



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

Centro de Investigaciones en Ecosistemas

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD FLORÍSTICA
DE LA SELVA BAJA CADUCIFOLIA
DEL ESTADO DE COLIMA, MÉXICO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

**MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
(BIOLOGÍA AMBIENTAL)**

P R E S E N T A

MARÍA DE LAS NIEVES BARRANCO LEÓN

DIRECTOR DE TESIS: DR. GUILLERMO IBARRA MANRÍQUEZ

MÉXICO, D.F.

MARZO 2008



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.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México campus Morelia, todo el apoyo brindado para los estudios y la realización de la tesis de grado; a mi asesor el Dr. Guillermo Ibarra-Manríquez la oportunidad de entrar al posgrado en Ciencias Biológicas de la UNAM, así como su apoyo y su paciencia en el desarrollo de esta tesis. Asimismo, agradezco al Dr. Jorge Arturo Meave del Castillo, al Dr. Miguel Martínez Ramos, a la Dra. Rosa Irma Trejo Vázquez y a la Dra. Yvonne Herrerías Diego por sus correcciones en la elaboración de mi tesis. En especial, quiero mencionar al Dr. Meave por todos sus comentarios, explicaciones y sugerencias que me ayudaron a entender y mejorar gran parte de mi trabajo.

Este trabajo formó parte del proyecto de Selección de áreas prioritarias para la conservación de comunidades arbóreas de Colima, México, apoyado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología clave 33067-V, período 2002-2004. Muchas gracias al CONACyT por la beca otorgada para hacer la maestría (No. de registro 172963), porque sin ella no hubiese sido posible la realización de la misma.

AGRADECIMIENTOS PERSONALES

Al iniciar este nuevo ciclo, encontré gente en el camino que me ayudó de diferentes formas y a todos tengo algo que agradecer hoy que termina este periodo de aprendizaje:

A la gente del Salado en Jolalpan, Puebla; por toda su ayuda y apoyo, gracias a Don Toño, a Doña Adelina y a Miriam. Me hubiera gustado mucho terminar mi proyecto de maestría en el Salado y siempre seguiré estando en deuda con ustedes.

A mis compañeros de laboratorio: Roberto Carlos Sáyago Lorenzana, Juan Martínez Cruz, Miguel Ángel Salinas Melgoza, Eva María Cúe Bar y Fernando Pineda García, gracias por todos los buenos momentos compartidos. A Chucho, Fernando, Leo, Sandra y Sofía, ¡gracias por toda la diversión!

Al Dr. Mauricio Quesada, al Dr. Alejandro Casas y al Dr. Miguel Martínez Ramos por ser fuente de aprendizaje y motivación.

A la Dra. Yvonne Herrerías Diego y a la M. en C. Aurora Lemus Albor su ayuda en los análisis estadísticos.

A mis amigos Roberto y Aurora, por ser el impulso esencial y constante para la culminación de este trabajo. ¡Gracias por toda su amistad!

A la familia Sáyago Lorenzana, por darme hospitalidad durante mi última estancia en Morelia para la elaboración de esta tesis, por su ayuda desinteresada y por toda su alegre convivencia.

A Abraham, Beto y Miky, gracias por abrirme la puerta de su casa y la de su amistad.

A mi hermano Lázaro por su afecto constante, por su motivación, por escuchar mis silencios y tratar de entenderlos. A mis primos Felipe, Miguel y Marcos y a mi tía Guillermina por todo su aprecio.

A mis amigos en Puebla: Betty, Roxana, Laura, Alejandro Carranza y al Dr. Alejandro Camacho por todo su apoyo, su alegría y compañía en todos los años que llevamos de conocernos.

A mis padres

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	ii
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
ÍNDICE	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Distribución y diversidad de la selva baja caducifolia	1
1.2 Factores asociados a la riqueza de la selva baja caducifolia	2
1.3 Problemática de conservación de la selva baja caducifolia.....	4
1.4 Justificación.....	4
1.5 Objetivos.....	5
1.5.1 Objetivo general.....	5
1.5.2 Objetivos particulares.....	5
II. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	6
2.1 Fisiografía y geología.....	6
2.2 Clima.....	6
2.3 Suelos.....	7
2.4 Tipos de vegetación.....	7
III. MÉTODOS	9
3.1 Sitios de estudio.....	9
3.2 Muestreo.....	12
3.3 Análisis de estructura.....	12
3.4 Análisis de diversidad.....	13
3.5 Variables climáticas.....	15
IV. RESULTADOS	16
4.1 Diversidad y florística.....	16

4.1.1 Diversidad.....	16
4.1.2 Florística.....	18
4.2 Estructura de la vegetación.....	22
4.2.1 Densidad y estructura diamétrica.....	22
4.2.2 Área basal.....	25
4.3 Recambio espacial de especies.....	26
4.4 Diversidad, estructura de la vegetación y variables ambientales.....	27
V. DISCUSIÓN	30
5.1 Diversidad y florística.....	30
5.1.1 Diversidad.....	30
5.1.2 Florística.....	31
5.2 Estructura de la vegetación.....	36
5.2.1 Densidad y estructura diamétrica.....	36
5.2.2 Área basal.....	38
5.3 Recambio espacial de especies.....	39
5.4 Diversidad, estructura de la vegetación y variables ambientales.....	40
VI. CONCLUSIONES	41
VII. LITERATURA CITADA	42
VIII. ANEXO	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Área porcentual para las unidades ambientales en donde se localizan los puntos de muestreo de SBC en Colima. Modificado de Martínez (2004).	9
Tabla 2. Localización y atributos climáticos de los 13 sitios de selva baja caducifolia incluidos en el presente estudio.....	11
Tabla 3. Riqueza florística por forma de crecimiento e índices de diversidad para los 13 sitios de selva baja caducifolia estudiados en Colima.....	18
Tabla 4. Familias más importantes según el número de especies, densidad y área basal en 13 sitios de selva baja caducifolia en el estado de Colima.....	19
Tabla 5. Familias con mayor número de especies, densidad y área basal para 13 sitios de selva baja caducifolia en Colima.....	20
Tabla 6. Cuadro comparativo de las tres especies dominantes por sitio de acuerdo a la densidad y el área basal	21
Tabla 7. Número de individuos por categoría diamétrica, forma de crecimiento y total de individuos en los 13 sitios muestreados de selva baja caducifolia en Colima.....	22
Tabla 8. Número de especies por conjuntos anidados, definidos por tres valores mínimos de DAP, y forma de crecimiento para 13 sitios de selva baja caducifolia en Colima.....	24
Tabla 9. Área basal, diámetro promedio a la altura del pecho (DAP) y especie con el valor máximo de DAP para los 13 sitios estudiados	25
Tabla 10. Índice de Sørensen y número de especies compartidas para pares de 13 sitios de selva baja caducifolia en Colima.....	28
Tabla 11. Relación de la diversidad y la estructura de la vegetación con algunas variables ambientales en la selva baja caducifolia del estado de Colima.....	29
Tabla 12. Comparación de atributos de estructura y diversidad para diversas localidades en México, a partir de censos de árboles, arbustos y lianas encontrados en áreas de 0.1 ha de selva baja caducifolia.....	32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización y nomenclatura de los sitios de muestreo en las unidades ambientales designadas para Colima (modificado de Martínez, 2004).....	10
Figura 2. Diferencias en el número de especies entre sitios.....	16
Figura 3. Diferencias en los índices de diversidad α de Fisher (A) y Shannon (B) entre sitios.....	17
Figura 4. Diferencias en el número de individuos (A), número de tallos (B) y área basal por sitio (C).....	23
Figura 5. Distribución de frecuencias de los valores de similitud de Sørensen entre los 13 sitios con selva baja caducifolia estudiados en el estado de Colima.....	26
Figura 6. Análisis de clasificación para los 13 sitios de selva baja caducifolia con datos de presencia-ausencia de especies, con base en el método de Ward y el porcentaje de disimilitud de Sørensen.....	27

RESUMEN

La selva baja caducifolia (SBC) es uno de los ecosistemas tropicales más importantes en México debido a la extensión que ocupa en el territorio mexicano, a su alta diversidad florística y al número de especies endémicas de flora y fauna que contiene. Los estudios florísticos y de estructura realizados en este tipo de vegetación indican que presenta una alta heterogeneidad entre sitios con respecto a la composición e importancia estructural de las especies y los géneros florísticos que la integran.

El objetivo de este trabajo fue estudiar la estructura, la composición y la diversidad florística de la SBC del estado de Colima, en 13 sitios de muestreo distribuidos en todo el estado. En cada sitio se hizo un muestreo que abarcó un área de 1000 m² divididos en 10 transectos de 50 × 2 m (0.1 ha), en donde se registraron todos los árboles, arbustos y lianas con tallos \geq 2.5 cm de diámetro. En los árboles y arbustos el diámetro se tomó a la altura del pecho (DAP) y en el caso de las lianas en la base. Asimismo se contó el número de especies y la densidad.

La diversidad de los sitios fue estimada por medio del índice de diversidad alfa de Fisher, el índice de Shannon y el índice de similitud de Sørensen. Como un análisis preliminar, los datos de estructura y diversidad se relacionaron con variables climáticas.

Se registraron 301 especies, incluidas en 154 géneros y 61 familias. Las familias dominantes por su número de especies, densidad y área basal fueron Leguminosae, Burseraceae, Anacardiaceae y Euphorbiaceae. Las familias Cactaceae y Bignoniaceae estuvieron escasamente representadas. Los géneros con mayor riqueza fueron *Bursera* (15 especies), *Croton* (8), *Caesalpinia* (7), *Lonchocarpus* (6), *Randia* (5) y *Acacia* (5). El número total de individuos fue de 3,206 con un total de 4,475 tallos y con un promedio de 246.6 individuos por sitio. El DAP promedio fue de 6.2 cm. El área basal total fue de 32.31 m²/ha, con un promedio por sitio de 3.25 m²/0.1 ha. La densidad, el área basal, la riqueza florística y los índices de diversidad utilizados mostraron variaciones significativas entre los sitios estudiados.

El número de especies, la densidad de individuos y el área basal de la SBC colimeña fueron similares o menores que lo reportado para este tipo de vegetación en México. La similitud de Sørensen entre sitios tuvo un promedio de 26% y mostró una relación inversa a la distancia entre sitios. Como resultado de este trabajo se propone dar prioridad a la SBC

localizada en los municipios de Comala (S5) y Coquimatlán (S6), ya que ambos sitios incluyen 46.8% de la riqueza florística reportada en este trabajo. Sin embargo, es necesario estudiar las relaciones del recambio de especies con las variables ambientales, con el fin de definir un plan de conservación efectivo de la diversidad florística presente de la SBC de Colima.

ABSTRACT

The tropical dry forest (TDF) is one of the most important tropical ecosystems in Mexico, because of its large floristic diversity and number of endemic species of flora and fauna. This vegetation type is highly heterogeneous in its species composition and forest structure. The aim of this study was to analyze floristic composition, diversity and forest structure of the TDF in Colima, Mexico. In 13 sites 10 transect of 50×2 m (0.1 ha) were established; in each transect, all trees, shrubs, and rooted lianas with stems ≥ 2.5 cm of diameter. For trees and shrubs the diameter was measured at breast height (DBH) and for lianas the diameter was measured at the base. Species richness and number of individuals were recorded. Fisher's α , Shannon and Sørensen similarity indexes were used for measure diversity on each site. As first approximation, forest structure and floristic diversity variables were correlated with climatic variables.

A total of 301 species, 154 genera and 61 families were recorded. Dominant families by species richness, number of individuals, and basal area were Leguminosae, Burseraceae, Anacardiaceae and Euphorbiaceae. Cactaceae and Bignoniaceae were hardly represented. The most speciose genera were *Bursera* (15 species), *Croton* (8), *Caesalpinia* (7), *Lonchocarpus* (6), *Randia* (5) and *Acacia* (5). A total number of 3,206 individuals (4,475 stems) were recorded (mean 246.6 individuals). The mean DBH was 6.2 cm. The total basal area was of $42 \text{ m}^2/1.3 \text{ ha}$, with a mean of $3.25 \text{ m}^2/0.1 \text{ ha}$ per site. Number of individuals, basal area, species richness and diversity indexes showed significant variations between sites.

Species richness, individual density and basal area values of TDF in Colima were similar or smaller than other TDF in Mexico. Sørensen similarity between sites had a mean of 26% and was inversely related to their distance. As result of this study, it is proposed to give priority to the TDF located in those sites with more richness and diversity (S5 and S6,

located in Comala and Coquimatlan counties, respectively). These sites encompassed 46.8% of the entire floristic richness here reported. Nevertheless, it is necessary to study the relationships between species turnover and environmental variables, in order to define an adequate scheme of floristic conservation in the TDF of Colima.

Palabras clave: selva baja caducifolia, planicie costera del Pacífico, diversidad, recambio de especies, estructura, florística.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 DISTRIBUCIÓN Y DIVERSIDAD DE LA SELVA BAJA CADUCIFOLIA EN MÉXICO

La selva baja caducifolia (SBC), *sensu* Miranda y Hernández-X. (1963), es uno de los principales tipos de vegetación tropical en América Latina. Su extensión territorial cubre gran parte del continente americano, extendiéndose desde México (Sonora) hasta el norte de Argentina (Miranda y Hernández-X., 1963; Rzedowski, 1978; Ceballos y García, 1995). En la mayor parte de esta área de distribución continental la SBC ha sido transformada por el hombre (Janzen, 1988; Pennington *et al.*, 2004; Miles *et al.*, 2006). En México se calcula que la SBC se distribuye en 7.5% de la superficie total del país y únicamente 3.7% se encuentra en buen estado de conservación (Trejo y Dirzo, 2000). Las principales causas de la deforestación de la SBC en México son la agricultura, la ganadería, la extracción de leña (Trejo y Dirzo, 2000) y el desarrollo urbano-turístico (Ceballos y García, 1995), que han provocado la eliminación o reducción de la cobertura inicial a paisajes con fragmentos de selva que difieren en su tamaño, grado de perturbación y estado sucesional (Rico-Gray *et al.*, 1988; Trejo y Dirzo, 2000).

La SBC es biológicamente importante para México debido a: (i) la extensión que abarca, la cual representa aproximadamente 60% de los ecosistemas tropicales del territorio nacional, distribuyéndose básicamente desde Baja California Sur y Sonora hasta Chiapas, y desde Tamaulipas hasta Yucatán (Rzedowski, 1978; Trejo, 1996); (ii) la diversidad florística reportada es de las más altas para este tipo de vegetación de toda Latinoamérica (Lott *et al.*, 1987; Gentry, 1995; Trejo, 1998; Trejo y Dirzo, 2002) y (iii) el alto número de especies endémicas, que en el caso particular de las plantas vasculares alcanza casi 60% (Rzedowski, 1991a, b), mientras que para los vertebrados terrestres se ubican entre las selvas secas neotropicales con mayor endemidad (Ceballos, 1995; Ceballos y García, 1995).

La SBC de México posee una alta heterogeneidad en su composición y la importancia estructural de las especies y los géneros que la integran (Miranda y Hernández-X., 1963; Rzedowski, 1978; Pérez-García *et al.*, 2001; Trejo y Dirzo, 2002; Balvanera *et al.*, 2002; White y Hood, 2004; Durán *et al.*, 2006). De forma general, la SBC se distingue por presentar elementos florísticos de las familias Leguminosae, Euphorbiaceae, Burseraceae, Cactaceae, Malphigiaceae y Anacardiaceae, y los géneros con mayor diversificación son *Bursera*, *Acacia*, *Croton*, *Mimosa*, *Euphorbia*, *Ipomoea*, *Jathropa*, *Lonchocarpus*, *Randia* y *Cordia* (Trejo, 1998)

1.2 FACTORES ASOCIADOS A LA RIQUEZA DE LA SELVA BAJA CADUCIFOLIA

La diversidad florística de las SBC se ha analizado con base en diversos factores tales como la precipitación (Gentry, 1995; Trejo y Dirzo, 2002), la latitud (Gentry, 1995), la productividad primaria (Balvanera y Aguirre, 2006), la concentración de nutrientes en el suelo (Clinebell *et al.*, 1995; Trejo, 1998) y procesos de vicarianza (Pennington *et al.*, 2000; Pennington *et al.*, 2004). Gentry (1982, 1988a, 1995) realizó numerosos muestreos de 0.1 ha a lo largo de las zonas tropicales del mundo y encontró una correlación positiva entre la riqueza de plantas leñosas de las selvas húmedas tropicales y la precipitación total anual, patrón que fue ratificado por Clinebell *et al.* (1995). Sin embargo, los datos reportados por Trejo y Dirzo (2002) muestran que la riqueza florística de la SBC en México no está correlacionada con este factor, sino con la evapotranspiración potencial (medida por el índice de Thornthwaite), por lo que la diversidad de especies se incrementa conforme aumenta la disponibilidad de agua.

Los sitios estudiadas por Gentry en la zona neotropical muestran una relación inversa entre la riqueza florística y la latitud (Gentry, 1988a; Dirzo y Raven, 2003). Se ha señalado que esta tendencia en el patrón de diversidad latitudinal puede ser característico de las SBCs en zonas subtropicales (Gentry, 1995) o estar asociado a procesos de diversificación dentro de la historia evolutiva de las comunidades (Trejo, 1998).

Por otro lado, la productividad primaria se ha correlacionado positivamente con la diversidad (Gaston, 2000). En la SBC, la estacionalidad y la poca disponibilidad de agua disminuyen la productividad, lo cual se asocia a su menor diversidad en relación con los trópicos húmedos. Sin embargo, cuando dentro de una misma comunidad de SBC existen sitios con diferencias en la disponibilidad de agua, se ha encontrado que un aumento en la misma genera una mayor productividad que se ha asociado a una mayor diversidad local (Segura *et al.*, 2002).

Entre los componentes del suelo, el potasio se ha relacionado con la diversidad florística en la región neotropical (Gentry, 1988a, b). Sin embargo, existe una controversia al respecto, debido a que existen datos de selvas tropicales con alta diversidad, en donde la disponibilidad de potasio y fósforo es baja (Clinebell *et al.*, 1995). En el caso del fósforo, se ha reportado que las SBCs son más eficientes en el uso de este elemento, por lo que aun en cantidades menores no se limitaría la diversidad florística (Mooney *et al.*, 1995). Trejo (1998) estudió diversos componentes del suelo para 20 sitios de SBCs en México (pH, textura, capacidad de

intercambio catiónico, contenido de materia orgánica, calcio, fósforo, magnesio, nitrógeno y potasio) y no encontró relaciones de la diversidad florística con estas variables abióticas, por lo cual, la diversidad de la SBC en México, puede no estar limitada por estas variables.

Por otro lado, el recambio de especies de las SBCs en México se ha estudiado en gradientes de heterogeneidad ambiental medida como disponibilidad de agua (Balvanera *et al.*, 2002; Balvanera y Aguirre, 2006), el tipo de material parental (Pérez-García *et al.*, 2001; Pérez-García y Meave, 2004), la orientación de la pendiente, la altitud (Gallardo-Cruz, 2004; Pérez-García *et al.*, 2005) y la separación espacial (Balvanera *et al.*, 2002; Pérez-García *et al.*, 2005). En estos estudios se ha señalado que la variación en la heterogeneidad ambiental influye en el recambio de especies entre los sitios estudiados (Balvanera *et al.*, 2002, Pérez-García *et al.*, 2001, Pérez-García *et al.*, 2005, Balvanera y Aguirre, 2006); mientras que la distancia puede ser un factor importante en la variación florística entre sitios (Balvanera *et al.*, 2002) o tener una influencia secundaria con respecto al recambio florístico en un gradiente ambiental (Pérez-García *et al.*, 2005).

Finalmente, Pennington *et al.* (2000) señalan que la SBC en Latinoamérica pudo haber sufrido procesos de diversificación de especies por eventos vicariantes durante el Cuaternario, lo que se ha comprobado para Centroamérica (Pennington *et al.*, 2004). Para México, Becerra (2005) analizó la tasa de diversificación del género *Bursera* en el país y encontró que en la costa oeste se ha llevado a cabo un proceso de diversificación de este género que coincide con la formación de la Sierra Madre Occidental. Estos resultados indican la posibilidad de que otros taxa de la SBC que se distribuye en la costa oeste puedan haber sufrido procesos de diversificación por aislamiento geográfico, como señala Rzedowski (1991b), lo cual puede ser la causa de la elevada riqueza y el alto recambio de especies en la SBC del occidente de México.

1.3 PROBLEMÁTICA DE CONSERVACIÓN DE LA SELVA BAJA CADUCIFOLIA

El panorama para la conservación de la SBC en México es negativo debido a las fuertes presiones de uso de suelo que predominan en el país (Palacio-Prieto *et al.*, 2000; Trejo y Dirzo, 2000; Trejo, 2005). A ello se suma el escaso número de reservas con SBC en México, ya que de las 41 áreas que conforman el Sistema de Áreas Protegidas de México (SINAP) sólo siete contienen este tipo de vegetación (Reserva de Biosfera Chamela-Cuixmala (Jalisco), Reserva de la Biosfera Sierra de La Laguna (Baja California Sur), Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán (Colima-Jalisco), Reserva de la Biosfera de Sierra Gorda (Querétaro); Parque Nacional Isla Isabel (Nayarit), Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán (Oaxaca y Puebla), y la Zona de Refugio Faunístico Ría Celestún (Campeche y Yucatán). (SINAP http://www.conabio.gob.mx/institucion/conabio_espanol/doctos/sinap.html).

Considerando la amplia área geográfica que ocupa la SBC de México (Rzedowski, 1978; Challenger, 1998; Palacio-Prieto *et al.*, 2000; Trejo y Dirzo, 2000), existen varios estados de la República Mexicana en donde la SBC carece o está escasamente representada dentro de áreas de conservación, como es el caso de Colima, Durango, Michoacán, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Querétaro y Veracruz (Flores y Gerez, 1994). Por esta razón, es necesario conocer con mayor detalle la riqueza y diversidad de la flora leñosa de la SBC de México, ya que estudios anteriores indican una alta diversidad a escala local y regional (Lott *et al.*, 1987; Rico-Gray *et al.*, 1988; Pérez-García *et al.*, 2001; Balvanera *et al.*, 2002; Trejo y Dirzo, 2002), principalmente en las comunidades localizadas en la región costera del Pacífico.

1.4 OBJETIVOS

1.5.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la variación existente en atributos de composición, estructura, y diversidad de los componentes leñosos de la SBC distribuida del estado de Colima.

1.5.2 OBJETIVOS PARTICULARES

Evaluar el grado de heterogeneidad en composición, estructura y diversidad florística de los árboles, arbustos y lianas de la SBC de Colima.

Comparar la riqueza y estructura de la SBC del estado de Colima con estudios similares en México y Latinoamérica.

Analizar de manera preliminar de la posible relación entre la riqueza de las especies y las características estructurales de la SBC de los sitios estudiados con algunas variables climáticas (altitud, precipitación total promedio anual, temperatura media anual, evaporación mensual, número de meses secos y número de meses húmedos).

1.4 JUSTIFICACIÓN

La selva baja caducifolia de Colima ha sido señalada como uno de los tipos de vegetación más diversos de este estado (Rzedowski y McVaugh, 1996, Cuevas et al., 1998); y abarca, junto con la selva baja subcaducifolia, el 29.8% del territorio estatal (Palacio-Prieto *et al.*, 2000). Se puede obtener información sobre la composición de la SBC de Colima a través de las publicaciones de la Flora Novogaliciana (e. g. Rzedowski y McVaugh, 1966), el listado de la Reserva El Jabalí (Sanders, 1992) y el de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán (Cuevas *et al.*, 1998), que en el caso de este último, la información se refiere principalmente al estado de Jalisco, ya que sólo 10,597 ha de la Reserva corresponden a una porción noroeste del estado de Colima. Sin embargo, actualmente se carece de una mayor información acerca de su composición florística, su estructura y su diversidad que permita definir las características de la SBC de Colima y su semejanza con la SBC localizada en la Costa Pacífica Mexicana y en general con la SBC de todo el país

El estudio de la SBC del estado de Colima es asimismo importante por su localización dentro del occidente de México, zona que se ha señalado con un alto nivel de riqueza (Lott y Atkinson, 2006) y diversificación florística (Rzedowski, 1991b, Becerra, 2005). Además, como sucede en todo su rango de distribución en México, la SBC de Colima presenta deterioro y perturbación por actividades agrícolas y ganaderas (Flores y Gerez, 1994), lo cual requiere información de la estructura y diversidad de estas selvas que sirva en un futuro no solo al conocimiento, sino a la conservación de la SBC en el estado.

II. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

El estado de Colima se localiza en la vertiente pacífica, entre las coordenadas geográficas 103° 29' 20" y 104° 41' 42" O y 18° 41' 17" y 19° 31' N, con una variación altitudinal que va desde el nivel del mar hasta 4,240 m s.n.m. (SPP, 1981)

2.1 FISIOGRAFÍA Y GEOLOGÍA

El estado de Colima está incluido dentro de las provincias fisiográficas del Eje Neovolcánico y de la Sierra Madre del Sur (SPP, 1981). El noreste de Colima se ubica dentro de la provincia del Eje Neovolcánico, pero la mayor parte del estado se localiza dentro de la Provincia de la Sierra Madre del Sur (Ferrusquía-Villafranca, 1998). Esta provincia comprende a las subprovincias de las Sierras de la Costa de Jalisco y Colima y la de la Cordillera Costera del Sur, de las cuales, la más extensa es la subprovincia Sierras de la Costa de Jalisco y Colima, que cubre 62.51% de la superficie estatal, tiene diez sistemas de topoformas en nueve de los cuales se presenta vegetación de SBC. La subprovincia Cordillera Costera del Sur, abarca 16.03% del estado y la porción que se localiza en Colima se conoce como región del río Salado. Posee seis sistemas de topoformas y en dos de ellas se presenta SBC (SPP, 1981).

2.2 CLIMA

El clima predominante en el estado es el cálido subhúmedo (Aw_0), que abarca 77.8% de la superficie estatal (INEGI, 2001). Este clima presenta lluvias en verano, con menos de 5% de lluvia invernal, una precipitación anual de 800 a más de 1,500 mm, con la máxima incidencia de lluvias de julio a octubre y el período de sequía entre febrero y mayo (SPP, 1981; García, 1981). La temperatura media anual es mayor que 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) presentan temperaturas que fluctúan de 20 a 22°C (SPP, 1981). En este clima generalmente se presenta la SBC a nivel nacional (Trejo, 1996). El segundo clima en importancia por su extensión (12.8%) es el Seco (B), del tipo semiseco (S_1), con lluvias en verano y una precipitación media anual entre 600 y 800 mm, siendo septiembre el mes más lluvioso (170-200 mm), mientras que de febrero a mayo se presenta la menor incidencia de lluvias; la temperatura media anual es mayor a

26°C, la época más caliente es de mayo a octubre (27-29°C) y el mes más frío se presenta de febrero a marzo (23.8 y 25.4°C).

2.3 SUELOS

Los suelos predominantes en el estado son de tipo regosol (69.5%), siguiéndole en importancia el feozem (28.9%) y el leptosol (1.6%) (SEMARNAP-INEGI, 2000). Los sitios de estudio incluidos en el presente estudio se desarrollan principalmente sobre cinco tipos de suelo (litosol, regosol, rendzina, vertisol y solanchack), que en ocasiones se presentan asociados a suelos feozem y luvisoles (SPP, 1981). Los litosoles se caracterizan por ser delgados, generalmente con un grado de desarrollo pobre y menos de 10 cm de profundidad. De igual forma, los regosoles tienen poco desarrollo, pero alcanzan una profundidad mayor que 10 cm (SPP, 1981). Los suelos feozem tienen mayor profundidad, aunque ésta es relativa, ya que oscila de 15 a 50 cm y sólo forman un horizonte, debajo del cual se presenta una fase pedregosa. Los suelos de tipo rendzina también son poco profundos, con una capa superficial rica en humus y una fase de roca caliza (SPP, 1981). Rzedowski y McVaugh (1966) indican que la SBC, en la región de Nueva Galicia, se localiza ordinariamente sobre suelos someros y de drenaje rápido.

2.4 TIPOS DE VEGETACIÓN

En Colima se presentan diferentes tipos de vegetación entre los que predominan por su extensión, la selva baja caducifolia y subcaducifolia (1671 km²), la selva mediana caducifolia y subcaducifolia (596 km²), el bosque de encino (364 km²) y el bosque de pino-encino (119 km²), (Palacio-Prieto *et al.* 2000). Se desconoce la proporción que abarca la SBC; un dato aproximado lo dan Palacio-Prieto *et al.*, (2000), quienes señalan una distribución de la SBC junto con la selva baja subcaducifolia de 29.8 % del área total del estado.

Para descripciones sobre la composición florística y la fisonomía de varias de estas comunidades en el estado es posible consultar Rzedowski y McVaugh (1966), así como Rzedowski (1978). Para la selva baja caducifolia (bosque tropical deciduo sensu Rzedowski, 1978), estos estudios señalan que el estrato arbóreo generalmente tiene alturas de 8-15 m, con tallos que raramente exceden 50 cm de diámetro, con hojas durante los 4 ó 5 meses que dura la temporada lluviosa. Entre los componentes arbóreos más importantes

para Colima, Rzedowski y McVaugh (1966) citan *Cochlospermum vitifolium*, *Cordia alliodora*, *Cyrtocarpa procera*, *Jacquinia pungens*, *Lysiloma divaricata*, *Plumeria rubra*, *Pseudosmodium perniciosum* y *Spondias purpurea*, así como especies de *Acacia*, *Bursera*, *Lonchocarpus* y *Trichilia*.

III. MÉTODOS

3.1 SITIOS DE ESTUDIO

Se seleccionaron 13 sitios de muestreo (Tabla 2) distribuidos en cuatro gradsectos ambientales (Figura 1). Un gradsecto ambiental es un transecto orientado en gradientes de variables abióticas y/o bióticas con el fin de abarcar la mayor heterogeneidad ambiental en una región. Las variables ambientales fueron determinadas en el trabajo de Martínez (2004) quien consideró once categorías geomorfológicas en el estado a partir de la geomorfología, la altitud y la pendiente del terreno; estas categorías geomorfológicas se combinaron con 11 tipos de vegetación del total señalado en el Inventario Nacional Forestal (Palacio-Prieto *et al.*, 2000), ya que se consideró solo la vegetación arbórea; la combinación de las categorías geomorfológicas y el tipo de vegetación, dio como resultado 54 unidades ambientales (UA) (Ver Anexo). Cabe aclarar que la orientación y el número de los gradsectos, se realizó de manera dirigida para comprender la mayor heterogeneidad posible, incluyendo en el menor número de gradsectos la mayor cantidad posible de UAs. El número de muestreos se realizó de acuerdo con la extensión de la UA en el estado, de manera que la UA con mayor extensión tuviera el número máximo de muestreos (Martínez, 2004). Para cada localidad de muestreo se registraron las coordenadas geográficas (sistema de localización global Garmin®) y la altitud (altímetro Thomen).

Tabla 1. Área porcentual para las unidades ambientales en donde se localizan los puntos de muestreo de SBC en Colima. Modificado de Martínez (2004).

Unidad ambiental	Porcentaje Colima	Porcentaje gradsecto	Puntos de muestreo
Lomeríos Altos * Selva baja sub y caducifolia (UA1)	10.03	13.02	S9, S10, S11, S12, S13
Piedemonte Inferior * Selva baja sub y caducifolia (UA_6)	4.57	5.04	S7, S8
Lomeríos Bajos * Selva baja sub y caducifolia (UA_3)	4.55	12.74	S2, S4
Piedemonte Medio * Selva baja sub y caducifolia (UA_9)	4.18	6.13	S5, S6
Planicie Baja * Selva baja sub y caducifolia (UA_15)	2.34	4.01	S3
Piedemonte Superior * Selva baja sub y caducifolia (UA_13)	1.15	3.49	S1

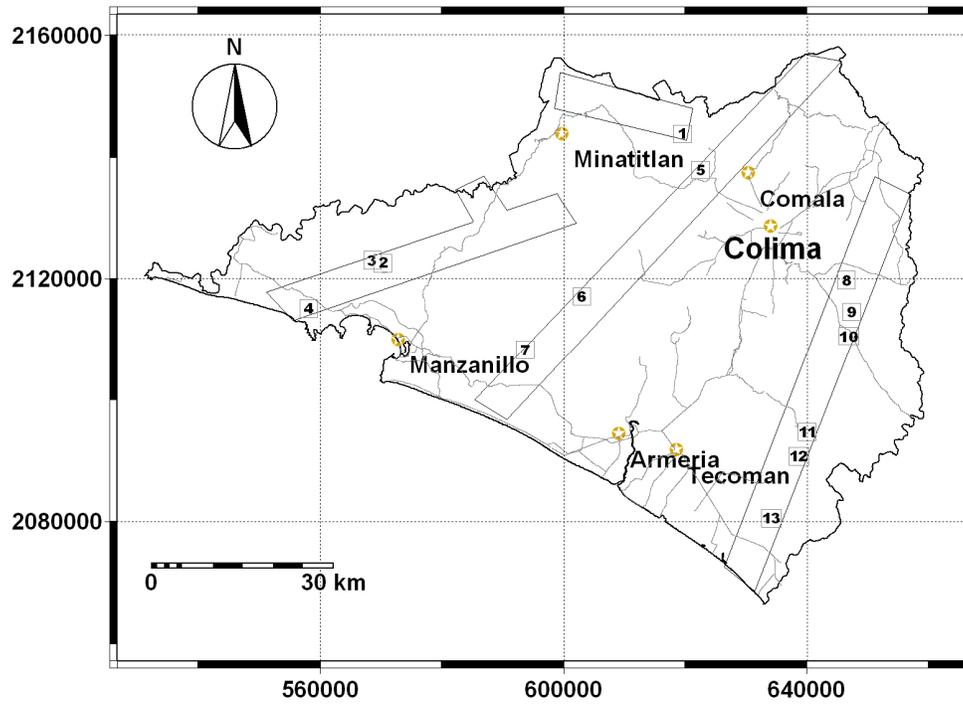


Figura 1. Localización y nomenclatura de los sitios de muestreo dentro de las unidades ambientales designadas para Colima (modificado de Martínez, 2004). *Coordenadas UTM, Datum W6584.

Tabla 2. Localización y atributos climáticos de las 13 sitios de selva baja caducifolia incluidos en el presente estudio. Estaciones meteorológicas por sitio: Peñitas, Comala (sitios S1 y S5); Punta de Agua, Comatlán (S2 y S3); El Charco, Villa Álvarez (S4); José de Lumber, Manzanillo (S6); Venustiano Carranza, Manzanillo (S7); (Tepames, Colima (S8, S9 y S10); Lagunas de Amela, Tecomán (S11 y S12) y Callejones, Tecomán (S13).

Sitio	Unidad Ambiental	Coordenadas		Altitud (m.s.n.m.)	Clima ¹	Temperatura ² media (°C)	Precipitación ² total (mm)	Evaporación ²	Meses ² húmedos	Meses secos ²
		Latitud N	Longitud O							
S1	Pie de monte superior	19° 23' 05"	103° 51' 44"	1,400	(A)C(w1)w	26.4	908.1	188.8	5	6
S2	Lomeríos Bajos	19° 11' 45"	104° 19' 51"	175	Aw0(w)	26.4	908.1	188.8	5	6
S3	Planicie baja	19° 12' 02"	104° 20' 51"	160	Aw1(w)	26.8	548.3	111.1	5	6
S4	Lomeríos Bajos	19° 07' 43"	104° 26' 50"	160	Aw0(w)	26.8	548.3	111.1	5	6
S5	Pie de monte medio	19° 03' 58"	104° 01' 14"	340	BS1(h')w(w)	26.2	715.4	130.5	4	6
S6	Pie de monte medio	19° 10' 00"	103° 36' 27"	660	Aw0(w)	21.9	961.7	103.1	5	6
S7	Pie de monte inferior	19° 19' 54"	103° 50' 03"	890	BS1(h')w(w)	25.9	683.7	135.9	4	6
S8	Pie de monte inferior	19° 08' 41"	104° 01' 14"	570	BS1(h')w(w)	25.9	725.3	160.2	4	7
S9	Lomeríos Altos	19° 07' 09"	103° 35' 59"	690	Aw0(w)	25.9	725.3	160.2	4	7
S10	Lomeríos Altos	19° 05' 01"	103° 38' 20.1"	690	Aw0(w)	25.9	725.3	160.2	4	7
S11	Lomeríos Altos	18° 56' 26"	103° 40' 12"	240	Aw0(w)	26.4	898.4	146.6	5	6
S12	Lomeríos Altos	18° 54' 16"	103° 40' 56"	300	Aw0(w)	26.4	898.4	146.6	5	6
S13	Lomeríos Altos	19° 04' 12"	103° 46' 31"	240	Aw0(w)	24.5	664.1	138.6	5	6

¹INEGI, 2001, ²Servicio Meteorológico Nacional

3.2 MUESTREO

Con el objetivo de realizar un muestreo comparativo entre diferentes sitios, se siguió el protocolo de muestreo de Gentry (1982), que consiste en 10 transectos de 2×50 m (0.1 ha), los cuales se separaron entre sí por aproximadamente 20 m. Cada transecto se orientó en forma paralela a la pendiente del sitio y en él se registraron todos los árboles y arbustos enraizados dentro del transecto con un diámetro a la altura del pecho (DAP) de ≥ 2.5 cm, tomando siempre la medida a una altura de 1.3 m del suelo; para las lianas, se consideraron aquellas con un DAP ≥ 2.5 cm en la base del tronco. El DAP de los tallos fue medido con una cinta diamétrica o con un vernier. Para el caso de las lianas que presentaron más de un tronco, se revisó si estaban conectados subterráneamente cuando fue posible; sin embargo, cuando los tallos estaban muy cercanos entre sí, fueron considerados como pertenecientes al mismo individuo.

La determinación florística de las especies fue realizada en el trabajo de Martínez (2004) y el material fue depositado en los herbarios MEXU (Herbario Nacional, UNAM) y el IEB (Herbario del Bajío, del Instituto de Ecología A.C.).

3.3 ANÁLISIS DE ESTRUCTURA

Las características estructurales de las comunidades censadas se cuantificaron con base en los parámetros de densidad y área basal (AB). La densidad absoluta de cada especie es el número de individuos censados por unidad de área ($1,000 \text{ m}^2$). Para calcular el área basal absoluta, fue necesario calcular el área basal de cada individuo. Para lo anterior, se consideró que cada tronco tiene una forma circular y se substituyeron los datos del DAP de cada tronco en la fórmula del área de una circunferencia ($AB = \Pi r^2$, donde $r = \text{diámetro (DAP)} / 2$). Cuando un individuo presentó varios tallos, se obtuvo primero el área de cada tronco y estos valores se sumaron para obtener el total por planta. El área basal absoluta de cada especie se calculó sumando las áreas basales de todos los tallos encontrados en el sitio por especie. Se consideraron a las especies dominantes por sitio a las que presentaron mayor número de individuos y mayor AB.

Para describir la estructura diamétrica se consideraron tres conjuntos anidados, definidos por tres valores mínimos de DAP (plantas ≥ 2.5 cm, ≥ 10 cm y ≥ 30 cm) usando las variables de número de individuos, número de tallos, número de especies y formas de crecimiento. Para detectar diferencias entre el AB, número de individuos y número de tallos

se empleó un ANDEVA de una vía y posteriormente se hizo un análisis de comparaciones múltiples, siendo las variables predictoras los sitios y las variables de respuesta las características estructurales, las cuales tuvieron una distribución normal. La variable del número de especies por sitios presentó una distribución Poisson, por lo que se usó una prueba de χ^2 con análisis de comparaciones múltiples para definir las parejas de sitios estadísticamente distintas. Para estos análisis se empleó el programa STATISTICA 6.1 (Stat Soft, 2003).

3.4 ANÁLISIS DE DIVERSIDAD

Riqueza de especies

La riqueza de especies se consideró como el número de especies presentes por sitio. Se usó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para analizar las diferencias entre la riqueza de especies por sitio.

Diversidad alfa

Se calculó el índice alfa de Fisher para medir la riqueza de especies, ya que Magurran (1988) lo considera adecuado debido a que no es afectado por el tamaño de muestra y a una gran capacidad de discriminar entre muestras. Moreno (2001) señala que es adecuado para estimar la diversidad alfa en comunidades que poseen una baja diversidad de especies dominantes, como se ha documentado para las SBC. La fórmula usada para su cálculo fue la siguiente:

$$S = \frac{\alpha \ln(1 + N)}{\alpha}$$

donde

N= número de especies

α = se calcula a partir de la ecuación dada o se obtiene del diagrama de Williams (Magurran, 1988).

Para evaluar la dominancia o la equitatividad en los patrones de abundancia entre las especies (Magurran, 1988; Moreno, 2001), se empleó el índice de Shannon, el cual ha sido ampliamente usado para medir la diversidad de la SBC (Trejo y Dirzo, 2002; Sánchez-

Velásquez *et al.*, 2002; Pineda-García *et al.*, 2007); esto permitió comparar los resultados obtenidos con los de la literatura. La fórmula usada fue la siguiente:

$$H' = -\sum p_i \ln p_i \quad (p_i = \text{proporción de los individuos de la } i\text{ava especie}).$$

El índice de Sørensen es un índice de diversidad cualitativo, que se basa en la presencia-ausencia de las especies en los sitios, que ha sido usado para cuantificar la diversidad beta (Trejo y Dirzo, 2002; Durán *et al.*, 2006) Para ello se usó la siguiente fórmula:

$$I_S = \frac{2c}{a+b}$$

donde

c = número de especies compartidas en ambos sitios

a = número de especies en el sitio A , b = número de especies en el sitio B

Todos los índices mencionado se calcularon por medio del programa EstimateS 7.5.1 (Colwell, 2005).

Con el índice de similitud de Sørensen se obtuvo un dendograma para establecer afinidades florísticas entre los 13 sitios de muestreo siguiendo el método de unión de Ward con distancias euclidianas y el porcentaje de disimilitud, usando el programa STATISTICA 6.1 (Stat Soft, 2003). Se usó la prueba de Mantel usando el programa PC-ORD 3.17 (McCune y Mefford, 1997) para establecer una correlación entre la similitud florística y las distancias entre los sitios de muestreo.

La diversidad y las características estructurales de la SBC de Colima se compararon con los datos reportados para diversas localidades tropicales en Latinoamérica (Gentry, 1995; Gillespie *et al.*, 2002) y con los datos reportados para México con la metodología de Gentry (1982) por Trejo (1998), Pineda-García *et al.* (2007), Salas (2002) y Lott *et al.* (1987); donde se consideraron los datos disponibles de número total de individuos, número de individuos por categoría diamétrica, AB, la riqueza de especies, los índices de diversidad y similitud florística.

3.5 VARIABLES CLIMÁTICAS

Los datos meteorológicos de las estaciones utilizadas fueron proporcionados por el Servicio Meteorológico Nacional. La localización geográfica de las estaciones fue traslapada con la ubicación geográfica de los sitios de muestreo, mediante el programa Ilwis^R 2.2, para ubicar la estación meteorológica más cercana a cada sitio de muestreo; en algunos casos se asignó una misma estación meteorológica a sitios muy cercanos entre sí (Tabla 2). Fueron escasas las estaciones meteorológicas que contaban con registros climáticos continuos y los años de registro varían de una, por lo que se decidió tomar el promedio general por variable reportado por el Sistema Meteorológico Nacional. Las estaciones meteorológicas consideradas fueron: Peñitas, Comala (41 años de registros); Punta de Agua, Comatlán (17 años); El Charco, Villa Álvarez (16 años); José de Lumbre, Manzanillo (37 años); Venustiano Carranza Manzanillo (37 años); Tepames, Colima (37 años), Lagunas de Amela, Tecomán (15 años) y Callejones, Tecomán (54 años). De estos datos se consideró las variables de precipitación total anual, temperatura media anual, evaporación mensual, número de meses secos (precipitación inferior a los 60 mm) y número de meses húmedos (precipitación superior a los 100 mm). Estos datos se relacionaron con los datos de diversidad y estructura de la vegetación por regresiones lineales. Se hizo la corrección de Bonferroni para el valor de significancia.

IV. RESULTADOS

4.1 DIVERSIDAD Y FLORÍSTICA

4.1.1 DIVERSIDAD

En los 13 sitios estudiados se registraron 301 especies con un DAP ≥ 2.5 cm de las cuales 51.5% se encontró en un solo sitio. El número total de géneros registrados en el estudio ascendió a 154, con un promedio (\pm DE) de 42 ± 11.5 por sitio y el número total de familias fue de 61, con un promedio de 26.8 ± 7.4 por sitio.

La riqueza de especies, géneros y familias por forma de crecimiento estuvo dominada por los árboles y los arbustos, con 262 especies, 130 géneros y 45 familias; en tanto que las lianas presentaron 39 especies, 28 géneros y 22 familias (Tabla 3). El sitio S6 tuvo la mayor riqueza de especies para ambas formas de crecimiento.

El análisis de comparaciones múltiples mostró que la riqueza de especies entre sitios difirió entre S6 y S9 ($H_{12} = 23.8$, $P < 0.03$, Figura 2), los sitios con mayor y menor riqueza respectivamente. El promedio (\pm DE) general de especies por sitio fue de 54.7 ± 14.4 . Independientemente de la categoría taxonómica que se compare (especies, géneros o familias), los valores menores fueron registrados en S9, mientras que el más alto se cuantificó en S6 (Tabla 3).

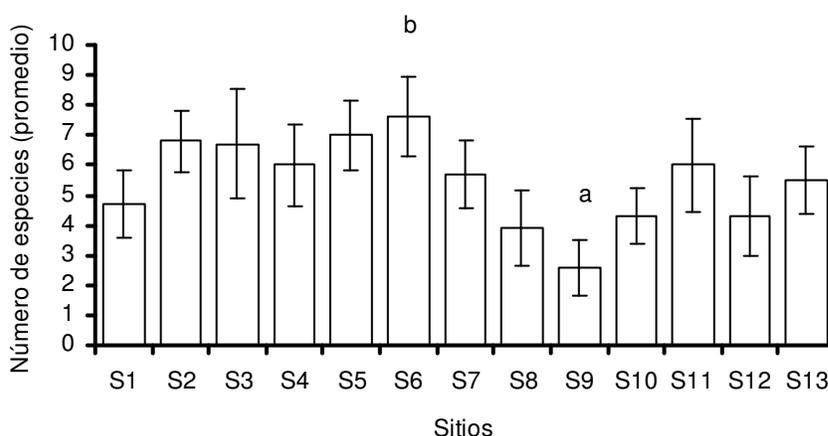


Figura 2. Diferencias en el número de especies entre sitios. Letras diferentes indican diferencias significativas ($P < 0.05$). Las barras de error son \pm EE.

Los índices de diversidad alfa de Fisher y de Shannon difirieron significativamente entre sitios ($F_{12, 117} = 55.2$, $P < 0.001$ y $F_{12, 117} = 7.6$, $P < 0.001$, respectivamente; Figura 3). Ambos índices coincidieron en señalar a S6 como el más diverso de los 13 sitios estudiados y a S9 como el menos diverso (Tabla 3). En general, los valores de equitatividad tuvieron una variabilidad muy baja para todos los sitios (Tabla 3); el intervalo de valores de esta variable oscila entre 0.82 y 0.90, con un promedio (\pm DE) de 0.86 ± 0.03 .

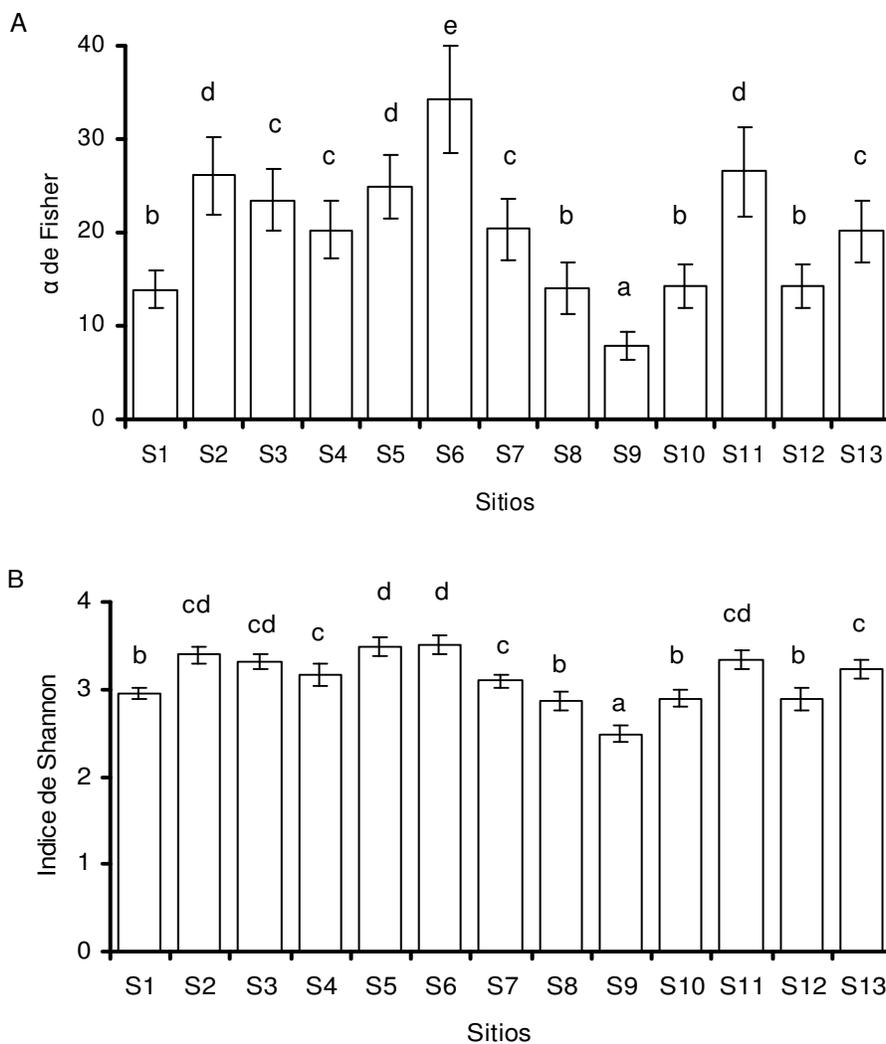


Figura 3. Diferencias en los índices de diversidad α de Fisher (A) y Shannon (B) entre sitios. Letras diferentes indican diferencias significativas a una $P < 0.05$. Las barras de error son \pm EE.

4.1.2 FLORÍSTICA

Las familias con mayor número de especies fueron Leguminosae (70 especies), Euphorbiaceae (24), Burseraceae (18), Rubiaceae (12), Capparaceae (11) y Malpighiaceae (11). Estas seis familias englobaron 48.5% de las especies presentes en los sitios de muestreo; en contraste, 20 familias estuvieron representadas por una sola especie.

Con base en el total de datos obtenidos en los 13 sitios se presentan las familias dominantes por número de especies, número de individuos y área basal (Tabla 4). Sólo las familias Leguminosae, Euphorbiaceae, Burseraceae y Anacardiaceae se repiten en todos los parámetros considerados dentro de las diez familias más importantes para todos los sitios (Tabla 5).

Tabla 3. Riqueza florística por forma de crecimiento e índices de diversidad para los 13 sitios de selva baja caducifolia estudiados en Colima. Abreviaturas: AA (árboles y arbustos), L (lianas), T (totales).

Sitio	Especies AA / L / T	Géneros AA / L / T	Familias AA / L / T	Índice α de Fisher	Índice de Shannon	Equitatividad
S1	43 / 4 / 47	33 / 2 / 35	19 / 1 / 20	16.07	3.20	0.83
S2	62 / 6 / 68	51 / 5 / 56	31 / 4 / 35	29.44	3.69	0.87
S3	59 / 8 / 67	46 / 6 / 52	27 / 4 / 31	26.93	3.61	0.86
S4	52 / 8 / 60	41 / 8 / 49	30 / 3 / 33	24.56	3.53	0.86
S5	61 / 9 / 70	47 / 6 / 53	27 / 5 / 32	27.17	3.80	0.89
S6	66 / 10 / 76	50 / 8 / 58	33 / 6 / 39	38.09	3.89	0.90
S7	50 / 7 / 57	38 / 7 / 45	29 / 4 / 33	24.06	3.40	0.84
S8	39 / 0 / 39	30 / 0 / 30	20 / 0 / 29	14.91	3.14	0.86
S9	26 / 0 / 26	19 / 0 / 19	16 / 0 / 16	8.34	2.72	0.84
S10	43 / 0 / 43	34 / 0 / 34	22 / 0 / 22	15.14	3.10	0.82
S11	58 / 2 / 60	38 / 2 / 40	24 / 1 / 25	28.54	3.68	0.90
S12	43 / 0 / 43	34 / 0 / 34	17 / 0 / 17	15.33	3.13	0.83
S13	48 / 7 / 55	37 / 4 / 41	19 / 6 / 25	22.32	3.54	0.88

Tabla 4. Familias más importantes según el número de especies, densidad y área basal en 13 sitios de selva baja caducifolia en el estado de Colima. En negritas se indican las familias que se comparten en los parámetros considerados.

Especies		Densidad (ind./1.3 ha)		Área basal (m ² /1.3 ha)	
Leguminosae	70	Leguminosae	929	Leguminosae	11.6
Euphorbiaceae	24	Euphorbiaceae	221	Anacardiaceae	3.6
Burseraceae	18	Burseraceae	190	Burseraceae	2.9
Rubiaceae	12	Sapindaceae	178	Moraceae	2.8
Capparaceae	11	Rubiaceae	163	Boraginaceae	2.4
Malpighiaceae	11	Anacardiaceae	119	Cochlospermaceae	2.3
Asteraceae	10	Boraginaceae	112	Sapindaceae	1.6
Anacardiaceae	9	Flacourtiaceae	112	Tiliaceae	1.2
Bignoniaceae	6	Tiliaceae	82	Nyctaginaceae	1.2
Moraceae	6	Apocynaceae	73	Euphorbiaceae	0.1

La familia Leguminosae ocupó siempre la primera posición en número de especies y número de individuos en todos los sitios mientras que en cuanto al área basal ocupó esta posición solo en nueve sitios (Tabla 5).

Los géneros con más especies fueron *Bursera* (15 especies), *Croton* (8), *Caesalpinia* (7), *Lonchocarpus* (6), *Randia* (5) y *Acacia* (5). Estos seis géneros concentraron 29.9% del total de especies encontradas en este estudio. Los géneros de lianas con mayor número de especies (dos para cada género) fueron *Cissus* (Vitaceae), *Combretum* (Combretaceae), *Cydista* (Bignoniaceae), *Gouania* (Rhamnaceae) y *Marsdenia* (Asclepiadaceae), en tanto que a nivel de familia destacó Malpighiaceae con cinco especies, seguida de Bignoniaceae, Asteraceae y Phytolacaceae, con tres especies cada una.

Considerando las tres especies dominantes por sitio según el número de sus individuos y área basal (Tabla 6), se obtuvo un total de 42 especies (se incluye una morfoespecie) dominantes para la SBC de Colima. Sólo las especies *Caesalpinia eriostachys* (S7), *Casearia corymbosa* (S6), *Cochlospermum vitifolium* (S4), *Lysiloma microphyllum* (S1) y *Thouinia serrata* (S10) dominaron en ambos atributos estructurales a la vez en un mismo sitio.

Tabla 5. Familias con mayor número de especies, densidad y área basal para 13 sitios de selva baja caducifolia en Colima. La primera posición por sitio se indica en negritas.

Sitio	Número de especies	Densidad (ind./0.1ha)	Área basal (m ² /0.1 ha)			
S1	Leguminosae	11	Leguminosae	123	Leguminosae	1.1
	Burseraceae	6	Gramineae	36	Burseraceae	0.5
	Euphorbiaceae	6	Euphorbiaceae	28	Tiliaceae	0.4
S2	Leguminosae	15	Leguminosae	58	Leguminosae	0.7
	Rubiaceae	4	Rubiaceae	27	Convolvulaceae	0.4
	Apocynaceae	3	Nyctaginaceae	27	Anacardiaceae	0.3
S3	Leguminosae	16	Leguminosae	54	Leguminosae	1.0
	Euphorbiaceae	4	Boraginaceae	36	Nyctaginaceae	0.9
	Capparidaceae	3	Verbenaceae	27	Boraginaceae	0.5
S4	Leguminosae	10	Leguminosae	42	Cochlospermaceae	1.8
	Anacardiaceae	3	Cochlospermaceae	31	Anacardiaceae	0.8
	Apocynaceae	3	Anacardiaceae	30	Boraginaceae	0.6
S5	Leguminosae	15	Leguminosae	68	Leguminosae	0.7
	Anacardiaceae	5	Euphorbiaceae	34	Anacardiaceae	0.3
	Burseraceae	5	Hippocrateaceae	33	Sterculiaceae	0.2
S6	Leguminosae	15	Leguminosae	41	Leguminosae	0.8
	Burseraceae	5	Flacourtiaceae	28	Burseraceae	0.6
	Asteraceae	4	Tiliaceae	21	Flacourtiaceae	0.6
S7	Leguminosae	11	Leguminosae	99	Leguminosae	1.9
	Apocynaceae	3	Anacardiaceae	19	Anacardiaceae	1.1
	Capparidaceae	3	Flacourtiaceae	17	Cochlospermaceae	0.4
S8	Leguminosae	9	Leguminosae	47	Burseraceae	0.7
	Burseraceae	5	Burseraceae	37	Leguminosae	0.4
	Anacardiaceae	3	Euphorbiaceae	20	Tiliaceae	0.1
S9	Leguminosae	82	Leguminosae	7	Leguminosae	0.8
	Burseraceae	45	Burseraceae	4	Burseraceae	0.5
	Euphorbiaceae	13	Moraceae	2	Julianaceae	0.1
S10	Leguminosae	9	Leguminosae	66	Leguminosae	0.4
	Burseraceae	7	Sapindaceae	49	Sapindaceae	0.2
	Euphorbiaceae	4	Burseraceae	19	Burseraceae	0.2
S11	Leguminosae	16	Leguminosae	75	Moraceae	2.0
	Euphorbiaceae	6	Euphorbiaceae	17	Leguminosae	1.1
	Malpighiaceae	4	Sapindaceae	15	Sapotaceae	0.5
S12	Leguminosae	16	Leguminosae	70	Leguminosae	0.8
	Rubiaceae	4	Sapindaceae	49	Rubiaceae	0.4
	Apocynaceae	3	Rubiaceae	48	Sapindaceae	0.3
S13	Leguminosae	15	Leguminosae	103	Rutaceae	1.6
	Euphorbiaceae	6	Rubiaceae	20	Sapindaceae	0.7
	Burseraceae	4	Euphorbiaceae	18	Leguminosae	0.3

Tabla 6. Cuadro comparativo de las tres especies dominantes por sitio de acuerdo a la densidad y el área basal.

Sitio	Densidad (ind./0.1 ha)	Área basal (m ² /0.1 ha)
S1	<i>Lysiloma microphyllum</i> 46	<i>Lysiloma microphyllum</i> 0.6
	<i>Otatea acuminata</i> 37	<i>Bursera macvaughiana</i> 0.4
	<i>Albizia occidentalis</i> 26	<i>Heliocarpus terebinthinaceus</i> 0.4
S2	<i>Neea psychotroides</i> 26	<i>Ipomoea wolkottiana</i> 0.4
	<i>Lonchocarpus eriocarinalis</i> 18	<i>Spondias purpurea</i> 0.3
	<i>Cnidoscopus spinosus</i> 17	<i>Lonchocarpus eriocarinalis</i> 0.3
S3	<i>Cordia eleagnoides</i> 35	<i>Neea psychotroides</i> 0.9
	<i>Lippia umbellata</i> 25	<i>Cordia eleagnoides</i> 0.5
	<i>Neea psychotroides</i> 19	<i>Ipomoea wolkottiana</i> 0.4
S4	<i>Cochlospermum vitifolium</i> 31	<i>Cochlospermum vitifolium</i> 1.8
	<i>Cordia alliodora</i> 24	<i>Cordia alliodora</i> 0.6
	<i>Spondias purpurea</i> 17	<i>Astronium graveolens</i> 0.6
S5	<i>Hemiangium excelsum</i> 33	<i>Lonchocarpus eriocarinalis</i> 0.3
	<i>Manihot michaelis</i> 21	<i>Guazuma ulmifolia</i> 0.2
	<i>Dalbergia congestiflora</i> 19	<i>Pistacia mexicana</i> 0.2
S6	<i>Casearia corymbosa</i> 28	<i>Casearia corymbosa</i> 0.6
	<i>Heliocarpus donnell-smithii</i> 14	<i>Thouinia serrata</i> 0.5
	<i>Urera baccifera</i> 10	<i>Bursera arborea</i> 0.4
S7	<i>Caesalpinia eriostachys</i> 42	<i>Caesalpinia eriostachys</i> 1.4
	<i>Caesalpinia caladenia</i> 16	<i>Spondias purpurea</i> 0.9
	<i>Casearia corymbosa</i> 16	<i>Cochlospermum vitifolium</i> 0.4
S8	<i>Caesalpinia pulcherrima</i> 24	<i>Bursera heterestes</i> 0.3
	<i>Bursera heterestes</i> 17	<i>Bursera citronella</i> 0.2
	<i>Cnidoscopus spinosus</i> 14	<i>Bursera fagaroides</i> 0.2
S9	<i>Lysiloma microphyllum</i> 39	<i>Bursera fagaroides</i> 0.3
	<i>Bursera fagaroides</i> 21	<i>Lysiloma microphyllum</i> 0.3
	<i>Lonchocarpus mutans</i> 18	<i>Lonchocarpus mutans</i> 0.3
S10	<i>Thouinia serrata</i> 49	<i>Thouinia serrata</i> 0.2
	<i>Lysiloma microphyllum</i> 26	<i>Lysiloma microphyllum</i> 0.2
	<i>Dalbergia congestiflora</i> 21	<i>Dalbergia congestiflora</i> 0.2
S11	<i>Caesalpinia eriostachys</i> 19	<i>Ficus cotinifolia</i> 1.8
	<i>Thouinia serrata</i> 15	<i>Caesalpinia eriostachys</i> 0.6
	<i>ND Morfoespecie 8</i> 14	<i>Sideroxylon capiri</i> 0.5
S12	<i>Thouinia serrata</i> 49	<i>Caesalpinia coriaria</i> 0.3
	<i>Caesalpinia coriaria</i> 22	<i>Thouinia serrata</i> 0.3
	<i>Guettarda elliptica</i> 17	<i>Wimmeria lanceolata</i> 0.2
S13	<i>Bauhinia subrotundifolia</i> 22	<i>Cordia eleagnoides</i> 0.8
	<i>Caesalpinia platyloba</i> 20	<i>Lysiloma microphyllum</i> 0.5
	<i>Lysiloma tergeminum</i> 19	<i>Cyrtocarpa procera</i> 0.3

Las especies más frecuentes fueron *Thouinia serrata* (presente en 12 sitios), seguida de *Lysiloma microphyllum* (11 sitios) y *Guettarda elliptica* (10 sitios).

4.2 ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN

4.2.1 DENSIDAD Y ESTRUCTURA DIAMÉTRICA

En los 13 sitios estudiados se registró un total de 3,206 individuos, que en conjunto tuvieron 4,475 tallos con un DAP ≥ 2.5 cm; el número promedio (\pm DE) de individuos por sitio fue de 247 ± 42.0 , con un intervalo de 180 (S9) a 330 (S5) (Tabla 7). De los 3,206 individuos, 3,024 fueron árboles o arbustos y 182 fueron lianas, con los valores máximos y mínimos por forma de crecimiento en S9 y S5 (Tabla 6). Se encontraron diferencias significativas entre el número de individuos ($F_{12, 117} = 4.4$, $P < 0.001$), así como en el número de tallos ($F_{12, 117} = 4.6$, $P < 0.001$). (Figura 4 A, B) entre los sitios.

Tabla 7. Número de individuos por categoría diamétrica, forma de crecimiento (AA, árboles y arbustos; L, lianas) y total de individuos en los 13 sitios muestreados de selva baja caducifolia en Colima. El valor máximo de cada columna está indicado con negritas y el mínimo con negritas y subrayado.

Sitio	Diámetro AA / L (cm)			AA / L / Total
	2.5 – 9.9	10 – 29.9	≥ 30	
S1	220 / 12	47 / 0	4 / 0	271 / 12 / 283
S2	180 / 17	61 / 2	7 / 0	248 / 19 / 267
S3	201 / 23	62 / 1	10 / 0	273 / 24 / 297
S4	167 / 18	64 / 0	9 / 0	240 / 18 / 258
S5	230 / 52	47 / 0	1 / 0	278 / 52 / 330
S6	149 / 23	52 / 0	18 / 0	219 / 23 / 242
S7	145 / 14	61 / 0	12 / 1	218 / 15 / 233
S8	<u>128 / 0</u>	59 / 0	2 / 0	189 / 0 / 189
S9	132 / 0	46 / 0	2 / 0	<u>180 / 0 / 180</u>
S10	224 / 0	<u>20 / 0</u>	<u>0 / 0</u>	244 / 0 / 244
S11	144 / 2	49 / 0	10 / 0	203 / 2 / 205
S12	198 / 0	39 / 0	1 / 0	238 / 0 / 238
S13	172 / 17	44 / 0	7 / 0	223 / 17 / 240
Total	2290 / 178	651 / 3	83 / 1	3024 / 182 / 3206

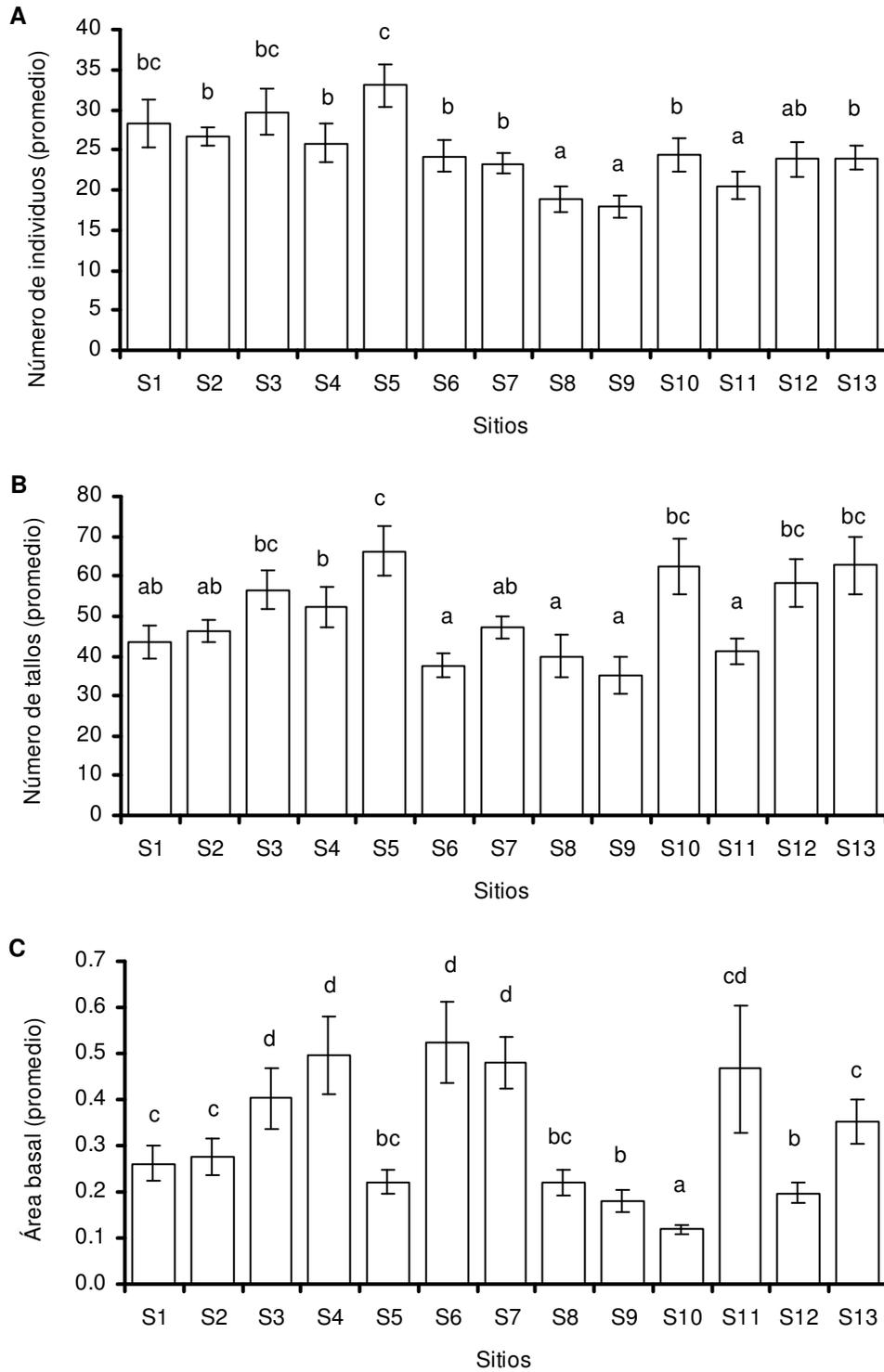


Figura 4. Diferencias en el número de individuos (A), número de tallos (B) y área basal por sitio (C). Letras diferentes muestran diferencias significativas entre sitios ($P < 0.05$). Las barras de error son \pm EE.

La estructura diamétrica por sitio presentó una distribución de J invertida, con un mayor número de individuos en la categoría diamétrica menor (Tabla 7). S9 fue el sitio con el menor número de individuos (180 individuos), en tanto que en S6 (330) se registró el máximo. En forma similar, la mayoría de los individuos de las diferentes formas de vida se presentó en la categoría diamétrica menor. En cuanto a las lianas, sólo cuatro individuos tuvieron DAP > 10 cm (dos individuos de *Trichostigma octandrum* encontrados en S2, uno de *Pisonia aculeata* en S3 y uno de *Entada polystachya* en S7). Con respecto a la estructura diamétrica a nivel de especies (Tabla 8), más de la mitad (65.5%) no llegaron a alcanzar diámetros mayores a 10 cm. S7 fue el único sitio donde se alcanzó un DAP mayor de 30 cm para las lianas, con un individuo de la especie *Entada polystachya* (Tabla 8).

Tabla 8. Número de especies por conjuntos anidados, definidos por tres valores mínimos de DAP, y forma de crecimiento (AA, árboles y arbustos; L, lianas) para 13 sitios de selva baja caducifolia en Colima.

Sitio	DAP \geq 2.5 cm			DAP \geq 10 cm			DAP \geq 30 cm		
	AA	L	Total	AA	L	Total	AA	L	Total
S1	43	4	47	24	0	24	3	0	3
S2	59	9	68	29	1	30	5	0	5
S3	56	11	67	31	1	32	7	0	7
S4	52	8	60	17	0	17	8	0	8
S5	60	10	70	26	0	26	1	0	1
S6	65	11	76	36	0	36	16	0	16
S7	48	9	57	22	1	23	6	1	7
S8	39	0	39	27	0	27	2	0	2
S9	26	0	26	15	0	15	2	0	2
S10	43	0	43	10	0	10	0	0	0
S11	57	3	60	29	0	29	6	0	6
S12	43	0	43	21	0	21	1	0	1
S13	46	9	55	22	0	22	5	0	5

4.2.2 ÁREA BASAL

El área basal presentó un promedio (\pm DE) de $3.2 \pm 1.4 \text{ m}^2$ por sitio. El área basal mínima fue obtenida en S10, mientras que en S6 se registró el valor máximo (Tabla 9). El ANDEVA mostró diferencias significativas en el AB ($F_{12, 117} = 7.5$, $p < 0.001$) (Figura 4 C). El DAP máximo encontrado corresponde en un individuo de *Ficus cotinifolia*, registrado en S11 (Tabla 9).

Tabla 9. Área basal, diámetro promedio a la altura del pecho (DAP) y especie con el valor máximo de DAP para los 13 sitios estudiados.

Sitio	Área basal ($\text{m}^2/0.1 \text{ ha}$)	DAP promedio (cm)	Especie	DAP (cm)
S1	2.6	6.7	<i>Heliocarpus terebinthinaceus</i>	47.3
S2	2.8	6.2	<i>Spondias purpurea</i>	49.5
S3	4.0	6.7	<i>Neea psychotroides</i>	79.9
S4	5.0	7.4	<i>Cochlospermum vitifolium</i>	62.0
S5	2.2	5.4	<i>Lonchocarpus eriocarinalis</i>	35.3
S6	5.2	8.2	<i>Thouinia serrata</i>	73.0
S7	4.8	8.2	<i>Cochlospermum vitifolium</i>	72.3
S8	2.2	6.5	<i>Bursera citronella</i>	32.6
S9	1.8	6.1	<i>Lonchocarpus mutans</i>	31.2
S10	1.2	4.3	<i>Bursera fagaroides</i>	16.5
S11	4.7	7.2	<i>Ficus cotinifolia</i>	127.5
S12	2.0	5.0	<i>Caesalpinia coriaria</i>	39.0
S13	3.5	5.7	<i>Cyrtocarpa procera</i>	64.0

4.3 RECAMBIO ESPACIAL DE ESPECIES

El índice de similitud de Sørensen entre sitios (Tabla 10), abarca un intervalo de valores bajos a intermedios (0.07 a 0.52); el promedio (\pm DE) para los 13 sitios estudiados fue de 0.26 ± 0.09 , con un promedio (\pm DE) de 14 ± 16 especies compartidas. Cerca de la mitad (44.8%) de todas las comparaciones posibles entre sitios se localizó en el intervalo de similitud de 0.2 - 0.29 (Figura 5). Los pares de sitios con mayor similitud fueron S8-S9 (0.52), S2-S3 (0.47) y S9-S10 (0.46), los cuales se encuentran geográficamente cercanos (Figura 1). El par de sitios con menor similitud fue S4-S9 (0.09), que son los de mayor distancia entre sí. La prueba de Mantel mostró una correlación significativa entre la distancia y la similitud de las especies presentes por sitio ($r = 0.52$, $\tau = 2.4$, $P = 0.016$), ya que los sitios más cercanos entre sí fueron los más similares en su composición florística.

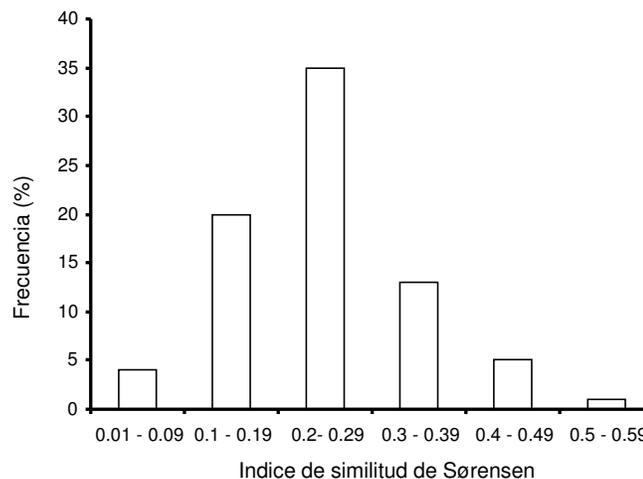


Figura 5. Distribución de frecuencias de los valores de similitud de Sørensen entre los 13 sitios con selva baja caducifolia en el estado de Colima.

El dendograma de relaciones florísticas entre los sitios con base en datos de presencia-ausencia de especies permite distinguir dos grupos a una distancia de unión de 0.40 (Figura 6). Ambos grupos son muy heterogéneos; sin embargo, en forma general, los sitios agrupados pueden asociarse con la unidad ambiental en donde se distribuyen (Tabla 2). El primer grupo incluye a los sitios que se distribuyen en los lomeríos altos (S9, S10, S11, S12 y S13), pie de monte inferior (S7 y S8), y pie de monte superior (S1). El segundo grupo engloba los sitios que se desarrollan en la planicie baja (S3), lomeríos bajos (S2 y S4) y pie de monte medio (S5 y S6)

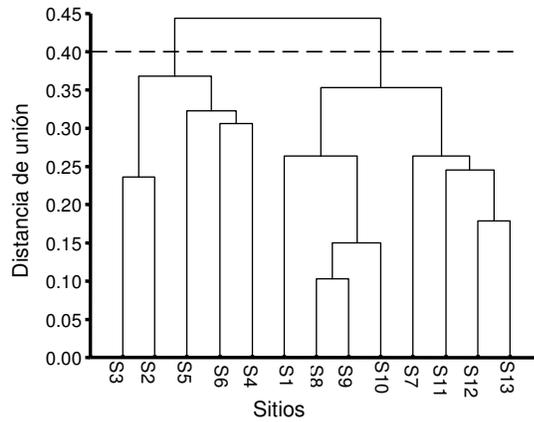


Figura 6. Análisis de clasificación para los 13 sitios estudiados de selva baja caducifolia con datos de presencia-ausencia de especies usando el método de Ward y el porcentaje de disimilitud de Sørensen

4.4 DIVERSIDAD, ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN Y VARIABLES AMBIENTALES

La relación de las variables climáticas y la altitud con la diversidad y la estructura de la vegetación de los 13 sitios de SBC en Colima no fue significativa en ningún caso. Los resultados se muestran en la tabla 11.

Tabla 10. Índice de Sørensen y número de especies compartidas para pares de 13 sitios de selva baja caducifolia en el estado de Colima. Se señalan los tres valores máximos en negritas, subrayados y cursivas en orden descendente. El valor mínimo se señala en cursivas y subrayado.

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13
	Número de especies compartidas												
S1		7	5	5	18	11	7	9	6	11	8	7	5
S2	0.12		32	19	20	26	23	15	10	17	18	16	23
S3	0.09	<u>0.47</u>		16	17	24	21	14	9	11	20	8	18
S4	0.09	0.30	0.25		15	22	15	12	<u>3</u>	9	9	12	11
S5	0.31	0.29	0.25	0.23		<u>27</u>	17	11	9	17	14	9	15
S6	0.18	0.36	0.34	0.32	0.37		17	17	8	15	14	9	13
S7	0.14	0.37	0.34	0.26	0.27	0.26		14	10	11	18	13	22
S8	0.21	0.28	0.26	0.24	0.20	0.30	0.29		17	18	13	7	12
S9	0.16	0.21	0.19	<u>0.07</u>	0.19	0.16	0.24	0.52		16	13	6	10
S10	0.24	0.31	0.20	0.18	0.30	0.25	0.22	0.44	<i>0.46</i>		12	15	14
S11	0.15	0.28	0.32	0.15	0.22	0.21	0.31	0.26	0.30	0.23		14	26
S12	0.16	0.29	0.15	0.23	0.16	0.15	0.26	0.17	0.17	0.35	0.27		22
S13	0.10	0.37	0.30	0.19	0.24	0.20	0.39	0.26	0.25	0.29	0.45	0.45	
	Similitud de Sørensen												

Tabla 11. Relación de la diversidad y la estructura de la vegetación con algunas variables ambientales en la selva baja caducifolia del estado de Colima. (Valor de significancia corregido = 0.0008)

Variable	Variables ambientales								
	Precipitación (mm)			Evaporación			Altitud (m)		
	R ²	F	P	R ²	F	P	R ²	F	P
Especies	-0.086	0.047	0.832	0.182	3.663	0.082	0.058	1.735	0.215
Total de individuos	-0.068	0.237	0.636	-0.056	0.366	0.558	-0.081	0.097	0.762
Individuos ≥ 2.5 cm	-0.084	0.074	0.790	-0.090	0.011	0.917	-0.091	0.003	0.957
Individuos ≥ 10 cm	-0.027	0.683	0.426	-0.022	0.746	0.406	-0.033	0.621	0.447
Individuos ≥ 30 cm	-0.084	0.069	0.798	0.249	4.988	0.047	-0.086	0.046	0.834
Total de tallos	0.146	3.047	0.109	-0.017	0.805	0.389	-0.013	0.842	0.378
Tallos ≥ 2.5 cm	0.035	1.438	0.256	-0.075	0.159	0.698	-0.035	0.593	0.458
Tallos ≥ 10 cm	0.131	2.815	0.122	0.079	2.027	0.182	-0.081	0.104	0.753
Tallos ≥ 30 cm	-0.089	0.014	0.907	0.313	6.475	0.027	-0.074	0.174	0.685
Área basal (m ² /0.1 ha)	-0.081	0.097	0.761	0.352	7.519	0.019	-0.054	0.390	0.545
	Temperatura (° C)			Número de meses húmedos			Número de meses secos		
Especies	0.001	1.015	0.335	0.121	2.644	0.132	0.508	13.406	0.004
Total de individuos	-0.060	0.324	0.581	-0.036	0.579	0.463	0.268	5.398	0.040
Individuos ≥ 2.5 cm	-0.048	0.446	0.518	-0.082	0.090	0.770	0.058	1.735	0.215
Individuos ≥ 10 cm	-0.075	0.153	0.702	-0.078	0.126	0.729	0.165	3.380	0.093
Individuos ≥ 30 cm	0.212	4.226	0.064	0.113	2.535	0.140	0.224	4.465	0.058
Total de tallos	-0.020	0.768	0.399	-0.090	0.009	0.927	0.038	1.479	0.249
Tallos ≥ 2.5 cm	-0.022	0.741	0.408	-0.084	0.073	0.793	-0.055	0.370	0.555
Tallos ≥ 10 cm	-0.076	0.142	0.712	-0.020	0.763	0.400	0.099	2.328	0.155
Tallos ≥ 30 cm	0.189	3.799	0.077	0.124	2.695	0.129	0.268	5.396	0.040
Área basal (m ² /0.1 ha)	0.019	1.238	0.290	0.151	3.134	0.104	0.329	6.886	0.024

V. DISCUSIÓN

5.1 DIVERSIDAD Y FLORÍSTICA

5.1.1 DIVERSIDAD

La riqueza promedio por sitio de 0.1 ha de la SBC del estado de Colima (54.7 especies) se ubica dentro del intervalo de riqueza reportado por Gentry (1995) para Latinoamérica (50-70 especies), y presenta una mayor similitud con los datos reportados por Gillespie *et al.*, (2000) para Centroamérica (55.7 especies) Haciendo una comparación con los sitios mexicanos (Tabla 12), la riqueza promedio de Colima está cerca del promedio (\pm DE) resultante al usar los datos reportados para México obtenidos con la metodología de Gentry (58.2 ± 17.05 especies, Lott *et al.*, 1987; Trejo, 1998; Salas, 2002; Pineda-García *et al.*, 2007). En forma similar, la riqueza de especies de Colima es comparable a la de la región biogeográfica de la Costa Pacífica Mexicana (CPM), como la definen Morrone y Márquez (2003), en donde los datos de riqueza reportados por Lott *et al.* (1987), Salas (2002) y los sitios estudiados por Trejo (1998) en esta región biogeográfica dan un promedio (\pm DE) de 58.5 ± 15.5 especies por 0.1 ha.

Analizando la riqueza total de especies por sitio de la SBC del estado de Colima con los datos reportados en diferentes localidades en México, S6 ocupa el décimo lugar en riqueza de especies, siendo superado por cuatro sitios en Oaxaca: Huatulco (82 especies), Xadani (80), Tangoluda (80) (Salas, 2002) y Copalita (86) (Trejo, 2002); dos en Jalisco: Chamela 1 (92) y Chamela 2 (83) (Lott *et al.*, 1987); dos en Michoacán: Caleta (97) e Infiernillo (86) (Trejo, 1998) y uno en Guerrero: Cañón del Zopilote (77) (Trejo, 1998). En general, nueve de los 13 sitios de Colima se ubican por debajo del promedio nacional, con sólo S2, S3, S5 y S6 superando este valor. En un sentido opuesto, S9 resaltó como el segundo de menor riqueza para México, con sólo cuatro especies más que Calipam, Puebla el cual es el sitio con menor riqueza para la SBC en México y asimismo uno de los sitios de SBC con menor precipitación (Trejo, 1998).

La riqueza promedio del número de familias de la SBC de Colima (26.8 familias) es similar al promedio (\pm DE) encontrada en todos los sitios estudiados en México (28.3 ± 7.6 familias; Lott *et al.*, 1987; Trejo, 1998; Salas, 2002; Pineda-García *et al.*, 2007) y la reportada por Trejo (1998) a nivel nacional (32). Este dato es indicativo de una diversidad considerable para el estado, ya que comprende 80% de las familias reportadas por Trejo

(1998) para México y presenta una gran similitud con las familias dominantes en la SBC de México y Latinoamérica (Gentry, 1995; Trejo, 1998).

El promedio de géneros encontrado en Colima se ubica entre los más bajos, ya que el promedio (\pm DE) para el país es de 55.2 ± 16.4 (Lott *et al.*, 1987; Trejo, 1998; Salas, 2002; Pineda-García *et al.*, 2007).

Por otro lado, el promedio (\pm DE) de la riqueza de especies de lianas (4.7 ± 3.8) fue menor que el reportado en diferentes sitios, como el señalado por Gentry (1995) para diversos sitios en Latinoamérica (17), el reportado por Trejo y Dirzo (2002) para México (5.25), el obtenido para la CPM (7.3 ± 5.5 , Lott *et al.*, 1987; Trejo, 1998; Salas, 2002; Pineda-García *et al.*, 2007) así como el de El Tarimo (Pineda-García *et al.*, 2007) y el de la costa oaxaqueña (7.7) (Salas, 2002).

Los valores obtenidos en este estudio con el índice alfa de Fisher no pudieron compararse con los sitios reportados por Trejo (1998) y Salas (2002) debido a que ellas no usaron este índice de diversidad; sólo fue posible comparar con los datos reportados para los sitios de Chamela (Phillips y Miller, 2002) y la región de El Tarimo, Gro. (Pineda-García *et al.*, 2007). En general todos los sitios de Colima presentan valores por debajo de los sitios de Chamela 1 y 2; sin embargo, el valor de S2 es superior al sitio Chamela 2, mientras que el valor de S6 es superior al sitio Chamela 1.

5.1.2. FLORÍSTICA

La dominancia de la familia Leguminosae en la SBC de Colima es una característica general en la composición florística de este tipo de vegetación en México (Lott *et al.*, 1987; Trejo, 1998) y diversos países de Latinoamérica (Gentry, 1995; Gillespie *et al.*, 2000), en donde predomina por número de especies, número de individuos y área basal. Esta dominancia se ha asociado a un elevado número de especies con sistemas especializados de raíces con simbiontes fijadores de N (Givnish, 1999).

Tabla 12. Comparación de atributos de estructura y diversidad para diversas localidades en México, a partir de censos de árboles, arbustos y lianas encontrados en áreas de 0.1 ha de selva baja caducifolia. Referencias: 1 (Lott *et al.*, 1987), 2 (Trejo, 1998), 4 (Trejo y Dirzo, 2002), 3 (Salas, 2002), y 4 (Pineda-García *et al.*, 2007). Abreviaturas: A (árboles y arbustos), ALT (altitud), ArBa (Área basal), S (especies), Fam (familias), Ind (individuos), L (lianas), PTA (precipitación total anual).

Sitios	S	Fam (#)	Ind (#)	ArBa (m ²)	S A/L (#)	Fam A/L (#)	Ind A/L (#)	ArBa A/L (m ²)	ALT (m)	PTA (mm)
Caleta, Mich. ²	97	45 ²	498 ²	7.9 ²	90/7	-	470/28 ²	-	97	1200
Chamela 1, Jal ¹	92 ¹	38	396	2.6	78/11	35/9	357/39	2.57/0.1	584	748
Copalita, Oax. ²	86	46	402	6.6	76/10	-	385/17	-	60	800
Chamela 2, Jal. ¹	83 ¹	33	507	2.2	78/7	32/6	454/53	2.1/0.1	548	748
Huatulco, Oax. ³	82	30	383	1.9	72/13	-	327/36	-	10	-
Tangolunda, Oax. ³	80	27	358	2.6	75/10	-	264/30	-	30	-
Xadani, Oax. ³	80	34	225	2.3	66/27	-	158/67	-	200	-
Infiernillo, Mich. ²	78	38	420	4.9	73/5	-	414/6 ²	-	237	640
Cañon del Zopilote, Gro. ²	77	32	474	7.0	75/2	-	470/4 ²	-	863	690
S6, Colima, Col. ⁵	76	39	242	5.2		33/6	221/21	-	660	962
Playa Grande, Oax. ³	71	28	456	2.7	62/6	-	323/35	-	150	-
Chacalapa, Oax. ³	71	29	250	3.0	67/10	-	220/28	-	190	-
Bajos del Arenal, Oax. ³	71	27	234	2.2	75/5	-	216/16	-	50	-
Cosala, Sin. ²	70	33	342	6.2	58/12	-	306/36	-	561	900
S5, Manzanillo, Col. ⁵	70	32	330	2.2	-	27/5	330/52	-	340	715
El Chorro, Oax. ³	69	29	324	2.0	71/5	-	312/14	-	140	-
S2, Manzanillo, Col. ⁵	68	35	267	2.8	-	31/4	245/22	-	175	908
S3, Manzanillo, Col. ⁵	67	31	297	4.0	-	27/4	260/37	-	160	548

Sitios	S	Fam (#)	Ind (#)	ArBa (m ²)	S A/L (#)	Fam A/L (#)	Ind A/L (#)	ArBa A/L (m ²)	ALT (m)	PTA (mm)
C. Tuxpan, Gro. ²	66	31	283	5.3	63/3	-	260/23	-	1259	1050
Cuicatlán, Oax. ²	65	32	437	6.0	63/2	-	434/3	-	1047	630
Sayil, Yuc. ²	65	38	327	3.7	53/12	-	296/31	-	100	932
La Cotorra, Oax. ³	65	29	308	2.5	64/6	-	262/31	-	90	-
Río Ciruelo, Oax. ³	64	25	393	2.4	56/9	-	355/31	-	70	-
La Bamba, Oax. ³	61	27	219	3	56/6	-	148/73	-	140	-
Tehuantepec, Oax. ²	60	38	295	3.2	58/2	-	292/3	-	274	920
S11, Ixltahuacán, Col. ⁵	60	25	205	4.7	-	24/1	199/6	-	240	898
S4, Colima, Col. ⁵	60	33	258	5.0	-	30/3	242/16	-	160	548
El Limón, Mor. ²	57	26	260	3.5	50/7	-	240/20	-	1403	870
La Trinitaria, Chis. ²	57	34	387	4.6	52/5	-	376/11	-	890	1000
S7, Villa Álvarez, Col. ⁵	57	33	233	4.8	-	29/4	217/16	-	890	684
S13, Tecomán, Col. ⁵	55	25	240	3.5	-	19/6	229/11	-	240	664
La Colorada, Oax. ³	54	31	347	2.3	51/5	-	181/93	-	20	-
Jocotipac, Oax. ²	53	26	396	5.1	52/1	-	394/2	-	897	500
El Guayacán, Oax. ³	53	23	248	2.0	52/6	-	222/33	-	110	-
El Tarimo 3, Gro. ⁴	50	22	300	3.6	39/10	-	213/87	-	-	-
La Burrera, B.C.S. ²	49	29	337	7.5	41/8	-	312/25	-	538	482
Las Flores, Tmps. ²	48	31	363	10.3	41/7	-	311/52	-	450	1370
Ayutla, Qro. ²	47	31	328	5.3	44/3	-	319/9	-	670	787
El Porvenir, Oax. ³	47	20	345	2.0	53/2	-	335/5	-	200	-
S1, Comala, Col. ⁵	47	20	283	2.6	-	19/1	268/15	-	1400	908
Jesus Maria, Nay. ²	45	27	367	5.4	42/3	-	359/8	-	622	855

Sitios	S	Fam (#)	Ind (#)	ArBa (m ²)	S A/L (#)	Fam A/L (#)	Ind A/L (#)	ArBa A/L (m ²)	ALT (m)	PTA (mm)
S12, Ixltahuacán, Col. ⁵	43	17	238	2.0	-	17/0	238/0	-	300	898
S10, Colima, Col. ⁵	43	22	244	1.2	-	22/0	244/0	-	690	725
El Pensil, Tmps. ²	41	33	428	7.4	33/8	-	408/20	-	380	1350
Alamos, Son. ²	40	22	373	5.7	35/5	-	365/8	-	666	664
El Tarimo 2, Gro. ⁴	40	19	289	3.5	31/9	-	209/80	-	-	-
El Tarimo 4, Gro. ⁴	40	19	188	3.2	30/10	-	164/24	-	-	-
S8, Coquimatlán, Col. ⁵	39	20	189	2.2	-	20/0	137/0	-	570	725
Puente Zimatán, Oax. ³	38	20	164	2.5	41/3	-	148/3	-	90	-
Guelaguichi, Oax. ³	38	18	323	1.4	42/2	-	186/134	-	50	-
Cerro Zináparo, Mich. ²	37	24	355	6.0	34/3	-	340/15	-	2020	880
El Tarimo 1, Gro. ⁴	36	17	211	3.4	29/7	-	180/31	-	-	-
S9, Colima, Col. ⁵	26	16	180	1.8	-	16/0	180/0	-	690	725
Calipam, Pue. ²	22	15	142	1.8	22/0	-	142/0	-	1118	450

La familia Burseraceae, que sigue en predominancia a Leguminosae, constituye un grupo importante en la composición florística de las SBCs del país (Trejo, 1998; Salas, 2002), lo cual se debe a la diversificación y el grado de endemismo del género *Bursera* en México (Rzedowski *et al.*, 2005; Becerra, 2005). Por esta razón, esta familia no es dominante en el resto de los sitios de SBC en Latinoamérica (Gentry, 1995; Gillespie *et al.*, 2000).

La familia Euphorbiaceae ocupa la tercera posición en Colima, pero los datos reportados para diferentes sitios de SBC en México (Lott *et al.*, 1987; Trejo, 1998) hacen de esta familia la segunda más importante por su número de especies, mientras que se presenta como quinta para los sitios estudiados por Gentry (1995); Anacardiaceae, que ocupa la cuarta posición en Colima es reportada por Trejo (1998) como la quinta más importante a nivel nacional, mientras que para la SBC en Latinoamérica no se encuentra entre las primeras cinco familias (Gentry, 1995). Dos de las familias características de este tipo de vegetación son Cactaceae (Trejo, 1998) y Bignoniaceae (Lott *et al.*, 1987; Gentry, 1995), pero éstas no fueron dominantes para los sitios estudiados en Colima. La familia Cactaceae sólo estuvo representada por dos especies, una de las cuales apareció en S7; mientras que Bignoniaceae, aunque sobresalió por su número de especies (Tabla 4), sólo apareció hasta el octavo lugar con seis especies. Trejo (1998), Salas (2002) y Pineda-García *et al.* (2007) señalan resultados similares, ya que Bignoniaceae no se ubica entre las cinco familias predominantes por su número de especies para las localidades estudiadas por estos autores.

Al interior de los sitios, la familia Leguminosae generalmente es dominante por su número de especies, individuos y área basal. Sin embargo, S4 está dominado por la familia Cochlospermaceae, dominancia relacionada a la abundancia y AB de la especie *Cochlospermum vitifolium*, la cual es una especie común para la SBC dentro de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán (INE, 2000). Sin embargo, esta especie se ha asociado con zonas secundarias para las selvas bajas caducifolias de Colima y Jalisco (Rzedowski, 1978; Lott y Atkinson, 2006) y las características estructurales de este sitio en cuanto a número de tallos e individuos se encuentran entre las cinco de valores más altos para Colima, lo cual puede estar asociado a un estado de regeneración avanzado caracterizado por una mayor abundancia de individuos (Gillespie *et al.*, 2000).

La mayor similitud respecto a los géneros dominantes de la SBC del estado de Colima se da con el estudio de Salas (2002), ya que *Bursera*, *Croton*, *Caesalpinia*, *Lonchocarpus* y *Randia*

también se presentan como los dominantes en la costa de Oaxaca. En menor grado, la similitud en géneros dominantes es comparable a la SBC de Chamela, Jalisco, debido principalmente a la presencia de *Bursera*, *Caesalpinia* y *Croton* (Lott y Atkinson, 2006). Existe una menor similitud con los géneros dominantes de la zona de El Tarimo, Guerrero, donde únicamente *Bursera* coincide entre los cinco géneros dominantes, mientras que no se presenta *Croton*, uno de los géneros con mayor distribución en las comunidades con este tipo de vegetación (Gentry, 1995; Trejo, 1998; Salas, 2002; Lott y Atkinson, 2006).

El género *Bursera* (15 especies) resultó ser el más rico en especies en Colima. Este hecho ha sido reportado para diferentes localidades en el país como la región de El Tarimo, Guerrero (Pineda-García *et al.*, 2007), la costa oaxaqueña (Salas, 2002) y catorce de los sitios reportados por Trejo (1998). Todos estos sitios se localizan en la costa del Pacífico, región para la cual se ha determinado un alto endemismo y una fuerte diversificación del género *Bursera* (Becerra, 2005; Rzedowski *et al.*, 2005).

Algunas especies de *Bursera*, *Lonchocarpus*, *Caesalpinia*, *Cordia*, junto con la especie *Lysiloma microphyllum* fueron las más frecuentes como dominantes por AB y abundancia en los sitios de estudio en Colima. Cabe destacar a la especie *Lysiloma microphyllum*, ya que es la más ampliamente distribuida en la SBC a nivel nacional (Trejo y Dirzo, 2002) y Rzedowski, (1991b) ya había mencionado que esta especie tiene un área de distribución geográfica muy grande (desde el norte del país hasta Oaxaca); también es la más frecuente en la composición florística de los sitios estudiados en Colima. Como señala Rzedowski (1978) para la SBC de la zona, es común encontrar varias especies codominantes, como sucede con mayor intensidad en S3, S4, S9, S10 y S12. En algunas selvas secas, como las de la India, se ha relacionado esta variación en la dominancia de las especies con diferencias en el contenido de nitrógeno en el suelo (Sagar *et al.*, 2003).

5.2 ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN

5.2.1 DENSIDAD Y ESTRUCTURA DIAMÉTRICA

El valor promedio del número de individuos en sitios de 0.1 ha de SBC en el estado de Colima (246.6 individuos) resultó ser menor que el valor promedio reportado por Gentry (1995), (370) y sólo es similar al promedio reportado por Gillespie *et al.* (2000). Para México, el promedio de individuos de Colima es menor que los valores promedios reportados para Chamela, Jalisco (450.6; Lott *et al.*, 1987), Oaxaca (305.1; Salas, 2002) y el promedio nacional (360.7; Trejo,

1998). Si se consideran únicamente los sitios localizados dentro de la región biogeográfica CPM, el promedio (\pm DE) de individuos de la SBC de Colima ($311.0 \pm$ DE 84.1; Lott *et al.*, 1987; Trejo, 1998; Salas, 2002), se ubica entre los más bajos en esta región, pero es igual al valor promedio de la SBC de El Tarimo, Guerrero (247; Pineda-García *et al.*, 2007).

Con respecto al promedio de individuos con $DAP \geq 10$ cm (56 individuos) de la SBC de Colima, éste fue menor al reportado por Gentry (1995) para Latinoamérica (65) y por Trejo (1998) para México (116), pero nuevamente, fue similar al registrado en El Tarimo (60.7; Pineda-García *et al.*, 2007). Asimismo, el promedio de individuos con $DAP \geq 30$ cm (6 individuos) fue menor que el promedio (11.1) encontrado por Trejo (1998). Considerando cada sitio en particular, el total de individuos con $DAP \geq 10$ cm siempre fue menor al promedio reportado por Trejo (1998), mientras que para el total de de individuos ≥ 30 cm de DAP sólo S6 (18 individuos) y S7 (13) superaron el promedio indicado por Trejo (1998). En general, el DAP máximo para esta selva es de 50 cm (Rzedowski, 1978); sin embargo, se encontraron individuos que excedían este valor en seis sitios, en forma similar a la SBC en la costa de Oaxaca (Salas, 2002).

Cabe destacar que el número promedio de individuos de lianas con $DAP \geq 2.5$ cm (14) es menor al encontrado por Trejo (1998) a nivel nacional (44) y menor al promedio en Latinoamérica (70) (Gentry, 1995). Existe una menor diferencia si se compara el promedio de Colima con el promedio (\pm DE) para la CPM ($36.7 \pm$ 31.4; Lott *et al.*, 1987; Trejo, 1998; Salas, 2002). Las perturbaciones como el fuego pueden reducir el número de individuos y la diversidad de lianas en las SBCs (Gillespie *et al.*, 2000), mientras que la SBC perturbada por la recolección de leña puede llevar a un aumento de la densidad de lianas (Gillespie *et al.*, 2000; Gentry, 1995). Para la SBC en México, Trejo (1998) menciona que la densidad de lianas puede verse aumentada por perturbaciones. Considerando lo anterior, la escasez de lianas de la SBC de Colima puede indicar cierto grado de conservación, pero al mismo tiempo, el escaso número de individuos de lianas con $DAP > 10$ cm (3 ind.) muestra que los individuos presentes tienen poco tiempo de crecimiento. Por ello, la baja diversidad y densidad de individuos de lianas en la SBC de Colima, necesita ser relacionada con tipos y grados de disturbio, para conocer si esto es resultado de alteraciones en la SBC o es una característica de la composición y estructura de esta selva, puesto que Trejo y Dirzo (2002) mencionan que las lianas, en general, no son un componente florístico importante de la SBC de México

Analizando el número total de individuos por sitios, S1, S3 y S5 son similares al número de individuos encontrados en la mayoría de los sitios de Trejo (1998), pero nunca llegan a igualar los valores más altos reportados por ella. Descartando los sitios mencionados, los restantes presentan una abundancia de individuos baja, ya que tienen un número menor que en El Limón, Mor. (260 individuos), sitio penúltimo en abundancia para Trejo (1998). Comparando los datos con los sitios reportados por Salas, sólo S1, S2, S3, S4 y S5 se encuentran por encima del sitio Chacalapa, Oax. (250), el cual se sitúa como el décimo por su número de individuos de un total de 15 sitios (Salas, 2002). Esta comparación sitúa a la mayoría de los sitios aquí estudiados entre los de menor densidad para la SBC del país.

5.2.2 ÁREA BASAL

El promedio (\pm DE) de AB para los sitios de Colima ($3.2/0.1 \text{ ha} \pm 1.4 \text{ m}^2$) fue similar al promedio ($3.5 \text{ m}^2/0.1 \text{ ha}$) reportado por Gentry (1995) para la región neotropical y es considerablemente mayor si se considera exclusivamente las localidades centroamericanas ($2.2/0.1 \text{ ha} \pm 0.22$; Gillespie *et al.*, 2000). Tomando en cuenta todos los sitios estudiados en México (Lott *et al.*, 1987; Trejo, 1998; Salas, 2002; Pineda-García *et al.*, 2007), el AB promedio (\pm DE) para el país es de $4.10 \text{ m}^2/0.1 \text{ ha} \pm 2.07$, valor que al incluir los sitios de Colima disminuye a $3.89 \text{ m}^2/0.1 \text{ ha} \pm 1.95$, mientras que en la CPM (Lott *et al.*, 1987; Trejo, 1998; Salas, 2002), el promedio (\pm DE) es de $3.03 \text{ m}^2/0.1 \text{ ha} \pm 1.46$. Con respecto a estos valores, el AB promedio de Colima fue menor al promedio nacional y al valor reportado para El Tarimo ($3.44 \text{ m}^2/0.1 \text{ ha}$; Pineda-García *et al.*, 2007) pero mayor al valor promedio de la CPM y el reportado para los sitios de Oaxaca ($2.34 \text{ m}^2/0.1 \text{ ha}$; Salas, 2002).

Considerando el AB por sitio, existe una gran variación entre ellos, ya que los sitios estudiados fluctúan desde $1.2 \text{ m}^2/0.1 \text{ ha}$ (S10), que es el menor valor de AB reportado para el país, hasta $5.2 \text{ m}^2/0.1 \text{ ha}$ (S6). Trejo (1998) reporta 13 sitios con valores de AB mayores que el encontrado en S6, mientras que en los sitios de Oaxaca y en El Tarimo, Guerrero, todos los valores están por debajo de $5.2 \text{ m}^2/0.1 \text{ ha}$ (Salas, 2002; Pineda-García *et al.*, 2007). La variación en esta variable entre los sitios estudiados puede deberse a diferencias entre los sitios en la abundancia de individuos dentro de las categorías diamétricas mayores, ya que cuatro de los cinco sitios con mayor área basal (S6, S7, S11 y S3) son al mismo tiempo los de mayor densidad de individuos con $\text{DAP} \geq 30 \text{ cm}$.

5.3 RECAMBIO ESPACIAL DE ESPECIES

Trejo y Dirzo (2002) reportaron una similitud promedio de 9% entre 20 sitios localizados a lo largo del gradiente latitudinal en el que se distribuye la SBC en México. Los sitios ubicados en Colima muestran una tendencia parecida, aunque con una mayor similitud (26%), lo que se explica, en primera instancia por su cercanía geográfica como lo muestra la prueba de Mantel. Esta relación de distancia y similitud se ha asociado a gradientes climáticos o diferencias en amplitud de nicho entre las especies (Nekola y White, 1999), o a una menor capacidad de dispersión (Segura *et al.*, 2002). Sin embargo, estudios realizados en Chamela, Jal. muestran que aunque el recambio de especies se ha relacionado con gradientes de disponibilidad de agua, no se ha asociado a la distancia. (Segura *et al.*, 2002).

Las diferentes condiciones geomorfológicas en las que se distribuye la SBC en Colima comprenden desde lomeríos altos hasta planicies bajas, y forman dos grupos con base en la similitud de las especies. Sin embargo, en cada uno de los dos grupos formados se ubican los pares de sitios con mayor semejanza florística; el par S8-S9 comprende unidades con pie de monte inferior y lomeríos altos respectivamente; mientras que el par S2-S3 comprende unidades con lomeríos bajos y planicie baja, por lo cual no parece haber una relación entre la similitud florística y la geomorfología.

Estos resultados muestran que el alto recambio florístico reportado por Trejo y Dirzo (2002) para la SBC del país, puede también observarse a escalas geográficas menores (*e. g.*, Balvanera *et al.* 2002; Segura *et al.*, 2002, Pérez-García y Meave, 2004; Durán *et al.*, 2006). Por ello, hay que considerar que aun superficies relativamente pequeñas pueden contener una alta diversidad beta, lo cual debe ser considerado al elaborar las posibles estrategias de conservación de estas comunidades en México.

5.4 DIVERSIDAD, ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN Y VARIABLES AMBIENTALES

Se ha señalado como el principal determinante en la diversidad de las SBCs la estacionalidad característica de este tipo de vegetación; sin embargo, Trejo y Dirzo (2002) señalan que para el caso de la SBC en México, la estacionalidad medida como el número de meses húmedos y el número de meses secos, no tiene relación significativa con la diversidad y con variables estructurales de la vegetación. Asimismo, Trejo y Dirzo (2002) mencionan que la riqueza de

especies en la SBC de México no está asociada con la precipitación, caso contrario a lo que sucede en otras SBCs en Latinoamérica; sino que la riqueza de especies, forma de vida y tamaño de las plantas de las SBCs de México está relacionada en forma significativa con el índice de evapotranspiración de Thornthwaite. En el caso de Colima, las variables consideradas no mostraron relaciones significativas con la diversidad y los atributos estructurales de la SBC colimeña, pero no se utilizó el índice de Thornthwaite, el cual debe medirse para conocer su influencia en la SBC del estado.

VI. CONCLUSIONES

El promedio de especies por sitio y las características estructurales de la SBC en Colima no permiten ubicarla como una comunidad de alta riqueza florística o con una estructura sobresaliente de otras comunidades estudiadas en el país. La relevancia de la SBC de Colima reside en el elevado recambio de especies que presenta a lo largo de los sitios de muestreo, de mayor relevancia por la escala geográfica en la que dicho recambio ocurre. De este resultado se sugiere estudiar las relaciones de esta diversidad con la heterogeneidad ambiental en los sitios que se presenta en Colima, por medio de gradientes de variables que ya se han asociado en otros estudios de SBC en el país, como la disponibilidad de agua (medida por diferentes variables como la altitud sobre el nivel del mar, influencia de la pendiente en la infiltración, intercepción de la radiación solar por el dosel y capacidad de retención de agua en el suelo), las características litológicas y la orientación de la pendiente. Asimismo, es necesario realizar un análisis a detalle de la riqueza de la SBC colimeña con las variables climáticas de la zona, en específico analizando la influencia del índice de Thornthwaite. Esta propuesta se hace con el fin de definir un plan de conservación efectivo de la diversidad florística presente en la SBC colimeña. Como un primer acercamiento para su conservación, se proponen como áreas prioritarias a las zonas donde se localizan S5 y S6, en los municipios de Comala y Coquimatlán. Ambos sitios son los que poseen mayor riqueza y diversidad de especies, y en conjunto representan 46.8% de la riqueza florística censada en los 13 sitios incluidos en este trabajo.

VII. LITERATURA CITADA

- Balvanera P., Lott E., Segura G., Siebe C. y Islas A. 2002.** Patterns of β -diversity in a Mexican tropical dry forest. *Journal of Vegetation Science* 13: 145-158.
- Balvanera P. y Aguirre E. 2006.** Tree diversity, environmental heterogeneity and productivity in a Mexican tropical dry forest. *Biotropica* 38: 479-491.
- Becerra J. X. 2005.** Timing the origin and expansion of the Mexican tropical dry forest. *Proceedings of the National Academy of Sciences of United States of America* 102: 10919-10923.
- Ceballos G. 1995.** Vertebrate diversity, ecology and conservation in neotropical dry forest. In: Bullock S. H., Mooney H. A. y Medina E. (eds), *Seasonally Dry Tropical Forest*. Pp. 148-194. Cambridge University Press, Cambridge.
- Ceballos G. y García A. 1995.** Conserving neotropical biodiversity: The role of dry forest in western Mexico. *Conservation Biology* 9: 1349-1356.
- Challenger A. 1998.** Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Instituto de Biología, UNAM y Agrupación Sierra Madre. México, D. F.
- Clinebell R. R., Phillips O. L., Gentry A. H., Stark N. y Zuuring H. 1995.** Prediction of neotropical tree and liana species richness from soil and climatic data. *Biodiversity and Conservation* 4: 56-90.
- Colwell R. K. 2005.** EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Versión 7.5. Persistent URL <purl.oclc.org/estimates>.
- Cuevas R., Núñez N. M., Guzmán L. y Santana F. J. 1998.** El bosque tropical caducifolio en la Reserva de la Biosfera Sierra de Manatlán, Jalisco-Colima. México. *Boletín de Botánica de la Universidad de Guadalajara* 5: 445-491.
- Dávila P. y Sosa V. 1994.** El conocimiento florístico de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 55: 21-27.
- Dirzo R. y Raven P. H. 2003.** Global state of biodiversity and loss. *Annual Review of Environmental Resources*. 28:137-167.
- Durán E., Meave J. A., Lott E. J. y Segura G. 2006.** Structure and tree diversity patterns at the landscape level in a Mexican tropical deciduous forest. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 79: 43-60.

- Ferrusquía Villafranca I. 1998.** Geología de México: una sinopsis. In: Ramamoorthy, T. P., Bye, R., Lot, A., y Fa, J. (comp.) *Diversidad Biológica de México. Orígenes y distribución*. Pp. 3-108. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.
- Flores V. O. y Gerez P. 1994.** Biodiversidad y conservación en México: vertebrados, vegetación y uso de suelo. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.
- Gallardo-Cruz J. A. 2004. Efecto de la orientación y la altitud sobre la heterogeneidad vegetacional en el Cerro Verde, Nizanda (Oaxaca), México. Tesis de Licenciatura (Biología). Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F., 79 pp.
- García E. 1981.** Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Editado por la autora.
- Gaston K. J. 2000.** Global patterns in biodiversity. *Nature* 405: 220-227.
- Gentry A. H. 1982.** Patterns of neotropical plant species diversity. *Evolutionary Biology* 15: 1-84.
- Gentry A. H. 1988a.** Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 75: 1-34.
- Gentry A. H. 1988b.** Tree species richness of upper Amazonian forest. *Proceedings of the National Academy U.S.A.* 85: 156-159.
- Gentry A. H. 1995.** Diversity and floristic composition of neotropical dry forests. In: Bullock S. H., Mooney H. A. y Medina E. (eds), *Seasonally Dry Tropical Forest*. Pp. 148-194. Cambridge University Press, Cambridge.
- Gillespie T. W., Grijalva A. y Farris C. N. 2000.** Diversity, composition, and structure of tropical dry forest in Central America. *Plant Ecology* 147: 37-47.
- Givnish T. J. 1999.** On the causes of gradients in tropical tree diversity. *Journal of Ecology* 87: 193-210
- INE (Instituto Nacional de Ecología) 2000.** Programa de Manejo Reserva de la Biósfera Sierra de Manantlán. México, D.F.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2001.** Entidad Federativa: Colima. <http://www.inegi.gob.mx/entidades/espanol/fcol.html>.
- Janzen D. H. 1988.** Tropical dry forests: The most endangered major tropical ecosystem. In: Wilson, E. O. Ed. *Biodiversity*. Pp. 130-137. National Academic Press, Washington, D. C.

- Lott E., Bullock S. H. y Solís-Magallanes A. 1987.** Floristic diversity and structure of upland and arroyo forest of coastal Jalisco. *Biotropica* 19: 228-235.
- Lott E. y Atkinson T. H. 2006.** Mexican and central american seasonally dry tropical forests: Chamela-Cuixmala, Jalisco, as a focal point for comparison. In: *Neotropical savannas and seasonally dry forests*. pp: 315-342.
- Magurran E. A. 1988.** Ecological diversity and its measurement. Princenton University Press, Princenton.
- Martínez Cruz J. 2004.** Áreas prioritarias para la conservación de la riqueza arbórea de Colima, México. Maestría en Ciencias (Biología Ambiental), Centro de Investigaciones en Ecosistemas, Universidad Nacional Autónoma de México. Morelia, Mich.
- McCune B. y Mefford M. J. 1997.** Multivariate analysis of ecological data. (Version 3.17) MjM Software. Gleneden Beach, Oregon.
- Miles L., Newton A. C., DeFries R. S., Ravilious C., May I., Blyth S., Kapos V. y Gordon J. E. 2006.** A global overview of the conservation status of tropical dry forests. *Journal of Biogeography* 33: 491-505.
- Miranda F. y Hernández-X. E. 1963.** Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 28: 29-178.
- Mooney H. A., Bullock S. H. y Medina E. 1995.** Introduction. In: Bullock S. H., Mooney H. A. y Medina E. Eds. *Seasonally Dry Tropical Forest*. Pp. 1-8. Cambridge University Press, Cambridge.
- Moreno C. E. 2001.** Manual de métodos para medir la biodiversidad. Textos universitarios. Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver.
- Morrone J. J. y Márquez J. 2003.** Aproximación a un Atlas Biogeográfico Mexicano: componentes principales y provincias biogeográficas. En: *Una Perspectiva Latinoamericana de la Biogeografía*. Morrone J. J. y Llorente B. J. Eds. pp. 217-220
- Nekola J. C. y White P. S. 1999.** The distance decay of similarity in biogeography and ecology. *Journal of Biogeography* 26: 867-878.
- Palacio-Prieto J. L., Bocco G., Velásquez A., Mas J. F., Takaki-Takaki F., Victoria A., Luna-González L., Gómez-Rodríguez G., López-García J., Palma M., Trejo-Vásquez I., Peralta A., Prado-Molina J., Rodríguez-Aguilar A., Mayorga-Saucedo R. y González-Medrano F. 2000.** La condición actual de los recursos forestales en México: resultados del Inventario Forestal Nacional 2000. *Boletín del Instituto de Geografía* 43: 183-203.

- Pennington R. T., Lavin M., Prado D. E., Pendry C. A., Pell S. K., y Butterworth A. 2004.** Historical climate change and speciation: neotropical seasonally dry forest plants shows patterns of both Tertiary and Quaternary diversification. *Philosophical Transactions of the Royal Society B Biological Sciences* 359: 515-537.
- Pennington R. T., Prado D. E. y Pendry C. A. 2000.** Neotropical seasonally dry forest and Quaternary vegetation changes. *Journal of Biogeography* 27: 261-273.
- Pérez-García E. A., Meave J. y Gallardo C. 2001.** Vegetación y flora de la región de Nizanda, Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, México. *Acta Botanica Mexicana* 56: 19-88.
- Pérez-García E. A. y Meave J. A. 2004.** Heterogeneity of xerophytic vegetation of limestone outcrops in a tropical deciduous forest region in southern Mexico. *Plant Ecology* 175: 147-163.
- Pérez-García E. A., Meave J. A. y Gallardo-Cruz C. 2005.** Diversidad β y diferenciación florística en un paisaje complejo del trópico estacionalmente seco del sur de México. En: *Sobre diversidad biológica: el significado de las diversidades alfa, beta y gamma*. Pp: 123-140. Halffter, G., Soberón, J., Koleff, P. y Melic, A. Eds. M3m-Monografías 3er Milenio, vol. 4. SEA, CONABIO, Grupo Diversitas y CONACyT, Zaragoza.
- Phillips O. y Miller J. S. 2002.** Global patterns of plant diversity: Alwyn H. Gentry's forest transect data set. *Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden* 89. Missouri Botanical Garden Press, St. Louis, Missouri.
- Pineda-García F., Arredondo-Amezcuca L. e Ibarra-Manríquez G. 2007.** Riqueza y diversidad de especies leñosas del bosque tropical caducifolio El Tarimo, Cuenca del Balsas, Guerrero. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 78: 129-139
- Rico-Gray V., García-Franco J. G., Puch A. y Sima P. 1988.** Composition and structure of a tropical dry forest in Yucatán, México. *International Journal of Ecology and Environment Science* 14: 21-29.
- Rzedowski J. 1978.** *Vegetación de México*. Limusa, México, D. F.
- Rzedowski J. 1991a.** Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Acta Botánica Mexicana* 14: 3-21.
- Rzedowski J. 1991b.** El endemismo en la flora fanerogámica mexicana: una apreciación analítica preliminar. *Acta Botanica Mexicana* 15: 47-64.
- Rzedowski J. y McVaugh R. 1966.** La vegetación de Nueva Galicia. *Contributions from the University of Michigan Herbarium* 9(1): 1-123.

- Rzedowski J., Medina R. y Calderón de Rzedowski G. 2005.** Inventario del conocimiento taxonómico, así como de la diversidad y del endemismo regionales de las especies mexicanas de *Bursera* (Burseraceae). *Acta Botanica Mexicana* 70: 85-111.
- Sagar R., Raghubanshi A. S. y Singh J. S. 2003.** Tree species composition, dispersion and diversity along a disturbance gradient in a dry tropical forest region of India. *Forest Ecology and Management* 186: 61-71.
- Salas S. 2002.** Relación entre la heterogeneidad ambiental y la variabilidad estructural de las selvas tropicales secas de la costa de Oaxaca, México. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Sánchez-Velásquez L. R., Hernández-Vargas G., Carranza-M M. A., Pineda-López M. del R., Cuevas-G R. y Aragón-C F. 2002.** Estructura arbórea del bosque tropical caducifolio usada para la ganadería extensiva en el Norte de la Sierra de Manantlán, México. *Antagonismos de usos. Polibotánica* 13: 25-46.
- Sanders A. 1992.** Annotated checklist of the vascular flora of El Jabalí, Colima, México. A report to the Fundación Ecológica de Cuixmala on the floristic surveys of 1990-91 of the Cuixmala-Cumbres and El Jabali reserves in Mexico. Appendix 2, pp. 107-131.
- Segura G., Balvanera P., Durán E. y Pérez A. 2002.** Tree community structure and stem mortality along a water availability gradient in a Mexican tropical dry forest. *Plant Ecology*: 1-13.
- SPP (Secretaría de Programación y Presupuesto) 1981.** Síntesis Geográfica de Colima. Coordinación General de Estadística Geografía e Informática. México, D.F.
- SEMARNAP (Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca), INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) (2000).** Estadísticas del Medio Ambiente, México, D. F.
- Stat Soft, Inc. 2003.** STATISTICA. (Data analysis software system), version 6. www.statsoft.com.
- Trejo I. 1996.** Características del medio físico de la selva baja caducifolia en México. *Investigaciones Geográficas Boletín. Núm. Especial* 4: 95-110.
- Trejo I. 2005.** Análisis de la diversidad de la selva baja caducifolia de México. En: Sobre diversidad biológica: el significado de las diversidades alfa, beta y gamma. Halffter, G., Soberón, J., Koleff, P. y Melic, A. Eds. *M3m-Monografías 3er cer Milenio*, vol. 4. SEA, CONABIO, Grupo Diversitas y CONACyT, Zaragoza. pp: 111-122.

- Trejo I. 1998.** Distribución y diversidad de selvas bajas de México: relaciones con el clima y el suelo. Tesis Doctoral en Ciencias (Biología). Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Trejo I. y Dirzo R. 2000.** Deforestation of seasonally dry tropical forest: a national and local analysis in Mexico. *Biological Conservation* 94: 133-142.
- Trejo I. y Dirzo R. 2002.** Floristic diversity of Mexican seasonally dry tropical forests. *Biodiversity and Conservation* 11: 2063-2048.
- White D. A. y Hood C. S. 2004.** Vegetation patterns and environmental gradients in tropical dry forests of the northern Yucatan Peninsula. *Journal of Vegetation Science* 15: 151-160.
- Zepeda C. y Velázquez E. 1999.** El bosque tropical caducifolio de la vertiente sur de la Sierra de Nanchititla, Estado de México: la composición y la afinidad geográfica de su flora. *Acta Botanica Mexicana* 46: 29-55.

VII. ANEXO. ELECCIÓN DE LOS SITIOS DE MUESTREO EMPLEANDO LA METODOLOGÍA DEL BIORAP (MARTÍNEZ, 2004)

El método de BioRap (una abreviatura de rapid assessment of biodiversity priority areas), se desarrolló en Australia entre 1994 y 1995, como una respuesta al Convenio de Diversidad Biológica. El objetivo del BioRap fue desarrollar un conjunto de herramientas para identificar rápidamente áreas que contribuyan de manera tangible a la conservación de la biodiversidad *in situ*, lo que debe ser un paso previo para el establecimiento de un área natural protegida.

Para lo anterior, es posible utilizar información ya existente de diversos grupos taxonómicos (p. ej. información de museos, colecciones científicas) pero también se recomienda obtener datos adicionales sobre la distribución y la abundancia de las especies que son consideradas grupos sustitutos (*surrogates group*). Además, cuando existe carencia de datos o un muestreo insuficiente, BioRap cuenta con diferentes programas (p. ej. ANUCLIM, ANUDEM, BIOCLIM), que permiten hacer extrapolaciones de los requerimientos ambientales (p. ej. climáticos) de las especies, con el objetivo de predecir con base en los valores de la variable ambiental, la distribución potencial de las especies en áreas inexploradas o escasamente conocidas. Este método puede ser utilizado a cualquier escala (local, regional y global). Sin embargo, una limitante en la selección de áreas prioritarias para conservación es el gran desconocimiento biológico de la mayoría de los grupos taxonómicos. Debido a la enorme demanda de tiempo, así como de recursos humanos y económicos que requieren los inventarios de biodiversidad, el BioRap sugiere la utilización de grupos sustitutos (*surrogates groups*) para evaluar la biodiversidad en un área dada, en el supuesto de que estos grupos son representativos de los patrones de diversidad de grupos taxonómicamente menos conocidos. Los grupos sustitutos pueden ser de tres tipos: 1) taxonómico (especie, género, familia), 2) grupos ecológicos, usando grupos indicadores, asociaciones de especies o tipos de hábitat, y 3) datos ambientales.

Los datos de distribución de las especies pueden ser obtenidos de colecciones científicas o literatura científica. Los datos pueden ser de presencia-ausencia o de manera más frecuente sólo de presencia.

Se debe tomar en cuenta que cuando se trabaja con datos registrados con anterioridad pueden existir errores, ya sea de sesgo de muestreo (algunas áreas pueden ser más muestreadas que otras) o que los datos sean muy antiguos, lo que tendrá como consecuencia que los patrones de distribución observados no reflejen la realidad. Por lo tanto, no se podrán aplicar las diferentes herramientas empleadas para realizar extrapolaciones de manera correcta. Para solucionar este tipo de inconvenientes se sugiere tomar datos en el campo de una manera sistemática y estratificada para minimizar los sesgos en la información.

El BioRap sugiere que la estratificación del muestreo se lleve a cabo utilizando datos ambientales como por ejemplo, precipitación pluvial, altitud, substrato, radiación solar y temperatura, los que reflejarán las características ambientales de los sitios de estudio. Para el caso particular de Colima, la definición de las unidades ambientales se realizó utilizando el sistema de información geográfica ILWIS, combinando la información de dos mapas temáticos de escala 1: 250 000:

I) Distribución de unidades geomorfológicas; lomeríos, mesetas, montañas, planicies y piedemonte, las cuales difieren en sus valores de pendiente y altitud (Figura 1 y Cuadro 1). Se utilizó un modelo digital de Elevación elaborado por INEGI.

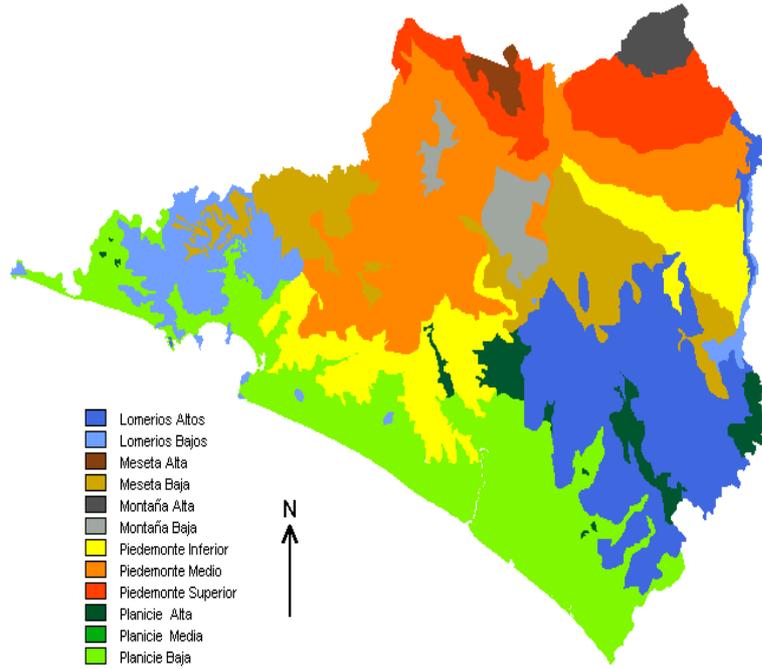


Figura 1. Mapa de las unidades geológicas presentes en el estado de Colima

Cuadro 1. Categorías de las unidades geomorfológicas del estado de Colima.

Categoría geomorfológica	Altitud (m s.n.m.)	Pendiente (m s.n.m.)
<i>Planicie baja</i>	0 –100	Menor de 6°
<i>Planicie alta</i>	100	
<i>Meseta baja</i>	500 – 1000	3 – 6°
<i>Meseta alta</i>	> 1000	
<i>Piedemonte inferior</i>	250 – 500	3 – 15°
<i>Piedemonte medio</i>	500 - 1000	
<i>Piedemonte superior</i>	1000 - 1500	
<i>Lomeríos bajos</i>	250 –500	6 – 20°
<i>Lomeríos altos</i>	500 –1500	
<i>Montañas bajas</i>	1000 – 2000	Mayor de 20°
<i>Montañas altas</i>	> 2000	

II) Distribución de los tipos de vegetación arbórea presentes en Colima, modificando las categorías propuestas por el Inventario Nacional Forestal (Palacio-Prieto *et al.* 2000). La vegetación arbórea fue clasificada en diez principales categorías (Figura 2).

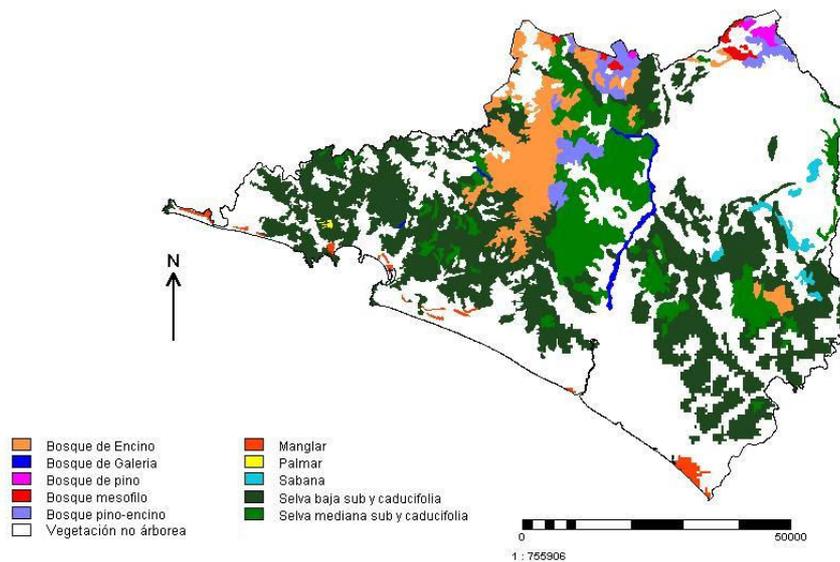


Figura 2. Tipos de vegetación presentes en el estado de Colima.

Las unidades ambientales son las combinaciones que resultan de las distintas unidades geomorfológicas y los tipos de vegetación arbórea (Cuadro 2.). Las principales unidades encontradas difieren en el área que ocupan en el estado. Este fue un criterio importante para decidir el esfuerzo de muestreo que se realizó para el censo de la flora.

Cuadro 2. Unidades Ambientales del estado de Colima.

Unidad Ambiental	Porcentaje en Colima
Lomeríos Altos * Selva baja sub y caducifolia	19.35
Piedemonte inferior *Selva baja sub y caducifolia	8.82
Lomeríos Bajos * Selva baja sub y caducifolia	8.78
Piedemonte Medio * Bosque de encino	8.77
Piedemonte Medio * Selva baja sub y caducifolia	8.06
Piedemonte Medio * Selva mediana sub y caducifolia	7.08
Meseta Baja * Selva baja sub y caducifolia	4.96
Lomeríos Altos * Selva mediana sub y caducifolia	4.62
Planicie Baja * Selva baja sub y caducifolia	4.53
Montaña Baja * Selva mediana sub y caducifolia	3.52
Piedemonte Inferior * Selva mediana sub y caducifolia	3.51
Piedemonte Superior *Selva baja sub caducifolia	2.21
Piedemonte Superior * Bosque de encino	1.65
Planicie Baja * Manglar	1.2
Planicie Alta * Selva baja sub y caducifolia	1.01
Meseta Alta * Bosque pino-encino	0.74
Meseta Alta * Bosque de encino	0.51
Piedemonte Inferior * Sabana	0.45
Piedemonte superior * Bosque pino-encino	1.18

Una vez que se obtienen las diversas clases o unidades ambientales, el BioRap recomienda la utilización de gradsectos para la elección de los sitios a muestrear. Esta técnica asume que la mayor diversidad biológica en cualquier región se encuentra relacionada positivamente con los diferentes gradientes ambientales, así para delimitarlos se buscan zonas en las que en la menor área posible se mantengan las proporciones similares de las unidades ambientales obtenidas para toda la zona de estudio.

La distribución de las diversas unidades ambientales, de los gradsectos, y los sitios de muestreo que se delimitaron en el estado de Colima para la flora arbórea se muestra en la Figura 3.

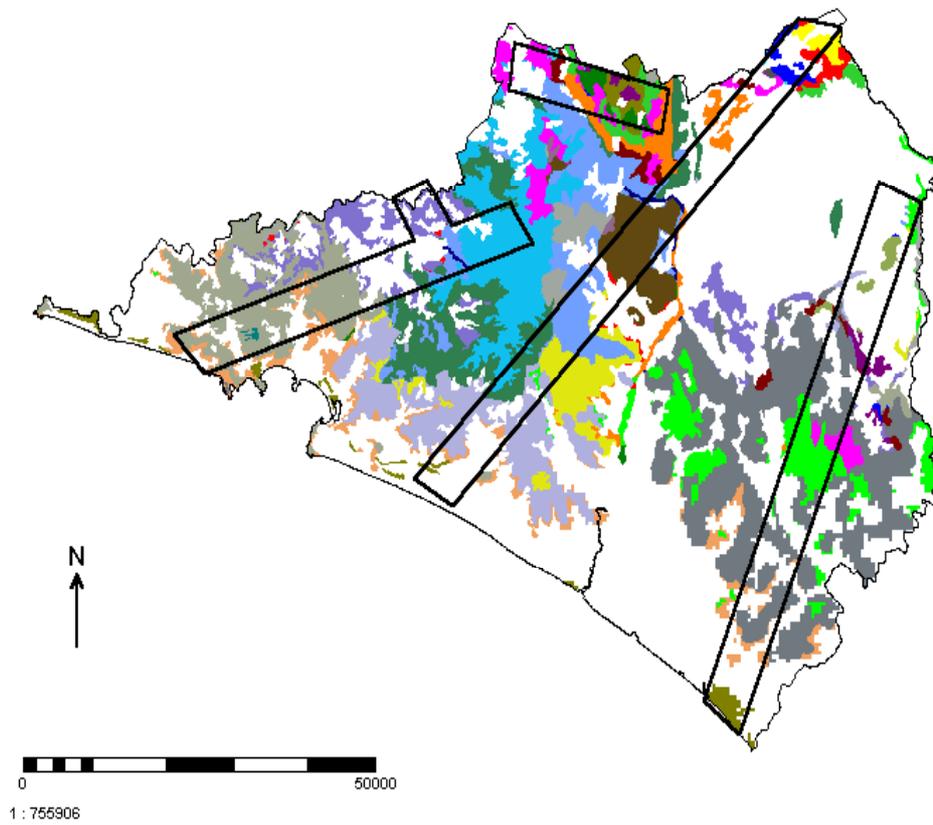


Figura 3. Mapa de las unidades ambientales presentes en el estado de Colima

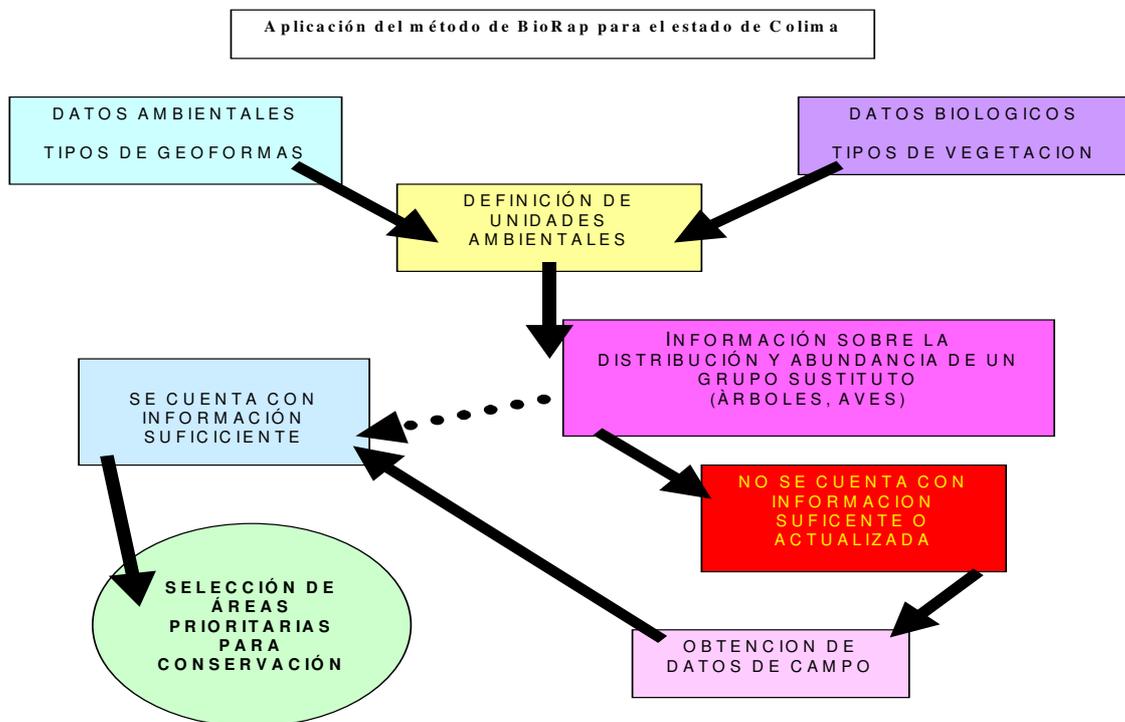


Figura 4. Diseño metodológico del BioRap