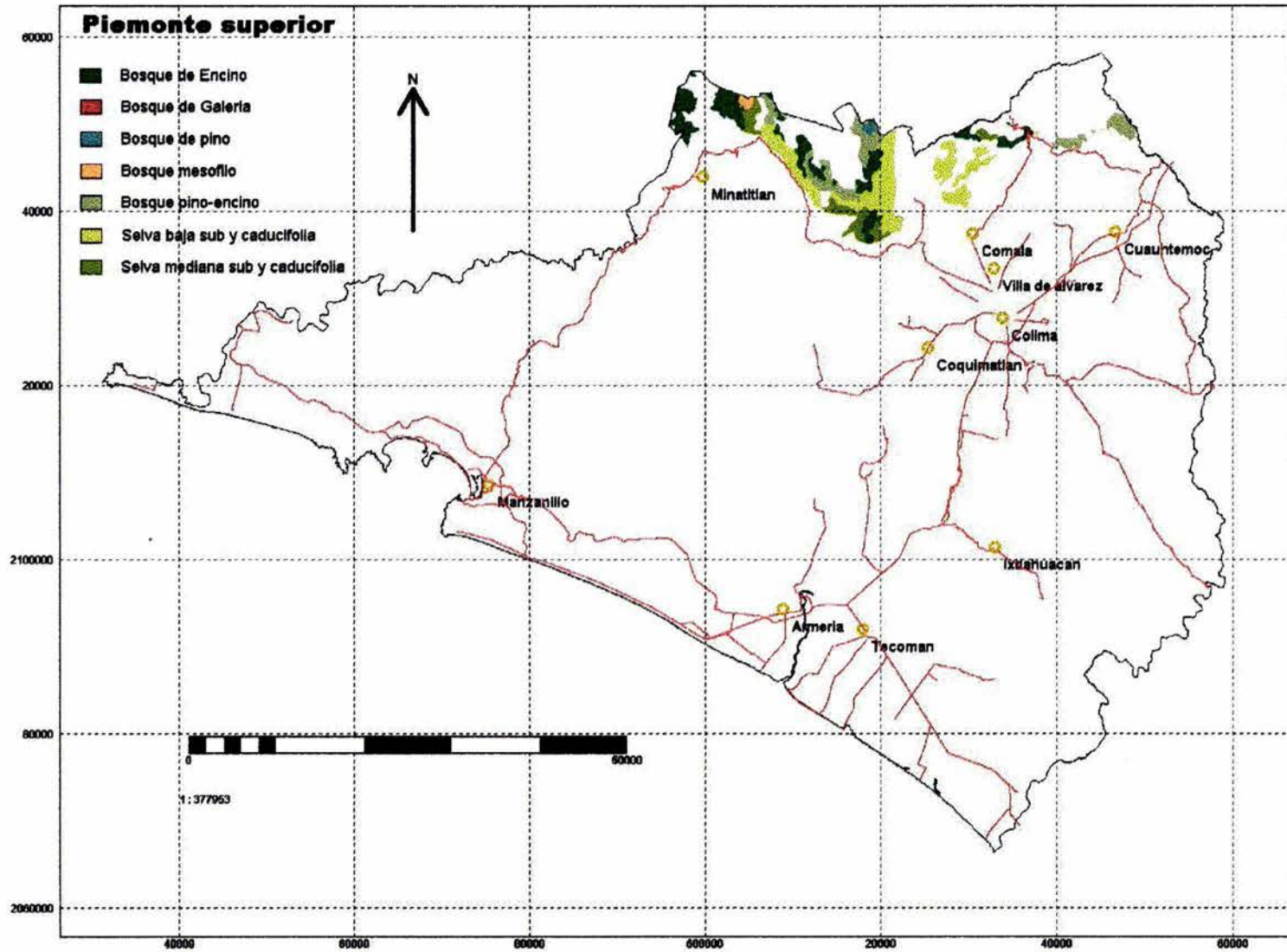
Continuación anexo 1.



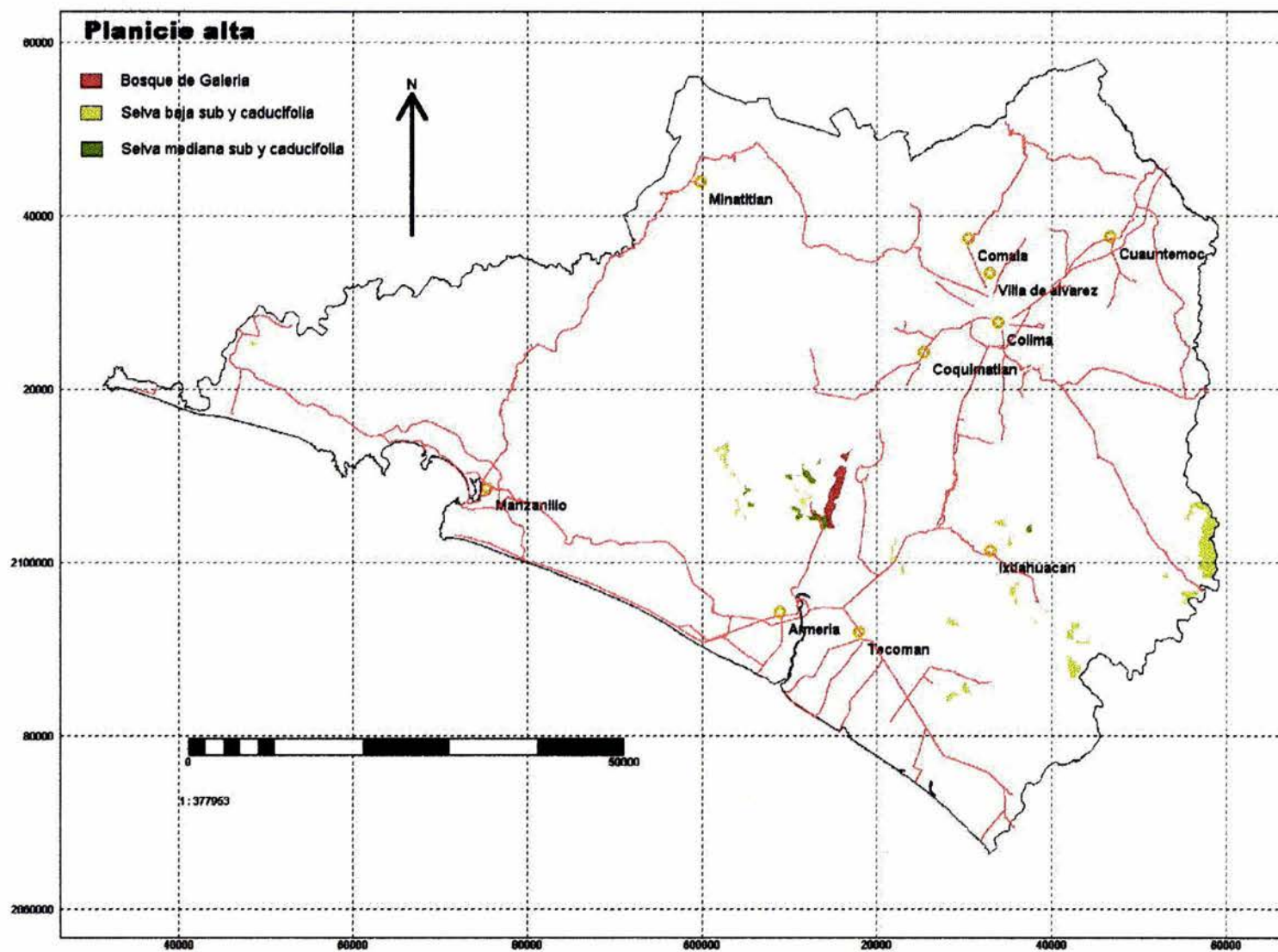
Continuación anexo 1.



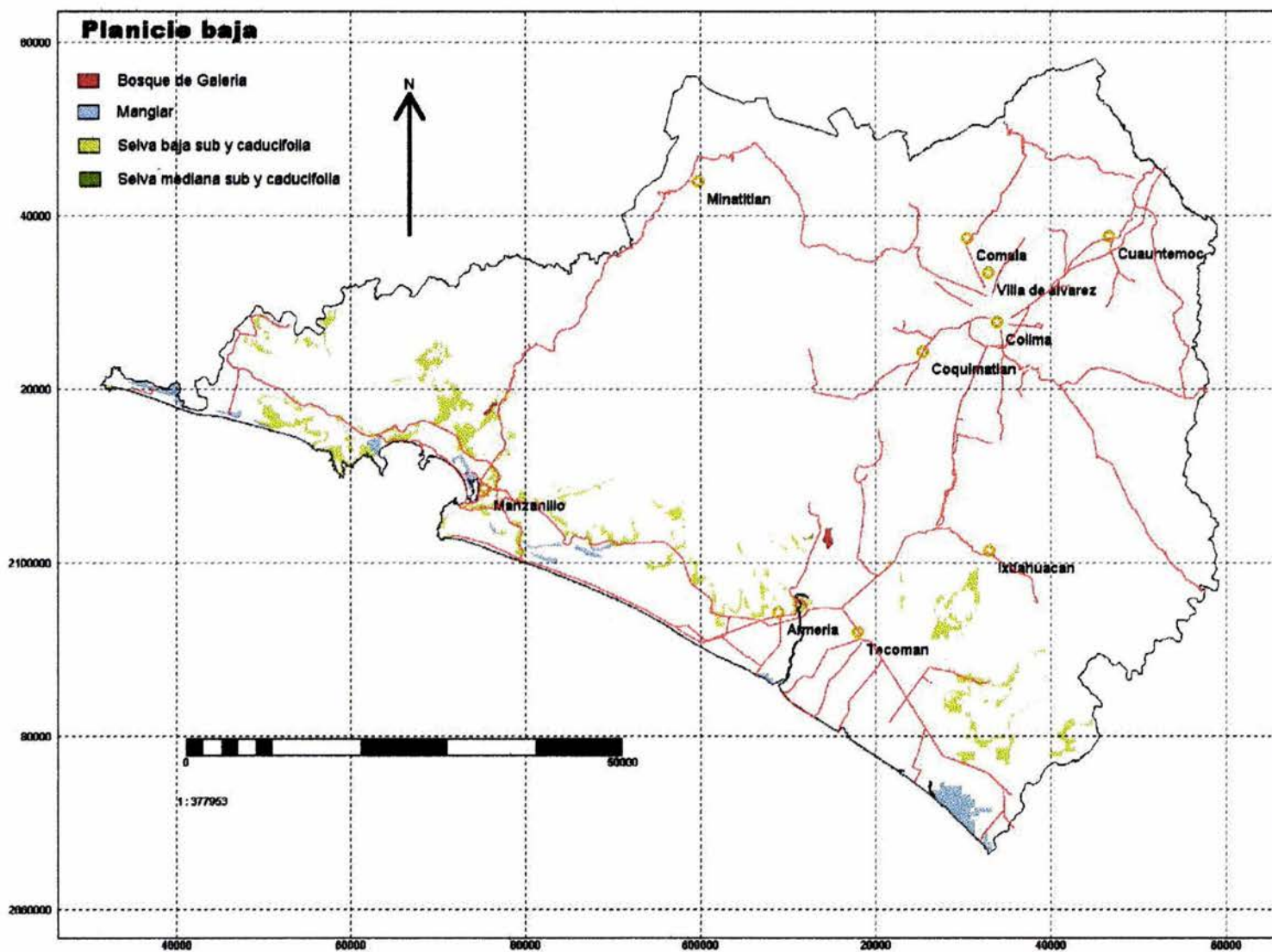
Continuación anexo 1.



Continuación anexo 1.



Continuación anexo 1.



ANEXO 2. Superficie y porcentaje de las 53 unidades ambientales determinadas para el estado de Colima. Se indica también el porcentaje relativo de cada UA dentro de los gradsectos y la diferencia entre estos porcentajes.

Unidad ambiental	Área Estatal/ %	Área Gradsecto/ %	Diferencia entre porcentajes
Lomeríos Altos * Selva baja sub y caducifolia	56482 / 10.03	10104 / 13.02	-2.99
Piedemonte Inferior * Selva baja sub y caducifolia	25755 / 4.57	3914 / 5.04	-0.47
Lomeríos Bajos * Selva baja sub y caducifolia	25629 / 4.55	9890 / 12.74	-8.19
Piedemonte Medio * Bosque de Encino	25613 / 4.55	5117 / 6.59	-2.04
Piedemonte Medio * Selva baja sub y caducifolia	23532 / 4.18	4761 / 6.13	-1.95
Piedemonte Medio * Selva mediana sub y caducifolia	20674 / 3.67	6956 / 8.96	-5.29
Meseta Baja * Selva baja sub y caducifolia	14464 / 2.57	2700 / 3.48	-0.91
Lomeríos Altos * Selva mediana sub y caducifolia	13495 / 2.4	4755 / 6.13	-3.73
Planicie Baja * Selva baja sub y caducifolia	13211 / 2.34	3115 / 4.01	-1.67
Montaña Baja * Selva mediana sub y caducifolia	10276 / 1.82	5705 / 7.35	-5.53
Piedemonte Inferior * Selva mediana sub y caducifolia	10259 / 1.82	1802 / 2.32	-0.50
Piedemonte Superior * Selva baja sub y caducifolia	6459 / 1.15	2708 / 3.49	-2.34
Piedemonte Superior * Bosque de Encino	4830 / 0.86	2432 / 3.13	-2.27
Piedemonte Medio * Bosque pino-encino	4121 / 0.73	8 / 0.01	0.72
Planicie Baja * Manglar	3489 / 0.62	1712 / 2.21	-1.59
Piedemonte Superior * Bosque pino-encino	3448 / 0.61	1075 / 1.39	-0.78
Planicie Alta * Selva baja sub y caducifolia	2948 / 0.52	271 / 0.35	0.17
Montaña Baja * Bosque de Encino	2531 / 0.45	0 / 0	0.45
Meseta Alta * Bosque pino-encino	2149 / 0.38	1491 / 1.92	-1.54
Lomeríos Altos * Bosque de Encino	1935 / 0.34	770 / 0.99	-0.65
Piedemonte Superior * Selva mediana sub y caducifolia	1921 / 0.34	560 / 0.72	-0.38
Montaña Alta * Bosque pino-encino	1755 / 0.31	421 / 0.54	-0.23
Lomeríos Bajos * Selva mediana sub y caducifolia	1675 / 0.3	89 / 0.11	0.19
Montaña Alta * Bosque de pino	1562 / 0.28	941 / 1.21	-0.93
Montaña Alta * Bosque mesófilo	1512 / 0.27	1007 / 1.3	-1.03
Meseta Alta * Bosque de Encino	1497 / 0.27	1414 / 1.82	-1.55

Continuación apéndice 1

Unidad ambiental	Área Estatal/ %	Área Gradsecto/ %	Diferencia entre porcentajes
Meseta Baja * Sabana	1452 / 0.26	668 / 0.86	-0.60
Piedemonte Inferior * Sabana	1315 / 0.23	1085 / 1.4	-1.17
Meseta Baja * Bosque de Galería	1274 / 0.23	130 / 0.17	0.06
Lomeríos Altos * Sabana	1194 / 0.21	151 / 0.19	0.02
Piedemonte Medio * Bosque de Galería	803 / 0.14	478 / 0.62	-0.48
Planicie Alta * Bosque de Galería	722 / 0.13	0 / 0	0.13
Meseta Alta * Bosque mesófilo	609 / 0.11	608 / 0.78	-0.67
Meseta Baja * Selva mediana sub y caducifolia	603 / 0.11	219 / 0.28	-0.17
Planicie Alta * Selva mediana sub y caducifolia	596 / 0.11	8 / 0.01	0.10
Montaña Baja * Bosque pino-encino	541 / 0.1	0 / 0	0.10
Planicie Baja * Bosque de Galería	251 / 0.04	0 / 0	0.04
Piedemonte Superior * Bosque mesófilo	248 / 0.04	114 / 0.15	-0.11
Piedemonte Superior * Bosque de pino	201 / 0.04	0 / 0	0.04
Lomeríos Bajos * Palmar	191 / 0.03	191 / 0.25	-0.22
Lomeríos Bajos * Sabana	159 / 0.03	0 / 0	0.03
Montaña Alta * Bosque de Encino	146 / 0.03	146 / 0.19	-0.16
Montaña Alta * Bosque de Galería	81 / 0.01	29 / 0.04	-0.03
Montaña Baja * Bosque de Galería	44 / 0.01	6 / 0.01	0.00
Planicie Baja * Selva mediana sub y caducifolia	43 / 0.01	0 / 0	0.01
Piedemonte Inferior * Bosque de Galería	39 / 0	0 / 0	0.00
Lomeríos Bajos * Bosque de Galería	35 / 0.01	0 / 0	0.01
Piedemonte Medio * Sabana	33 / 0.01	33 / 0.04	-0.03
Meseta Alta * Selva baja sub y caducifolia	29 / 0	29 / 0.04	-0.04
Lomeríos Altos * Bosque de Galería	27 / 0.01	0 / 0	0.01
Piedemonte Superior * Bosque de Galería	17 / 0	0 / 0	0.00
Meseta Baja * Bosque de Encino	17 / 0.01	0 / 0	0.01
Lomeríos Altos * Bosque de pino	1 / 0	0 / 0	0.00

ANEXO 3. Lista florística ordenada alfabéticamente de los árboles y lianas (marcadas con un asterisco) de Colima. Después de cada especie se señala entre paréntesis el tipo de vegetación (BE= Bosque de encino, BM= Bosque mesófilo de montaña, BT= Bosque de pino-encino, MA= Manglar, SB= Selva baja caducifolia y SM= Selva mediana). Los números después del tipo de vegetación indican la categoría de endemismo: 1= México y 2= Occidente de México. Los números que señalan a las morfoespecies provienen del campo identificador en la base de datos realizada para este estudio.

Anacardiaceae

Astronium graveolens Jacq. (SB, SM)
Comocladia engleriana Loes. (SB, SM)¹
Cyrtocarpa procera Kunth (SB, SM)¹
Pistacia mexicana Kunth (BE, SB)
Pseudosmodingium perniciosum (Kunth) Engl. (SB, SM)¹
Rhus terebinthifolia Schltld. & Cham. (SB)
Spondias purpurea L. (SB, SM)
 Morfoespecie 91 (SM)
 Morfoespecie 94 (SB)

Annonaceae

Annona glabra L. (MA)
A. purpurea Moc. & Sessé ex Dunal (SB, SM)
Oxandra lanceolata (Swartz) Baill. (SB, SM)
Sapranthus microcarpus (Donn. Sm.) R.E. Fr. (SB, SM)
 Morfoespecie 1 (SB, SM)

Apocynaceae

Cascabela ovata (Cav.) Lippold (SB, SM)
Forsteronia spicata (Jacq.) G. Mey. (SM)*
Plumeria rubra L. (SB, SM)
Prestonia mexicana A. DC. (SB, SM)
Stemmadenia donnell-smithii (Rose) Woodson (SB, SM)
Tonduzia longifolia (A. DC.) Pichon (SB, SM)²

Araliaceae

Aralia humilis Cav. (BM)
Dendropanax arboreum (L.) Decne. & Planch. (BM, SB)
Sciadodendron excelsum Griseb. (SB, SM)

Aristolochiaceae

Aristolochia sp. 1 (SB)*

Asclepiadaceae

Marsdenia propinqua Hemsl. (SB)*
Marsdenia sp. nov. (SB)*

Betulaceae

Carpinus tropicalis (Donn. Sm.) Lundell (BM)

Bignoniaceae

Cydista aequinoctialis (L.) Miers (SB)*
C. diversifolia (Kunth) Miers (SB)*
Macfadyena unguis-cati (L.) A.H. Gentry (SM)*
Pithecoctenium crucigerum (L.) A.H. Gentry (SB, SM)*
Tabebuia chrysantha (Jacq.) G. Nicholson (SB, SM)
T. rosea (Bertol.) A. DC. (SB)
Tecoma stans (L.) Juss. ex Kunth (SM)
 Morfoespecie 2 (SM)
 Morfoespecie 3 (SM)
 Morfoespecie 4 (SM)
 Morfoespecie 5 (SB, SM)

Bombacaceae

Ceiba aesculifolia (Kunth) Britton & Baker f. (SB, SM)
Pseudobombax ellipticum (Kunth) Dugand (SM)

Boraginaceae

Bourreria superba I.M. Johnst. (SM)
Cordia alliodora (Ruiz & Pav.) Oken (SB, SM)
C. dodecandra A. DC. (SB)
C. elaeagnoides A. DC. (SB, SM)²
C. spinescens L. (SM)
Cordia sp. 1 (SM)
 Morfoespecie 48 (BT)
 Morfoespecie 60 (SB)
 Morfoespecie 96 (SB)

Burseraceae

Bursera arborea (Rose) L. Riley (SM)¹
B. bipinnata (Sessé & Moc. ex DC.) Engl. (BE, SB)
B. citronella McVaugh & Rzed. (SB, SM)²
B. denticulata McVaugh & Rzed. (SB)²
B. excelsa (Kunth) Engl. var *acutidens* (Sprague & L. Riley) McVaugh & Rzed. (SB, SM)
B. fagaroides (Kunth) Engl. (SB, SM)
B. fragrantissima Bullock (SM)
B. grandifolia (Schltld.) Engl. (SB, SM)¹
B. heteresthes Bullock (SB)¹
B. kerberi Engl. (SB)¹
B. macvaughiana Cuevas & Rzed. (SB, SM)
B. occulta McVaugh & Rzed. (SB)
Bursera sp. 1 (SB)
Bursera sp. 2 (SB)
Bursera sp. 3 (SB)
Bursera sp. 4 (SB)

Commiphora sarcopoda (Paul G. Wilson) Rzed. & R. Palacios (SB, SM)²
Terebinthus acuminata Rose (SB)²
Morfoespecie 65 (SB)

Cactaceae

Pereskia sp. 1 (SM)
Morfoespecie 8 (SB, SM)
Morfoespecie 9 (SM)
Morfoespecie 10 (SB)
Morfoespecie 11 (SB)

Capparidaceae

Capparis angustifolia Kunth (SB)
C. incana Kunth (SM)¹
C. indica (L.) Druce (SB, SM)²
C. verrucosa Jacq. (SB, SM)
Crataeva tapia L. (SB)
Forchhammeria pallida Liebm. (SB, SM)²
Morisonia americana L. (SB, SM)
Morfoespecie 6 (SB, SM)
Morfoespecie 7 (SB)
Morfoespecie 82 (SB)
Morfoespecie 90 (SB)

Caprifoliaceae

Viburnum sp.1 (BM)

Caricaceae

Jacaratia mexicana A. DC. (SB, SM)

Celastraceae

Crossopetalum scoparium Kuntze. (SB, SM)
Elaeodendron trichotomum (Turcz.) Lundell (BM)
Rhacoma sp.1 (SB, SM)
Schaefferia frutescens Jacq. (SM)
Wimmeria lanceolata Rose (BE, SB)²
Zinowiewia concinna Lundell (BM)¹
Morfoespecie 54 (SB, SM)
Morfoespecie 72 (SM)

Clethraceae

Clethra rosei Britton (BM)¹

Cochlospermaceae

Cochlospermum vitifolium (Willd.) Spreng. (SB, SM)

Combretaceae

Combretum fruticosum (Loefl.) Stuntz (SB, SM)
C. laxum Jacq. (SB)
Laguncularia racemosa (L.) C.F. Gaertn. (MA)

Compositae

Senecio sp. 1 (SM)
Senecio sp. 2 (BM)
Verbesina sp. 1 (BM)
Viguiera sp. 1 (BM)
Morfoespecie 12 (SB, SM)
Morfoespecie 13 (SB)
Morfoespecie 14 (SB, SM)
Morfoespecie 15 (SB, SM)

Morfoespecie 16 (BM)
Morfoespecie 17 (SB, SM)
Morfoespecie 18 (SB)
Morfoespecie 19 (SB)
Morfoespecie 52 (SB)
Morfoespecie 80 (SB)
Morfoespecie 87 (SB, SM)

Connaraceae

Rourea glabra Kunth (SB, SM)

Convolvulaceae

Ipomoea wolcottiana Rose (BT, SB, SM)
Ipomoea sp 1 (SM)
Ipomoea sp. 2 (SB)
Morfoespecie 20 (BE)

Ebenaceae

Diospyros latifolia Gürke (SB, SM)¹
D. oaxacana Standl. (SB)
Diospyros sp. 1 (BE, SB, SM)

Erythroxylaceae

Erythroxylon mexicanum Kunth (SB, SM)
E. pallidum Rose (SB, SM)

Euphorbiaceae

Acalypha sp. 1 (SB)
Acalypha sp. 2 (SM)
Bernardia sp. 1 (SB)
Bernardia sp. 2 (BE)
Bernardia sp. 3 (SB, SM)
Bernardia sp. 4 (SB, SM)
Cnidioscolus spinosus Lundell (SB, SM)²
Croton flavescens Greenm. (SB)
C. fragilis Kunth (SB)
C. niveus Jacq. (SB)
C. pseudoniveus Lundell (SB)
C. roxanae Croizat (SB, SM)
Croton sp.1 (SB, SM)
Croton sp. 2 (SB)
Croton sp. 3 (SB)
Dalembertia populifolia Müll. Arg. (SB, SM)
Euphorbia colletioides Benth. (SM)
E. macvaughii Carvajal & Lomelí (SB)²
Jatropha bartlettii Wilbur (SB)²
J. curcas L. (SB)
Jatropha sp. 1 (SB)
Jatropha sp. 2 (SB)
Manihot chlorosticta Standl. & Goldm. (SB)
M. michaelis McVaugh (SB, SM)²
Margaritaria nobilis L.f. Müell. Arg. (BM)
Pedilanthus calcaratus Schldl. (SB)¹
Phyllanthus mocinianus Baill. (SB, SM)²
Sapium macrocarpum Müll. Arg. (SB, SM)²
Morfoespecie 76 (SB)

Fagaceae

Quercus castanea Née (BT)
Q. excelsa Liebm. (BM)
Q. glaucescens Humb. & Bonpl. (BE, SM)¹
Q. insignis M. Martens & Galeotti (BT)

Q. laeta Liebm. (BE)
Q. potosina Trel. (BE)
Q. resinosa Liebm. (BE, SB)¹
Q. rugosa Née (BT)
Q. salicifolia Née (BE)
Q. scytophylla Liebm. (BM)¹
Q. uxoris McVaugh (BT)

Flacourtiaceae

Casearia nitida (L.) Jacq. (SB, SM)
C. sylvestris Sw. (SM)
C. tremula (Griseb.) Griseb. ex C. Wright (SB, SM)
Prockia crucis P. Browne ex L. (SM)
Xylosma flexuosa (Kunth) Hemsl. (BE, BT, SB)
Morfoespecie 98 (SB)

Garryaceae

Garrya longifolia Rose (BE, BT)¹

Gramineae

Otatea acuminata (Munro) C.E. Calderón & Soderstr. (SB)

Guttiferae

Clusia salvinii Donn. Sm. (BE, BM)

Hernandiaceae

Gyrocarpus jatrophifolius Domin (SB, SM)

Hippocrateaceae

Hemiangium excelsum (Kunth) A.C. Sm. (SB, SM)
Pristimera celastroides (Kunth) A.C. Sm. (SM)

Julianaceae

Amphipterygium adstringens (Schltdl.) Standl. (SB)¹

Lauraceae

Litsea glaucescens Kunth (BT)
Nectandra salicifolia (Kunth) Nees (SB, SM)
Persea hintonii C. K. Allen (BM)¹

Leguminosae

Acacia glomerosa Benth. (BE, SB, SM)
A. macracantha Humb. & Bonpl. ex Willd. (SB, SM)
A. pennatula (Schltdl. & Cham.) Benth. (BE, BT, SB)
A. riparia Kunth (SB)
Acacia sp. 1
Aeschynomene amorphoides (S. Watson) Rose ex B.L. Rob. (SM)¹
A. tomentosa (Micheli) Standl. (SB, SM)
Apoplanesia paniculata C. Presl (SB, SM)
Bauhinia cookii Rose (SB)
B. subrotundifolia Cav. (SB)¹
Brogniartia sp. 1 (BE)
Caesalpinia cacalaco Bonpl. (SB, SM)¹
C. caladenia Standl. (SB)
C. coriaria (Jacq.) Willd. (SB, SM)
C. eriostachys Benth. (SB, SM)
C. platyloba S. Watson (SB, SM)¹

C. pulcherrima (L.) Sw. (SB)
C. sclerocarpa Standl. (SB)¹
Conzattia multiflora (B.L. Rob.) Standl. (SB)¹
Coursetia glandulosa A. Gray (SB, SM)
Dalbergia congestiflora Pittier (SB, SM)¹
D. granadillo Pittier (SB, SM)
Desmodium sumichrastii (Schltdl.) Standl. (BM)
Diphysa suberosa S. Watson (BE)¹
D. thurberi (A. Gray) Rydb. ex Standl. (BE)
Entada patens (Hook. & Arn.) Standl. (SM)
Entadopsis polystachya (L.) Britton (BE, SB, SM)
Enterolobium cyclocarpum (Jacq.) Griseb. (SB, SM)
Erythrina lanata Rose (SB, SM)¹
Eysenhardtia platycarpa Pennell & Saff. (BE, BT, SB)²
E. punctata Pennell (BT)
Gliricidia sepium (Jacq.) Kunth ex Walp. (SB, SM)
Haematoxylum brasiletto H. Karst. (SB)
Hesperalbizia occidentalis (Brandege) Barneby & J. W. Grimes (SB, SM)¹
Inga eriocarpa Benth. (BM)
Leucaena cuspidata Standl. (BM)
L. lanceolata S. Watson (SB, SM)¹
L. aff. leucocephala (Lam.) de Wit (SB, BM)
L. macrophylla Benth. (SB, SM)¹
Lonchocarpus caudatus Pittier (SB, SM)
L. cochleatus Pittier (SB, SM)
L. constrictus Pittier (SB, SM)²
L. eriocarinalis Micheli (SB)²
L. guatemalensis Benth. (SB, SM)
L. mutans M. Sousa (SB)²
Lonchocarpus sp. 1 (SM)
Lysiloma acapulcense (Kunth) Benth. (BE, SB, SM)
Lysiloma microphyllum Benth. (BE, SB, SM)¹
Lysiloma tergeminum Benth. (SB)¹
Lysiloma sp. 1 (SM)
Machaerium salvadorensis (Donn. Sm.) Rudd. (SM)
Mimosa albida Humb. & Bonpl. ex Willd. (SB)
M. benthamii J. F. Macbr. (SB)
Myroxylon peruiferum L.f. (SB, SM)
Nissolia leiogyne Sandwith (SB)
Piptadenia constricta (Micheli & Rose ex Micheli) J. F. Macbr. (SB, SM)
Piscidia carthagenensis Jacq. (SB, SM)
P. grandifolia (Donn. Sm.) I.M. Johnst. var. *glabrescens* Sandwith (SB)¹
Pithecellobium dulce (Roxb.) Benth. (SB)
P. lanceolatum Benth. (SB)
P. unguis-cati (L.) Benth. (SB)
Platymiscium lasiocarpum Sandwith (SB, SM)¹
Poeppigia procera C. Presl (SB)
Prosopis juliflora (Sw.) DC. (SB)
Rynchosia discolor M. Martens & Galeotti (BE)
Senna alata (L.) Roxb. (SB, SM)
S. atomaria (L.) H.S. Irwin & Barneby (SB)
S. centranthera H.S. Irwin & Barneby (BE, BT, SB)¹
S. holwayana (Rose) H.S. Irwin & Barneby (SB, SM)
Tephrosia multiflora Rose (SB, SM)
Willardia mexicana (S. Watson) Rose (SB)
Zapoteca formosa (Kunth) H.M. Hern. (SB)
Morfoespecie 21 (SB)
Morfoespecie 22 (SM)
Morfoespecie 23 (SB)

Morfoespecie 24 (SM)
Morfoespecie 26 (SM)
Morfoespecie 27 (BM)
Morfoespecie 28 (SB)
Morfoespecie 29 (SM)
Morfoespecie 30 (SB, SM)
Morfoespecie 31 (SB)
Morfoespecie 32 (SM)
Morfoespecie 34 (BT, SM)
Morfoespecie 35 (BT, SB)
Morfoespecie 36 (SB)
Morfoespecie 38 (SB)
Morfoespecie 39 (SB)
Morfoespecie 97 (SB)
Morfoespecie 99 (SB)

Loganiaceae

Strychnos nigricans Progel. (SB)

Malpighiaceae

Bunchosia lindeniana A. Juss. (SB)
B. palmeri S. Watson (BE, SB, SM)¹
Callaeum malpighioides (Turcz.) D.M. Johnson (SB, SM)
Heteropterys sp. 1 (SB, SM)*
Hiraea reclinata Jacq. (SB)*
Malpighia mexicana A. Juss. (SB)
M. ovata Rose (SB)²
M. wilburiorum W.R. Anderson (SM)²
Morfoespecie 42 (SB)
Morfoespecie 43 (SB)
Morfoespecie 44 (SB)
Morfoespecie 45 (SB)
Morfoespecie 73 (SM)

Malvaceae

Hampea tomentosa (C. Presl) Standl. (SB)¹
Morfoespecie 41 (SB)

Meliaceae

Cedrela salvadorensis Standl. (SM)
Swietenia humilis Zucc. (SB)
Trichilia hirta L. (SM)
T. trifolia L. (SB)
Trichilia sp. 1 (SM)
Morfoespecie 83 (SM)

Menispermaceae

Hyperbaena ilicifolia Standl. (SB)²
Morfoespecie 88 (SB)

Moraceae

Brosimum alicastrum Sw. (SM)
Ficus aurea Nutt. (BE)
F. cotinifolia Kunth (SB, SM)
F. insipida Willd. (MA)
F. kellermanii Standl. (SB, SM)
F. obtusifolia Kunth (SB, SM)
F. pertusa L.f. (SB)
F. petiolaris Kunth (SM)
F. trigonata L. (SM)
Maclura tinctoria (L.) D. Don ex Steud. (SB)

Myrtaceae

Eugenia capuli (Schltdl. & Cham.) Hook, & Arn. (BE, SM)
E. salamensis Donn. Sm. (SB)
Myrcianthes fragrans (Sw.) McVaugh (SB)

Nyctaginaceae

Neea psychotrioides Donn. Sm. (SB, SM)
Pisonia aculeata L. (SB, SM)*
Pisoniella arborescens (Lag. & Rodr.) Standl. (SB)

Oliaceae

Schoepfia flexuosa (Ruiz & Pav.) Schult. (BM)

Oleaceae

Fraxinus uhdei (Wenz.) Lingelsh. (BE, BM, SB)

Palmae

Brahea dulcis (Kunth) M. Martens (SM)
Orbignya guacuyule (Liebm. ex M. Martens) Hern.-Xol. (SM)

Passifloraceae

Passiflora mexicana Juss. (SB)*

Phytolacaceae

Achatocarpus gracilis H. Walter (SB)
Agdestis clematidea Moc. & Sessé ex DC. (SM)*
Ledenbergia macrantha Standl. (SM)
Trichostigma octandrum (L.) H. Walter (SB)

Pinaceae

Pinus douglasiana Martínez var. *maximinoi* (H.E. Moore) Silba (BT)

Piperaceae

Piper abalienatum Trel. (SB, SM)²
P. michelianum C. DC. (SB)²

Polygonaceae

Coccoloba barbadensis Jacq. (SB)
C. liebmanni Lindau (SM)
Ruprechtia fusca Fernald (SB, SM)¹

Rhamnaceae

Colubrina elliptica (Sw.) Brizicky & W.L. Stern (SB)
Gouania rosei Wiggins (SB)
G. stipularis DC. (SB)
Karwinskia latifolia Standl. (SM)
Rhamnus capreifolia Schltdl. (SM)¹
Ziziphus mexicana Rose (SB, SM)¹

Rhizophoraceae

Rhizophora mangle L. (MA)

Rosaceae

Prunus brachybotrya Zucc. (BM)

Rubiaceae

Exostema caribaeum (Jacq.) Roem. & Schult. (SB, SM)
E. mexicanum A. Gray (SM)
Guettarda elliptica Sw. (SB, SM)

Hamelia patens Jacq. (SM)
Hintonia latiflora (Sessé & Moc. ex DC.) Bullock
(SB, SM)
H. standleyana Bullock (SB)
Randia aculeata L. (SB)
R. armata (Sw.) DC. (SB, SM)
R. capitata DC. (BT, SB, SM)¹
R. tetraacantha (Cav.) DC. (SB, SM)¹
Randia sp. 1 (SB, SM)
Rondeletia buddleioides Benth. (SB)
R. sp. 1 (BM)
Morfoespecie 46 (SB)
Morfoespecie 47 (SB)
Morfoespecie 49 (BT)
Morfoespecie 50 (SM)
Morfoespecie 51 (BM)

Rutaceae

Esenbeckia berlandieri Baill. Ex Hemsl. (SB)¹
Helietta lottiae F. Chiang (SB)
Ptelea trifoliata L. (BE, SB)
Zanthoxylum arborescens Rose (SM)
Z. caribaeum Lam. (SB, SM)
Z. fagara (L.) Sarg. (SB, SM)
Morfoespecie 55 (SM)
Morfoespecie 56 (SB)

Sapindaceae

Cupania glabra Sw. (SM)
Paullinia cururu L. (SB, SM)
Serjania brachycarpa A. Gray ex Radlk. (SB, SM)
Serjania sp. 1 (BM)
Thouinia serrata Radlk. (BE, SB, SM)²
Thouinidium decandrum (Bonpl.) Radlk. (SB, SM)
Morfoespecie 104 (SB)

Sapotaceae

Pouteria sp. 1 (SB)
Sideroxylon capiri (A. DC.) Pittier (SB, SM)
S. celastrinum (Kunth) T.D. Penn. (SB)
S. persimile (Hemsl.) T.D. Penn. (SB)

Simaroubaceae

Alvaradoa amorphoides Liebm. (SB, SM)
Picramnia locuples Standl. (SM)
Recchia mexicana Moc. & Sessé ex DC. (SB,
SM)¹
Morfoespecie 58 (SB)

Smilacaceae

Smilax sp. 1 (SB)

Solanaceae

Solandra nitida Zucc. (BM, SB, SM)
Morfoespecie 59 (SB)
Morfoespecie 61 (SB)
Morfoespecie 68 (BM)
Morfoespecie 69 (SB)

Sterculiaceae

Guazuma ulmifolia Lam. (BE, SB, SM)

Theaceae

Temstroemia lineata DC (SB)¹

Theophrastaceae

Jacquinia macrocarpa Cav. (SB, SM)

Tiliaceae

Heliocarpus donnellsmithii Rose (SB, SM)
H. occidentalis Rose (SB)¹
H. terebinthinaceus (DC.) Hochr. (BM, SB, SM)¹
Luehea speciosa Willd. (SB, SM)

Ulmaceae

Aphananthe monoica (Hemsl.) J.-F. Leroy (SB)
Celtis caudata Planch. (SB, SM)
C. iguanaea (Jacq.) Sarg. (SB, SM)
Trema micrantha (L.) Blume (BM)

Urticaceae

Myriocarpa longipes Liebm. (BM, SB, SM)
Pouzolzia palmeri S. Watson (BM)¹
Pouzolzia sp. 1 (SB)
Urera baccifera (L.) Gaudich. ex Wedd. (SB, SM)
U. caracasana (Jacq.) Griseb. (SB, SM)

Verbenaceae

Avicennia germinans (L.) L. (MA)
Citharexylum affine D. Don (SM)
C. hexangulare Greenm. (SB, SM)
Lippia umbellata Cav. (BE, BT, SB, SM)
Morfoespecie 64 (BE, SB)
Morfoespecie 102 (BE)

Vitaceae

Ampelocissus acapulcensis (Kunth) Planch. (BM, SM)
Cissus rhombifolia Vahl. (SB)
C. verticillata (L.) Nicolson & C.E. Jarvis (SB)
Parthenocissus quinquefolia (L.) Planch. (BE)
Vitis berlandieri Planch. (BT)
V. tiliaefolia Willd. (BE, SM)

Zigophyllaceae

Guaiacum coulteri A. Gray (SB)

Desconocidas

Morfoespecie 29 (BM)
Morfoespecie 53 (SB, BM)
Morfoespecie 70 (SM)
Morfoespecie 75 (SB)
Morfoespecie 77 (SB)
Morfoespecie 79 (SM)
Morfoespecie 86 (SB)
Morfoespecie 93 (SB)