



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA
DE MONTE GRANDE DE LOLOTLA, HIDALGO, MÉXICO

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
B I Ó L O G O
P R E S E N T A:
JORGE ALBERTO ESCUTIA SÁNCHEZ



FACULTAD DE CIENCIAS
UNAM

DIRECTOR DE TESIS: DRA. MERCEDES ISOLDA LUNA VEGA
CODIRECTOR DE TESIS: M. EN C. CARLOS ALBERTO RUIZ JIMÉNEZ

2004





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.
NOMBRE: Jorge Alberto Escutia Sánchez
FECHA: 2 de agosto de 2009
FIRMA: Jorge A. Escutia

ACT. MAURICIO AGUILAR GONZÁLEZ
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo escrito:

Análisis estructural del bosque mesófilo de montaña de Monte Grande de Lolotla, Hidalgo, México

realizado por Jorge Alberto Escutia Sánchez

con número de cuenta 9518886-1, quien cubrió los créditos de la carrera de: Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis

Propietario

Dra. Mercedes Isolda Luna Vega

Codirector de Tesis

Propietario

M. en C. Carlos Alberto Ruiz Jiménez

Propietario

Dr. Jorge Arturo Meave del Castillo

Suplente

M. en C. Francisco González Medrano

Suplente

Biól. Othón Alcántara Ayala

Consejo Departamental de Biología

M. en C. Juan Manuel Rodríguez Chávez

FACULTAD DE CIENCIAS



UNIDAD DE ENSEÑANZA DE BIOLOGÍA

Tendríamos que mirarnos desde lejos para saber que nos tenemos, porque a cierta *distancia*

uno se prolonga hasta su amada / nada.

Tendría que decir: adiós Amor, me voy a buscar algo que todavía no encuentro..., desde lejos para entender que me escuchas en silencio, porque a cierta distancia *soy el viento que te acompaña.*

Dedicatoria

*Dedico este trabajo a mi madre Ana Ma. Sánchez
a la memoria de mi Abuelita Anita,
y a la UNAM,
ya que estas instituciones me han formado*

A mis compañeras de vuelo Paola Escutia, Ana Escutia y Pilar Sánchez

A mis sobrinos Kiaw, Anita, Mary y Romy

A Servando Escutia

A mi gran familia

Agradecimientos

Este proyecto se realizó en el Departamento de Biología Evolutiva de la Facultad de Ciencias, UNAM, con el apoyo del Programa de becas para la elaboración de tesis de licenciatura en proyectos de investigación (PROBETEL) y del proyecto de “Relaciones biogeográficas de la biota de la Sierra Madre Oriental” bajo es auspicio de la DGAPA-PAPIIT-IN205799.

Aunque no tuve la oportunidad de establecer una relación con los comuneros de Chalma y Tenango, estoy conciente que tengo una deuda ética con ellos.

Agradezco a los corresponsables de este proyecto de tesis. A Isolda Luna por su comprobada paciencia infinita y profesionalismo. Gracias por la oportunidad. A Carlos Ruiz por su creatividad y aplomo. Gracias por ser mi maestro. Los revisores me permitieron comprender más cabalmente el bosque descrito. Gracias a Othón Alcántara, Jorge Meave y Francisco González-Medrano, sin su revisión crítica difícilmente hubiera sido posible presentar este trabajo.

Este proyecto de tesis no hubiera sido posible sin la entusiasta e invaluable colaboración del gran equipo de trabajo encabezado por la Dra. Isolda Luna. Durante el muestreo en todo momento conté con el apoyo de Carlos Ruiz, Othón Alcántara, Armando Ponce, Mauricio Mora, Maribel Paniagua, Gimena Pérez, Raúl Contreras, Nancy Mejía, Alberto González, Ana Quintos, Daniel Herrera, Francisco Olachea, Nelly Palacios, Elizabeth Olivos, Isabel Cajero, Miguel Cruz, Griselda Moreno y Rogelio. Asimismo, agradezco a Isolda Luna, Carolina Granados, Concepción Sánchez y Carlos Ruiz por haberme facilitado el equipo de cómputo e impresión.

Para la determinación de las especies conté con el apoyo de Susana Valencia (Fagaceae), Ramiro Cruz (Fabaceae) y Othón Alcántara. Los señalamientos y comentarios oportunos de Carlos Ruiz, Isolda Luna, Jorge Meave, Othón Alcántara y Nancy Mejía me permitieron mejorar sustancialmente el análisis estructural y la presentación del trabajo. Carlos Ruiz elaboró los mapas. Armando Ponce y Othón Alcántra me facilitaron la lista de Monte Grande.

Gracias a mi gran familia conformada por los Escutia-Sánchez, el pueblo Tacubayo, los Sánchez, los Escutia, los hermanos de George, los amigos de George, los fantasmas de George, ya que en ningún momento y bajo ninguna circunstancia dejaron de apostar y creer en este proyecto inacabado que soy. A cada uno de ustedes les debo un poco del cielo y el infierno, a cada uno de ustedes doy gracias por el fuego...

Una mención muy especial y sentida merecen: Mariana del Olmo, Gimena Pérez, Carolina Granados, Nube Estrada, Pilar Sánchez, Noemí Escamilla, Margarita Ferruzca, Atzimba García, Sandra Martínez, Maribel Paniagua, Dulce Inzúa, Nancy Mejía, Mario Martínez, Argel Aguilar, Francisco Olachea, Miguel Marín, Esaú Solchaga, Rafael Bravo, Omar Gutiérrez, Yoshinori Nakazawa, David Castillo, Alejandro Frías, Alejandro Vite, Raúl Contreras, Othón Alcántara, Carlos Ruiz, Horacio Rodríguez y tantos otros que forman parte de mi historia. A todos ustedes y a aquellos que no he mencionado gracias.

Índice

Resumen	1
I. Introducción	2
Caracterización ecológica de los bosques mesófilos de montaña mexicanos	2
El bosque mesófilo de montaña en la Huasteca Hidalguense	4
Estudios de vegetación	5
Justificación y objetivos	7
II. Zona de estudio	9
Localización y límites de Monte Grande	9
Clima	9
Geología y suelo	11
Fisiografía e hidrografía	11
III. Material y método	13
Selección y descripción de las unidades de muestreo	13
Trabajo en campo	17
<i>Datos generales de las unidades de muestreo</i>	17
<i>Método de muestreo para el análisis estructural: parcelas circulares concéntricas</i>	17
Análisis de los datos	19
<i>Caracterización ambiental y florística de las unidades de muestreo</i>	19
<i>Estructura cuantitativa</i>	
<i>Relación entre la altura y el DAP de los individuos arbóreos y las variables estructurales</i>	19
<i>Valores de importancia relativa y estructura poblacional</i>	20
<i>Efecto de los factores ambientales sobre la composición y estructura</i>	21
<i>Comparación de Monte Grande con otros muestreos</i>	21
IV. Resultados	22
Ubicación y caracterización ambiental de las unidades de muestreo	22
Composición florística	26
Estructura cuantitativa	27
Estrato herbáceo: hierbas y plántulas	27
Estrato arbustivo: arbustos, árboles jóvenes y trepadoras leñosas	27
Estrato arbóreo: árboles y trepadoras leñosas	30
<i>Estructura vertical</i>	30
<i>Relación entre las categorías de altura y las variables estructurales cuantitativas</i>	35
<i>Estructura diamétrica</i>	37
<i>Relación entre las categorías diamétricas y las variables estructurales cuantitativas</i>	37

Contribución de las especies a la estructura de Monte Grande	40
<i>Especies estructuralmente importantes del estrato arbustivo</i>	40
<i>Estructura poblacional de las especies más importantes del estrato arbustivo</i>	40
<i>Especies estructuralmente importantes del estrato arbóreo</i>	44
<i>Estructura poblacional de las especies más importantes del estrato arbóreo</i>	48
Contribución de las especies del estrato arbóreo por orientación de la ladera y unidad topográfica	53
Similitud florística entre las orientaciones de la ladera y las unidades topográficas	55
Efecto de los factores ambientales sobre la composición y la estructura	56
V. Discusión	61
Aspectos metodológicos	61
<i>Método de muestreo</i>	61
Composición florística	63
Estructura cuantitativa del estrato arbóreo	68
<i>Densidad</i>	68
<i>Área basal</i>	69
<i>Cobertura</i>	71
Valores de importancia relativa y estructura poblacional	72
<i>Estrato arbustivo</i>	72
<i>Estrato arbóreo</i>	73
Influencia de los factores ambientales sobre la estructura y la composición florística	75
<i>Valores de importancia relativa por orientación de la ladera y unidad topográfica</i>	75
<i>Relación entre la composición florística la estructura cuantitativa con el ambiente</i>	77
Uso del suelo de Monte Grande	78
VI. Conclusiones	79
VII. Literatura citada	82
VIII. Apéndice 1. Fórmulas empleadas	90
IX. Apéndice 2. Lista de florística de las especies presentes en la unidades de muestreo	93

Resumen

Se describió la estructura de la vegetación del bosque mesófilo de montaña de Monte Grande en el municipio de Lolotla, en el estado de Hidalgo, con base en la caracterización de 38 sitios de muestro con diferente orientación de ladera y altitud. Se utilizó una modificación del formato P correspondiente a las unidades de muestreo del bosque que forma parte del método del IFRI (Ostrom y Wertime, 1995). La lista de especies presentes en las unidades de muestreo consta de 54 familias, 84 géneros y 106 especies. Las formas de crecimiento más abundantes fueron los árboles con 51 especies, seguidas por las hierbas con 24, arbustos 20 y bejucos con 11. Las familias mejor representadas fueron Fabaceae y Fagaceae con seis especies, seguidas por Lauraceae, Rosaceae y Rubiaceae con cinco especies. Los valores generales de la estructura cuantitativa del estrato arbóreo fueron bajos si se les compara con otras comunidades vegetales equivalentes, sobre todo el área basal (23.479 m²/ha). La densidad de individuos con DAP \geq 3.18 cm en Monte Grande fue de 1364 ind/ha y el porcentaje de cobertura fue de 223%. La especie con el valor de importancia relativa más alto (VIR) del estrato arbustivo fue el arbusto *Randia aculeata* (34.99), seguida por los árboles *Inga huastecana* (32.81), *Trophis mexicana* (25.68), *Beilschmiedia mexicana* (22.98), *Eugenia xalapensis* (22.01) y *Vaccinium leucanthum* (18.08). Las especies más importantes del estrato arbóreo corresponden a árboles característicos de estos bosques como son *Quercus germana* (36.82), *Q. sartorii* (20.90) y *Clethra mexicana* (20.68). Sin embargo, hay especies de árboles bajos con afinidad tropical que quizá hayan sido favorecidas por la perturbación como son *Beilschmiedia mexicana* (19.19), *Eugenia xalapensis* (14.81) e *Inga huastecana* (14.79). Existen variaciones en la dominancia arbórea con respecto a la orientación de ladera y la altitud. Monte Grande es un bosque mesófilo de montaña que parece ser una comunidad vegetal secundaria debido a sus valores bajos de área basal, baja densidad de individuos con altura y diámetro grandes, alta densidad de individuos policaulescentes y el valor alto de importancia de algunas especies. Sin embargo, la presencia de especies características o típicas del bosque mesófilo, así como la estructura poblacional de las especies importantes permiten sugerir que este bosque se encuentra en proceso de regeneración.

I. Introducción

Caracterización ecológica de los bosques mesófilos de montaña mexicanos

El bosque mesófilo de montaña *sensu* Rzedowski (1978) es un tipo de vegetación heterogéneo que agrupa comunidades vegetales que comparten características fisonómicas, ecológicas, climáticas y florísticas. Posee una gran diversidad biológica (Rzedowski, 1978, 1996; Llorente y Escalante, 1992; Flores y Gerez, 1994; Challenger, 1998) debido a su situación geográfica, al variado origen y evolución de sus componentes (Rzedowski, 1970, 1978, 1992a, 1992b, 1992c, 1996; Meave *et al.*, 1996; Alcántara y Luna, 1997; Luna *et al.*, 1999), así como a su compleja ecología (Puig y Bracho, 1987; Meave *et al.*, 1992; Ortega y Castillo, 1996; Ruiz-Jiménez *et al.*, 1999; Velázquez *et al.*, 2000).

Los bosques mesófilos mexicanos, a diferencia de los de otras partes del mundo, representan un tipo de vegetación intermedia entre la vegetación tropical y la templada, y poseen una dinámica y procesos bioquímicos propios (Meave *et al.*, 1992; Challenger, 1998; Luna *et al.*, 2001b). Estos bosques se caracterizan por una mezcla de elementos de diferentes afinidades, como son los holárticos, los neotropicales y un componente endémico (Miranda y Sharp, 1950; Rzedowski, 1978, 1992b; Luna *et al.*, 1989). Debido a su origen complejo y su composición híbrida, su distribución archipelágica, la presencia de taxones endémicos y su alta diversidad biológica, este tipo de vegetación es único y de gran importancia biogeográfica y biológica (Llorente y Escalante, 1992; Meave *et al.*, 1996; Alcántara y Luna, 1997; Challenger, 1998; Gallardo *et al.*, 1998; Luna *et al.*, 1999; Luna *et al.*, 2001a, 2001b; Luna y Alcántara, 2002).

En México, el bosque mesófilo de montaña está constituido por cerca de 3,000 especies de plantas, lo cual significa que comprende aproximadamente 12% del total de la flora mexicana (Rzedowski, 1996), siendo reservorio de taxones vegetales exclusivos o casi exclusivos, como es el caso de 46 familias y 650 géneros de plantas que habitan preferentemente estos bosques (Rzedowski, 1996; Luna *et al.*, 2001b), por ello, se estima que 30% de la flora de estos bosques mexicanos es endémica del país. Aunque este tipo de vegetación ocupa menos de 1% del territorio nacional, es considerado como el que posee una mayor riqueza biológica por unidad de área (Rzedowski, 1992b, 1996; Flores y Gerez,

1994). Este tipo de vegetación en la actualidad se encuentra muy fragmentado, debido en gran parte a actividades humanas, lo cual ha acentuado aun más su distribución archipelágica (Llorente y Escalante, 1992; Luna *et al.*, 1994; Mayorga *et al.*, 1998).

En México este tipo de vegetación se encuentra entre 600 y 3,100 m snm (Ortega y Castillo, 1996; Velázquez *et al.*, 2000; Luna *et al.*, 2001a), aunque se establece con mayor frecuencia en sitios con pendientes pronunciadas, entre 1,100 y 2,000 m snm (Luna *et al.*, 1994, Velázquez *et al.*, 2000, Luna *et al.*, 2001a). Se presentan en zonas restringidas y de forman discontinua, por lo general en cañadas y laderas protegidas (Luna *et al.*, 1989). Los requerimientos ambientales que se han propuesto para el establecimiento del bosque mesófilo de montaña en México son los ambientes montañosos, la topografía irregular, el clima templado y la alta humedad relativa (Velázquez *et al.*, 2000).

Para explicar los patrones de distribución y organización a nivel local de las especies de estos bosques, diversos autores han sugerido que la acción conjunta de varios factores como la ubicación geográfica, sobre todo la longitud y la latitud (Luna, 1984; Gentry, 1995), los elementos del clima como la humedad y la temperatura, la exposición y orientación de ladera, la pendiente y el tipo de suelo (Puig *et al.*, 1983; Puig y Bracho, 1987; Meave *et al.*, 1992; Ruiz-Jiménez *et al.*, 1999; Luna *et al.*, 2001a; Velázquez-Rosas *et al.*, 2002) influyen sobre la composición florística (Rzedowski, 1978) y la estructura de los bosques mesófilos mexicanos (Puig *et al.*, 1983; Puig y Bracho, 1987; Meave *et al.*, 1992; Ruiz-Jiménez *et al.*, 1999).

Los patrones de distribución de los bosques montanos muestran que la composición florística cambian de acuerdo con la altitud (Alcántara y Luna, 1997; Vázquez-G. y Givnish, 1998; Velázquez-Rosas *et al.*, 2002), lo cual tiene como consecuencia cambios en la estructura e importancia de las especies del estrato arbóreo (Williams-Linera *et al.*, 1996). Asimismo, la riqueza de especies arbóreas disminuye con el aumento de la altitud (Luna, 1984; Gentry, 1995), sin embargo, dada la complejidad histórica y ecológica de estos bosques en México, la mayor riqueza específica y diversidad de varios géneros característicos del bosque mesófilo de montaña se encuentra en algunos de los sitios con mayor altitud en las Serranías Transísmicas (Alcántara *et al.*, 2002).

En estos bosques la composición florística cambia con respecto a las laderas (Alcántara y Luna, 1997; Ruiz-Jiménez *et al.*, 1999). Localmente se ha observado en sitios con diferente orientación de ladera su influye sobre la estructura, a tal grado que los elementos más importantes del estrato arbóreo cambian de una orientación a otra (Ruiz-Jiménez *et al.*, 1999).

El bosque mesófilo de montaña en la Huasteca Hidalguense

La región de la Huasteca *sensu* Puig (1976) incluye parte de los estados de Tamaulipas, Veracruz, Hidalgo, San Luis Potosí, Querétaro, Guanajuato y en el extremo norte una porción del sur de Nuevo León. Esta región se encuentra ubicada al noreste de México, entre los paralelos 20° y 24° de latitud norte y tiene como límite natural el Golfo de México y el meridiano 101° de longitud oeste (Beltrán, 1991).

En 1994, Flores y Gerez citan que en el estado de Hidalgo existen cerca de 216 km² con vegetación clasificada como bosque mesófilo de montaña, es decir, el 1.04% del territorio estatal. Ortega y Castillo (1996) consideraron a Hidalgo como el tercer estado de la República con mayor superficie de bosque mesófilo, siendo la región de la Huasteca Hidalguense, dentro de la Sierra Madre Oriental, la que presenta las áreas mejor conservadas en el estado (Luna y Alcántara, 2004).

Las descripciones fisonómicas-florísticas más antiguas de los bosques mesófilos en Hidalgo fueron realizadas por Paray (1946 y 1948), quien describió algunos sitios con durante sus recorridos por el sur del estado, visitando principalmente los bosques templados (“selvas”) de Tenango de Doria. Cerca de la localidad de Agua Blanca, este autor describió una comunidad que por su composición corresponde a un bosque mesófilo. Posteriormente, Miranda y Sharp (1950) hicieron una descripción florística y fisonómica de algunos bosques dentro de la región de la Huasteca Hidalguense, principalmente de las localidades de Zacualtipán, Chapulhuacán y Tenango de Doria.

Más tarde, Puig (1976) elaboró una descripción acerca de las formaciones tropicales de altitud dentro de la región de La Huasteca, reconociendo diferentes tipos entre las que se

encuentra el bosque mesófilo de montaña, al que nombró "forêt caducifoliée humide de montagne". En este estudio incluyó información del tipo y características del suelo, el bioclima considerando la temperatura máxima y mínima, la precipitación, así como la estructura y fisonomía del bosque. Este autor realizó muestreos preliminares en el municipio de Lolotla (Ixtlahuaco y Lolotla), así como en otras localidades de la Huasteca Hidalguense, donde incluyó información de la fenología foliar, así como de las formas de crecimiento. Con respecto a la morfología foliar, realizó una clasificación de las especies importantes de estos bosques con base en el tamaño, la forma del ápice, el margen de las hojas y la presencia de pubescencia. También incluyó información relacionada con la naturaleza de los troncos y la producción de resinas, así como el tamaño de las flores y los tipos de inflorescencias características del estrato arbóreo.

Durante los últimos años, los estudios florísticos del bosque mesófilo de montaña en la región de la Huasteca Hidalguense han sido varios, como el de Tlanchinol (Luna *et al.*, 1994), Tenango de Doria (Alcántara y Luna, 1997), Molocotlán, Molango-Xochicoatlán (Mayorga *et al.*, 1998) y Eloxochitlán y Tlahuelompa (Alcántara y Luna, 2001). Además, está en preparación la lista florística de Monte Grande de Lolotla (A. Ponce, no publicado) y Pisaflores y Chapulhuacán (Alcántara y Luna, no publicado). Con base en estos estudios, se ha propuesto que la diversidad florística de los bosques mesófilos de Hidalgo, comprende más de 1,006 especies, que pertenecen a 520 géneros y 146 familias de plantas vasculares (gimnospermas, angiospermas y pteridofitas) (Luna y Alcántara, 2004).

Estudios de vegetación

Las comunidades bióticas o biocenosis están constituidas por conjuntos de individuos que pertenecen a poblaciones de distintas especies animales y vegetales que coexisten en un área determinada e interactúan entre sí, formando un sistema con composición, estructura, desarrollo y funciones propias (Krebs, 1978; Barbour *et al.*, 1999). En este contexto, la sinecología vegetal estudia a la comunidad vegetal, también nombrada como vegetación o fitocenosis (Daubenmire, 1968; Krebs, 1978; Barbour *et al.*, 1999).

En los estudios de la vegetación se describe y analiza al conjunto de plantas de una zona determinada a partir del conocimiento de la composición florística y la estructura (Matteucci y Colma, 1982; Barbour *et al.*, 1999). El estudio de la composición permite saber qué elementos florísticos se encuentran en un área determinada. La estructura de la vegetación considera varios aspectos relacionados a la organización de los individuos de distintas especies vegetales en el espacio (Matteucci y Colma, 1982; Barbour *et al.*, 1999).

La estructura de la vegetación está definida por la distribución de los individuos de acuerdo a su altura o estructura vertical, así como por los patrones de distribución de las poblaciones o estructura horizontal. La estructura cuantitativa o la abundancia se expresa mediante variables estructurales como la densidad, la frecuencia, el área basal o la cobertura (Kershaw, 1973; Matteucci y Colma, 1982; Barbour *et al.*, 1999).

La disposición de estratos o estructura vertical está representada por la distribución diferencial de los individuos de acuerdo a su altura (Daubenmire, 1968; Barbour *et al.*, 1999). Los análisis estructurales incluyen clasificaciones de los componentes vegetales con base en las formas de vida, la forma de crecimiento y el tamaño de hojas (Hanson y Churchill, 1961; Krebs, 1978; Matteucci y Colma, 1982; Flores, 1998).

La estructura cuantitativa considera el cálculo de las variables que permiten analizar y comparar de manera cuantitativa las muestras, como son las variables continuas (área basal y cobertura). El área basal representa el espacio que ocupa una sección transversal de un tallo o tronco en un solo plano, mientras que la cobertura representa la superficie que ocupa la proyección vertical de las partes aéreas de los árboles. Otras variables estructurales son las variables discretas de densidad y frecuencia. La densidad se define como el número de individuos presentes en un área determinada. La frecuencia es la probabilidad de encontrar una especie determinada dentro de una unidad de muestreo (Daubenmire, 1968; Phillips, 1959; Krebs, 1978; Matteucci y Colma, 1982; Flores, 1998).

Las variables estructurales sintéticas se obtienen a partir de la generalización de la dominancia de las especies (Hanson y Churchill, 1961; Flores, 1998), como es el caso de

los valores de importancia relativa por especie (Phillips, 1959; Matteucci y Colma, 1982). Los índices de valor de importancia relativa dan una aproximación acerca de cuáles elementos de las muestras son los más importantes en términos de la organización o estructura de la comunidad (Matteucci y Colma, 1982). El cálculo de estos valores permite estimar cual es la aportación de una especie en particular a la estructura de la comunidad.

El valor de importancia es un punto de partida para entender los mecanismos o causas que subyacen a la estructura de una comunidad vegetal. Además, el análisis del valor de importancia de las especies cobra sentido cuando se considera que la medición de la diversidad biológica, además de aportar conocimientos a la teoría ecológica, provee de parámetros útiles en la toma de decisiones o en la sugerencia de acciones en favor de la conservación o monitoreo de las especies como las comunidades vegetales.

Justificación y objetivos

La mayor parte de los estudios realizados sobre los bosques mesófilos de montaña en la Huasteca Hidalguense han enfatizado el aspecto florístico. Sin embargo, aún son escasos los análisis sinicológicos detallados en los que se analice la estructura y funcionamiento de este tipo de vegetación.

Ante la necesidad de contribuir con el conocimiento de este tipo de bosques, el objetivo principal de este trabajo fue caracterizar la estructura cuantitativa del bosque mesófilo de montaña de Monte Grande en el municipio de Lolotla, a partir del reconocimiento de sitios con diferencias en cuanto a la orientación de ladera y la altitud. Con la intención de explorar la heterogeneidad ambiental se utilizó una modificación del método del IFRI (Ostrom y Wertime, 1995).

Los objetivos particulares de este trabajo fueron:

- Describir la distribución de alturas y diamétrica, así como su relación con las variables de la estructura cuantitativa de la densidad, el área basal y la cobertura.

- Estimar la importancia estructural de las especies arbustivas y arbóreas a partir del cálculo del valor de importancia relativa y la descripción de su estructura poblacional.
- Analizar la relación entre la estructura y la heterogeneidad ambiental expresada por las orientaciones de ladera y la altitud, en función de los valores de importancia relativa y las variables estructurales cuantitativas del estrato arbóreo.
- Reconocer las diferencias entre las orientaciones de ladera y unidades topográficas en cuanto la composición florística y la estructura cuantitativa del estrato arbóreo.
- Comparar la lista de especies del estrato arbóreo con otros muestreos, así como los valores estructurales obtenidos en sitios con bosques equivalentes en el país.

II. Zona de estudio

Localización y límites de Monte Grande

Monte Grande se encuentra en el municipio de Lolotla. Este municipio está en la porción noreste del estado de Hidalgo, con coordenadas extremas de $21^{\circ} 11' 30''$ y $20^{\circ} 49' 50''$ de latitud norte y $98^{\circ} 47' 20''$ y $98^{\circ} 37' 30''$ de longitud oeste. La cabecera municipal es el poblado de Lolotla ($20^{\circ} 50' 30''$ de latitud norte y $98^{\circ} 43' 00''$ de longitud oeste) (INEGI, 1989). Este municipio ocupa una superficie de 182.36 km^2 y colinda al norte con el estado de San Luis Potosí, al sur con Molango de Escamilla y Xochicoatlán, al oeste con los Tepehuacán de Guerrero y Molango de Escamilla y al este con Tlanchinol, San Felipe Orizatlán, Calnali y Huazalingo, todos estos municipios del estado de Hidalgo (INEGI, 1992) (figura 1).

Monte Grande se encuentra aproximadamente en el km 143 de la carretera federal 105 Pachuca-Tampico. Esta montaña forma parte de los terrenos comunales que pertenecen a los habitantes de Chalma y Tenango en el municipio de Lolotla (INEGI, 1993). El área de estudio se ubica entre los paralelos $20^{\circ} 53' 20''$ y $20^{\circ} 50' 20''$ de latitud norte y $98^{\circ} 42' 08''$ y $98^{\circ} 40' 12''$ longitud oeste, con un intervalo altitudinal que va de 1,110 a 1,560 m snm (INEGI, 1989) y cupa una superficie aproximada de 1022.67 ha (figura 1).

Clima

El clima en el municipio es templado cálido con una temperatura media anual de 18°C . El periodo de lluvias se presenta durante los meses de junio a septiembre (INEGI, 1985b). La precipitación media anual es de 1,420 mm (CEEMH, 1988). La fórmula climática de Monte Grande es $C(w_2)(w)b(i')g$, que corresponde a un clima templado subhúmedo, el más húmedo de los subhúmedos, con lluvias en verano, verano fresco y largo, temperatura media del mes más caliente entre 6.5° y 22°C , con poca oscilación térmica y marcha de la temperatura tipo ganges (SP, 1970; García, 1988). La precipitación en la zona de estudio durante la temporada seca (noviembre a abril) es de 350 a 400 mm. Durante los meses de noviembre a diciembre, la temperatura máxima es de 24°C y la mínima 12°C . Los vientos durante ambas temporadas tienen una dirección noroeste y norte principalmente (INEGI, 1985a, 1985b).

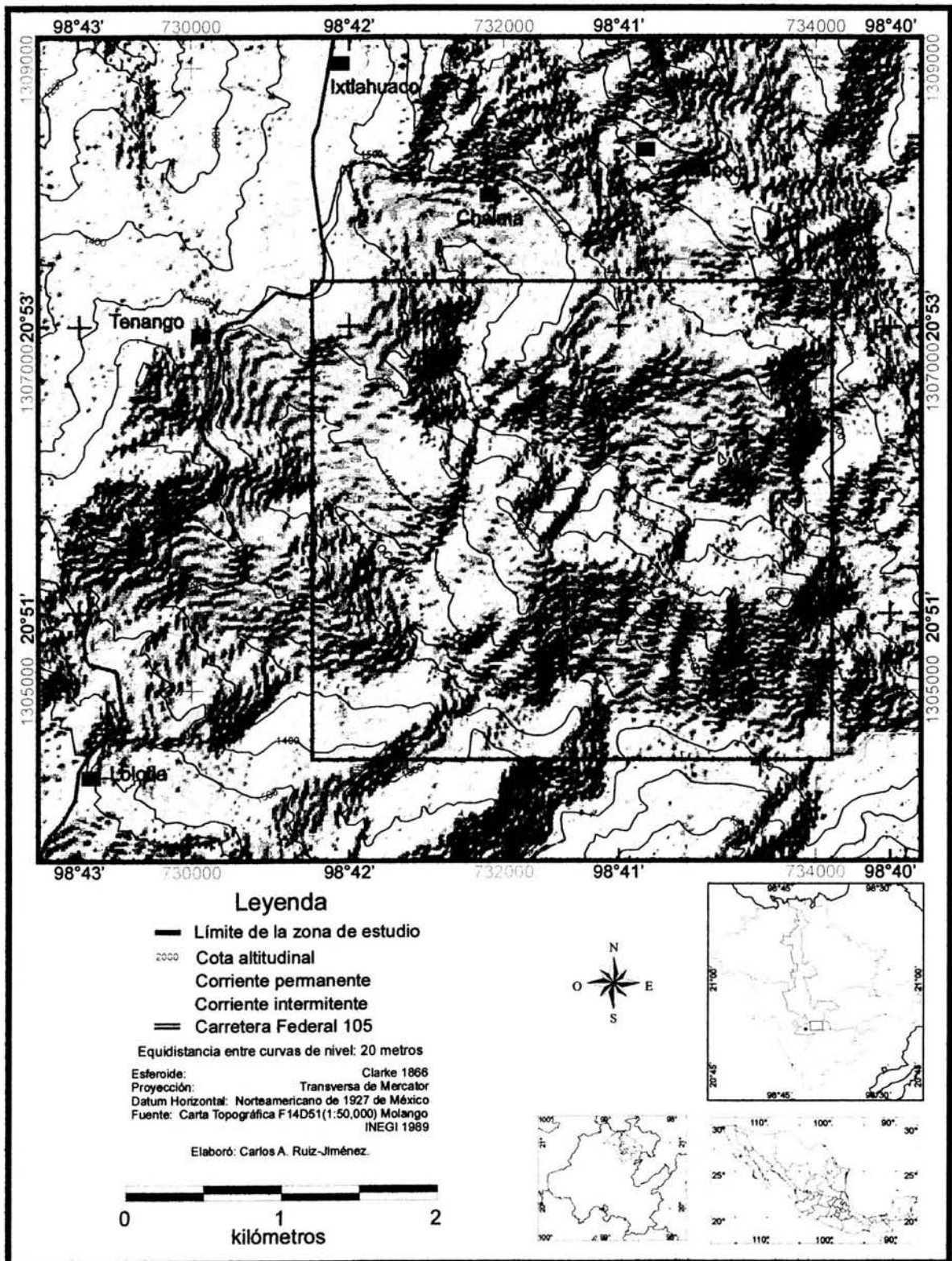


Figura 1. Mapa de la zona de estudio

Geología y suelo

En el área de estudio se presentan dos estratos geológicos, uno corresponde al Triásico con asociaciones de rocas sedimentarias de areniscas y conglomerados y el otro estrato corresponde al Jurásico Superior con rocas sedimentarias de calizas y lutitas (SPP, 1983a). Las rocas calizas son de color negro y gris oscuro, microcristalinas, en ocasiones calcareníticas y margosas con alto contenido de materia orgánica y manganeso, mientras que las lutitas son calcáreas con impregnaciones de calcopirita y manganeso. Como resultado de la acción de distintos agentes, esta asociación intemperiza en forma de lascas astillosas conforme a los planos de laminación (SPP, 1983a).

Los suelos del área de estudio son arcillosos y se derivan de rocas sedimentarias de edad mesozoica. Estos suelos presentan una capa rica en materia orgánica y nutrientes (INEGI, 1995). El suelo en Monte Grande es de tipo Regosol eútrico (INEGI, 1999). El Regosol es de tipo suelto sobrepuesto a la carpeta dura de tierra; se forma a partir de material no consolidado, excluyendo materiales de textura gruesa. Sólo presenta un horizonte A como horizonte diagnóstico. Este suelo se considera poco desarrollado y en general está constituido por material suelto, semejante a la roca que lo formó. Se les encuentra en cualquier tipo de clima y generalmente sobre topografía accidentada (SMA, 1998).

Fisiografía e hidrografía

La fisiografía de la zona corresponde a la de la región del norte del estado de Hidalgo, que está representada por la subprovincia del Carso Huasteco dentro de la provincia geológica y fisiográfica de la Sierra Madre Oriental, originada a fines del Mesozoico y principios del Cenozoico. Al noroeste de la sierra se encuentra la región de la Huasteca, formada por lomeríos, de sierras húmedas con buen drenaje y terrenos adecuados para cultivos tropicales, pastizales y ganado (INEGI, 1992).

Monte Grande se encuentra dentro de la Región Hidrológica del río Pánuco (RH26) y a su vez dentro de la subcuenca hidrológica X₉₀₁. Las corrientes permanentes de esta región hidrológica son abundantes, entre las se cuenta el río Atlapexco, que lleva dirección noreste y noroeste hasta encontrar al río Moctezuma (SPP, 1983b)

Monte Grande presenta un coeficiente de escurrimiento de 20 y 30% (SPP, 1983b), lo que permite la presencia de corrientes permanentes como es el caso del río Xocontla, que se encuentra al sur de la zona de estudio y corre con dirección noreste, así como otra corriente permanente que se encuentra al norte del bosque. Ambos ríos sirven de límite natural para la zona de estudio (figura 1).

III. Material y método

Selección y ubicación de los unidades de muestreo

Con base en la información bibliográfica, hemerográfica y cartográfica del municipio de Lolotla, así como en una salida prospectiva, se decidió trabajar en los terrenos comunales de Monte Grande debido a la presencia de bosque mesófilo de montaña distribuido en sitios con diferente orientación de ladera y la altitud.

A partir de la fotointerpretación de las fotografías aéreas, el modelo digital de terreno de Monte Grande y un análisis de orientación de ladera generado con el programa Ilwis 3.0 (ITC, 2001) se distribuyeron las unidades de muestreo, de acuerdo con el porcentaje de la superficie ocupada por cada orientación de ladera con presencia de bosque mesófilo de montaña. Los criterios ambientales considerados en la selección de los sitios de muestreo fueron similares a los empleados en otros trabajos (Puig *et al.*, 1983, Puig y Bracho, 1987; Santiago y Jardel, 1993; Ruiz-Jiménez *et al.*, 1999, Sánchez-Rodríguez *et al.*, 2003), tales como el estado de conservación, la exposición de la ladera, ubicación topográfica, altitud y pendiente en grados.

Se digitalizaron con el programa Ilwis 3.0 (ITC, 2001) las curvas de nivel correspondientes al área ocupada por Monte Grande incluidas en la carta topográfica Molango de escala 1:50,000, clave F14D51 (INEGI, 1989). A partir de esta digitalización se generó el mapa topográfico de Monte Grande (figura 2).

El modelo digital del terreno se generó mediante interpolación lineal de las curvas de nivel con una resolución espacial de 10 m por lado (pixel 100 m²). A partir del modelo digital del terreno se crearon los mapas de orientación de ladera y de pendientes (figuras 3 y 4). Con base en estos dos últimos mapas y la interpretación de la vegetación en fotografías aéreas de escala 1:75,000 (INEGI, 1995) se definieron los límites y la superficie que ocupa el bosque de Monte Grande.

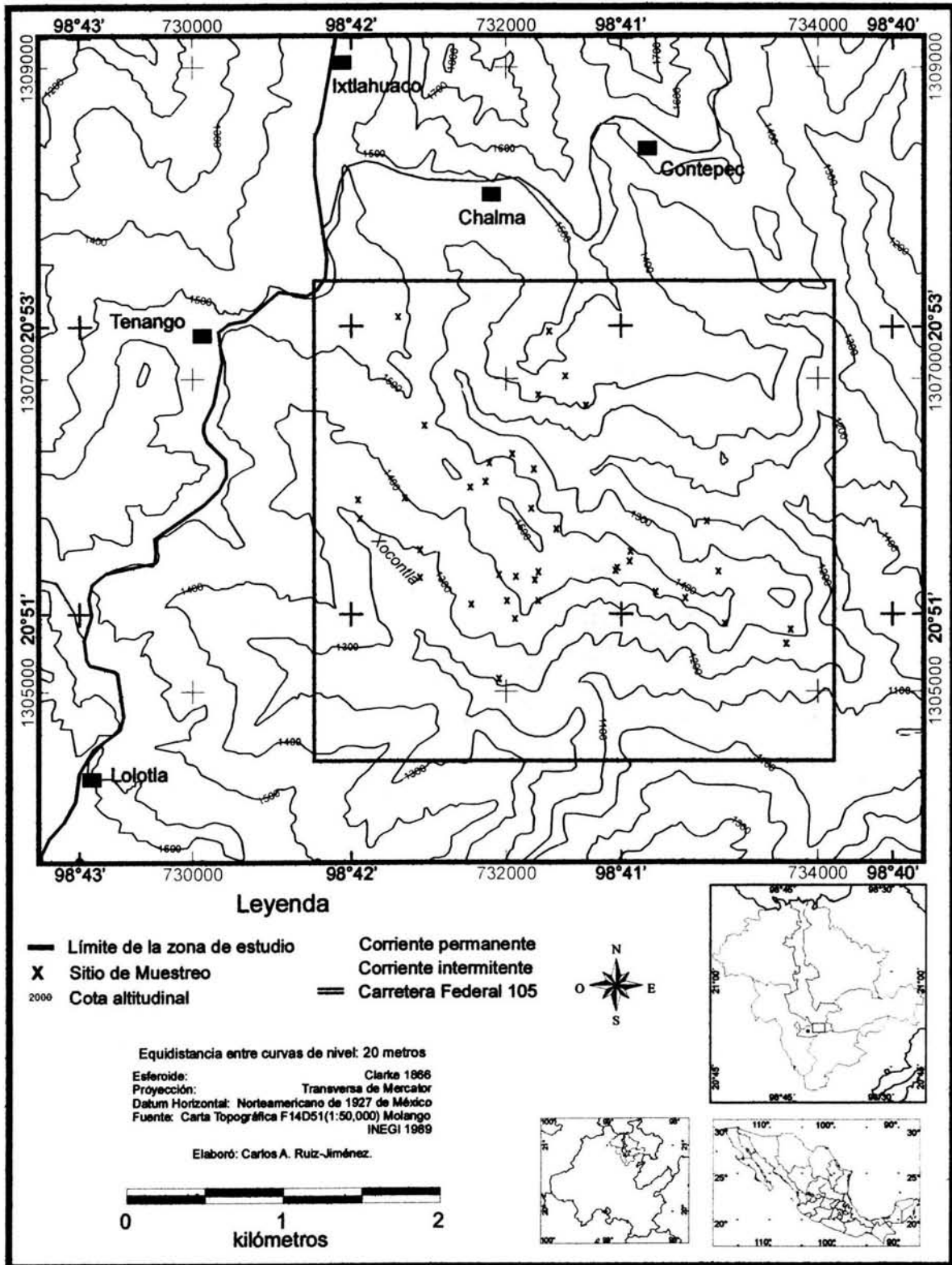


Figura 2. Mapa topográfico con la ubicación de las muestras en Monte Grande

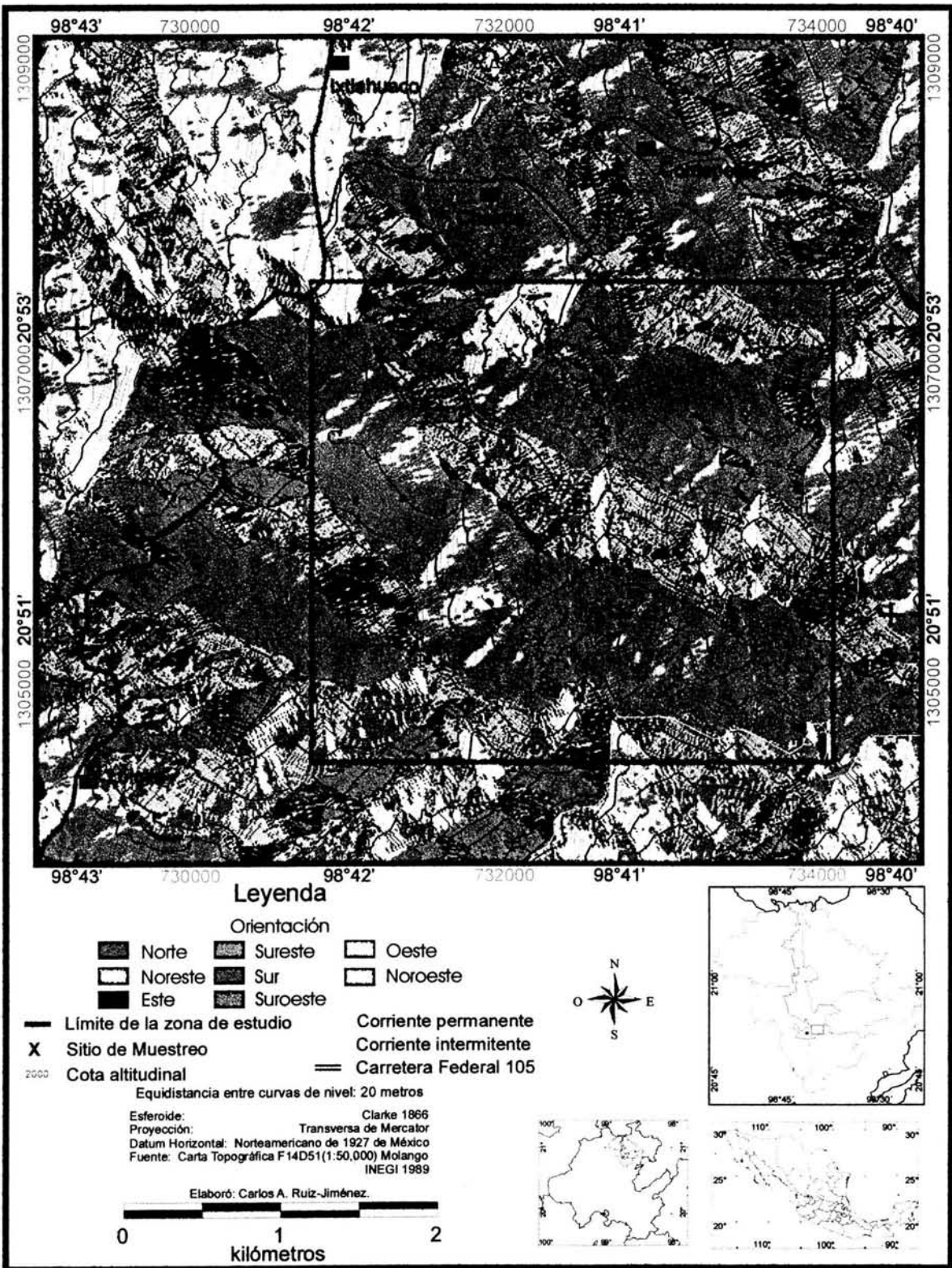


Figura 3. Mapa de orientación de ladera con la ubicación de las muestras en Monte Grande

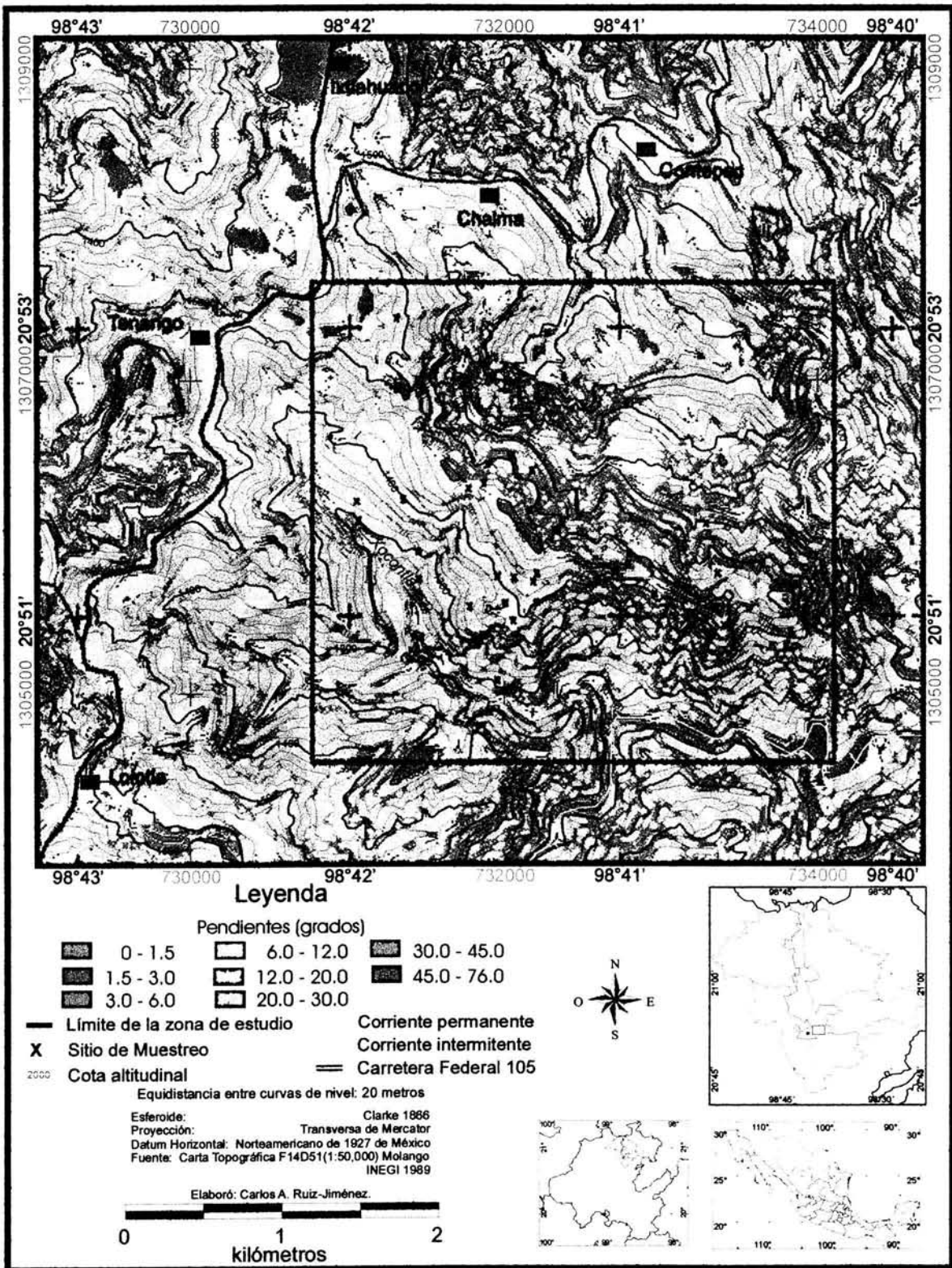


Figura 4. Mapa de pendientes con la ubicación de las muestras en Monte Grande

Trabajo en campo

Datos ambientales de las unidades de muestreo

Se tomaron las coordenadas (x , y) en unidades UTM (zona 14) mediante un sistema de posicionamiento global (GPS por sus siglas en inglés) y la altitud de cada uno de los sitios de muestreo con un altímetro. Los datos relativos a factores ambientales obtenidos fueron la unidad topográfica, la orientación de ladera y la pendiente.

Método de muestreo para el análisis estructural: parcelas circulares concéntricas

El método de muestreo empleado es una modificación al formato P correspondiente a las unidades de muestreo del bosque. Este método es empleado por el International Forestry Resources Institution (IFRI) y fue diseñado por Ostrom y Wertime (1995) de la Universidad de Indiana. En su forma original consta de varios formatos que tienen como objetivo generar una base de datos acerca del uso y manejo de los recursos forestales a nivel mundial.

El método completo del IFRI se ha utilizado en México en los bosques de Donaciano Ojeda y Cerro Prieto (Michoacán) y en Capulalpan y Huayapan (Oaxaca). Sin embargo, se han propuesto algunas modificaciones metodológicas en su parte biológica, las cuales se han empleado en la descripción de los bosques mesófilos de montaña de Santo Tomás Teipan y Santo Domingo Chontecomatlán, Oaxaca (Ruiz-Jiménez, no publicado).

El formato del método IFRI relativo a las unidades de muestreo del bosque (*form P*) consiste en tres parcelas circulares concéntricas cuyos criterios de inclusión son la forma de crecimiento y diámetro a la altura del pecho (DAP). Para los individuos medidos considera la familia y la especie, así como la forma de crecimiento (hierba, trepadora leñosa, arbusto y árbol).

Con base en las mediciones tomadas dentro de la parcela con 1 m de radio y 3.1416 m² de superficie se analizó el estrato herbáceo. En estas unidades de muestreo se incluyeron especies de hierbas, arbustos, plántulas de árboles, lianas y trepadoras leñosas. Las variables consideradas para las especies incluidas dentro de este círculo fueron las

siguientes: 1) altura promedio: se midió la altura de los individuos a partir del suelo con un flexómetro y se estimó el valor promedio de estas medidas; 2) porcentaje de cobertura: se estimó visualmente el espacio que ocupaba una especie en relación a la superficie del círculo; 3) número de plántulas de las especies leñosas: se contaron las plántulas de árboles y arbustos, considerando como plántulas a los individuos arbóreos o arbustivos con un diámetro basal < 2.5 cm y una altura < 1 m.

La información del estrato arbustivo se obtuvo de las variables medidas en las parcelas con 3 m de radio y 28.27 m² de superficie. El criterio de inclusión fue el diámetro basal para arbustos, árboles jóvenes (renuevos) y trepadoras leñosas. Para los individuos incluidos se tomaron los siguientes datos: 1) diámetro basal del tronco: se incluyeron los individuos enraizados dentro de este círculo con un diámetro basal ≥ 2.5 y < 10 cm medido con vernier en la base del tronco; 2) altura total: se midió a partir del suelo hasta el límite superior de la copa y para ello se empleó un flexómetro.

El análisis del estrato arbóreo se llevó a cabo a partir de las muestras circulares con 10 m de radio y 314.16 m² de superficie. En ellas se incluyeron árboles, arbustos y trepadoras leñosas con al menos un perímetro a la altura del pecho o PAP ≥ 10 cm (equivalente a 3.18 cm de diámetro a la altura del pecho o DAP). En el caso de las trepadoras leñosas, únicamente se midió el PAP. Las variables consideradas en el caso de los individuos arbóreos fueron las siguientes: 1) altura total: se midió con flexómetro a partir del suelo hasta el límite superior de la copa (apéndice 1); 2) perímetro a la altura del pecho (PAP): se midieron con cinta métrica a una altura de 1.3 m a partir del suelo todos los tallos de los individuos incluidos; 3) cobertura de la copa: se estimó la proyección del follaje sobre el suelo, a partir de la medición de dos diámetros perpendiculares a los límites de la copa (apéndice 1).

Las modificaciones al formato relativo a las unidades de muestreo del bosque (*form P*) se presentan en la sección D y se refieren a la identificación a nivel específico de las plantas incluidas dentro del muestreo. Para los individuos incluidos dentro del estrato arbustivo se midió el diámetro basal en lugar del DAP. En el tercer círculo en el que se muestreó el

estrato arbóreo se redujo el límite inferior del DAP de 10 a 3.18 cm y además se calculó la cobertura de la copa.

Se recolectaron ejemplares de referencia de individuos de las especies incluidas en el muestreo, procurando que fueran especímenes botánicos en estado de floración o fructificación. El material colectado se herborizó y posteriormente fue identificado a nivel de especie, con la ayuda de especialistas para algunas familias. Las referencias botánicas se cotejaron y depositaron en la colección del Herbario de la Facultad de Ciencias (FCME).

Análisis de los datos

Caracterización ambiental y florística de las unidades de muestreo

Se caracterizaron los sitios de muestreo con base en las variables ambientales de ubicación (coordenadas UTM), orientación, altitud, pendiente y unidad topográfica. A partir de la identificación de las especies presentes en las distintas unidades de muestreo se describió la composición florística de los estratos herbáceo, arbustivo y arbóreo.

Estructura cuantitativa

Para el estrato herbáceo se registró el número de especies herbáceas, la altura promedio por especie, el número de plántulas, el porcentaje de cobertura y el número total de especies. Para el estrato arbustivo se estimó el número de individuos, la densidad por hectárea, el área basal del sitio, el área basal por hectárea (apéndice 1), la altura promedio, el intervalo de altura y el número total de especies. En el estrato arbóreo se cuantificó el número de individuos, la densidad por hectárea, el área basal del sitio, el área basal por hectárea, la cobertura del sitio, la cobertura por hectárea y el porcentaje de cobertura (apéndice 1), la altura promedio, el intervalo de altura y el número total de especies.

Relación entre la altura y el DAP de los individuos arbóreos y las variables estructurales

Se realizó un histograma de la distribución de frecuencias de las alturas de los individuos presentes en las muestras del estrato arbóreo. El número y amplitud de clases de los histogramas se calcularon mediante la regla de Sturges (Weimer, 1996) (apéndice 1).

A partir de graficar las alturas máxima, promedio y mínima de las especies del estrato arbóreo, se obtuvo una aproximación a la distribución vertical de las especies. En esta figura se reconocieron tres categorías de altura principales, cuyas amplitud fue de 10 m. Estos límites fueron empleados en la descripción de la estructura vertical de los bosques de Tiltepec (Arellanes, 2000) y Teipan (Mejía, 2003; Mejía-Domínguez *et al.*, 2004); en el estado de Oaxaca. Asimismo, estas categorías fueron subdivididas en dos categorías secundarias con una amplitud de 5 m. Con base en las categorías descritas, se analizó la relación de la altura de los individuos arbóreos con las variables estructurales de densidad, área basal y cobertura.

El análisis de la estructura vertical se realizó con base en las observaciones tomadas en el campo, las gráficas de la distribución de frecuencias de las alturas y la aproximación a la distribución vertical de las especies del estrato arbóreo (Sánchez-Rodríguez *et al.*, 2003).

Se construyeron histogramas de la distribución de frecuencias de los diámetros a la altura del pecho (DAP). Se analizó la distribución diamétrica de las variables estructuras cuantitativas correspondientes a la densidad, el área basal y la cobertura. Para ello se utilizaron diferentes límites inferiores del DAP empleados en descripciones estructurales dentro del bosque mesófilo de montaña, como son 3.3, 5, 10, 15 y 20 cm (Arellanes, 2000; Mejía, 2003; Mejía-Domínguez *et al.*, 2004). Además, en este análisis se incluyeron a los individuos policaulescentes.

Valores de importancia relativa y estructura poblacional

En el caso de las especies presentes en el estrato arbustivo y el arbóreo, se estimó su contribución a la estructura del bosque con base en el cálculo del índice de importancia relativa de Cottam (Matteucci y Colma, 1982) (apéndice 1). El análisis de la estructura poblacional de las especies más importantes de los estratos arbustivo y arbóreo (especies con 30 ó más individuos) se llevó a cabo a partir de los histogramas con la distribución de frecuencias del DAP, lo que sirvió para describir los patrones poblaciones (Bongers *et al.*, 1988, Sánchez-Rodríguez *et al.*, 2003). Asimismo, se incluyeron los histogramas de frecuencias de las alturas de cada una de las especies importantes.

Efecto de los factores ambientales sobre la composición y estructura

Se evaluó la influencia de los factores ambientales sobre la composición y la estructura a partir del cálculo del valor de importancia relativa de las especies del estrato arbóreo por orientación de ladera y unidad topográfica. Asimismo, utilizando el índice de similitud de Jaccard (apéndice 1) se describió la similitud florística entre las orientaciones y las diferentes unidades topográficas. Este índice expresa el grado en el que dos muestras son semejantes por las especies presentes en ellas (Moreno, 2001)

Se utilizó el análisis multivariado de clasificación mediante el método de Ward, el cual es un método jerárquico, politético y aglomerativo (Ocegueda, 1991; Hernández-Encinas, 2001). Este método se ha utilizado para el análisis de muestras en el bosque mesófilo de Teipán (Mejía, 2003; Mejía-Domínguez *et al.* 2004). Con este método, las muestras (parcelas circulares con 10 m de radio) se unen por medio de una función de similitud en grupos cada vez más grandes, de tal manera que muestran las relaciones entre ellos. La distancia entre los grupos formados en cada paso se evalúa por medio de un análisis de la varianza, minimizando la suma de cuadrados entre los grupos formados (Gauch, 1982; Ocegueda, 1991; Johnson, 2000; Hernández-Encinas, 2001). Para este análisis se utilizó el programa Statistica 6.0 (Statsoft Inc., 1998) y se construyeron tres matrices: la primera con datos binarios de presencia-ausencia de las especies por muestra, otra con la densidad de cada especie por unidad de muestreo y la tercera con el logaritmo natural del área basal de cada especie por muestra.

Comparación del Monte Grande con otros muestreos en el país

Con base en la información de la composición florística y las variables estructurales del área de estudio, se llevaron a cabo comparaciones con los datos generados en otros muestreos realizados en diferentes bosques equivalentes de México.

IV. Resultados

Ubicación y caracterización ambiental de las unidades de muestreo

Se ubicaron 38 unidades de muestreo circulares con área, cubriendo una superficie total de 11,938 m² (superficie equivalente a 1.2 ha) para el estrato arbóreo, 1,074 m² para el estrato arbustivo y 119 m² para el estrato herbáceo (cuadros 1 y 2).

Cuadro 1. Distribución de las unidades de muestreos en cada orientación de la ladera de acuerdo al porcentaje de superficie ocupada.

	SO	S	N	NE	SE	O	E	NO	Monte Grande
Superficie ocupada (%)	24	20	9	14	12	9	9	4	100
Número de muestras	10	6	5	4	4	3	3	3	38
Superficie total muestreada (m ²)									
estrato herbáceo	31.4	18.9	15.7	12.6	12.6	9.42	9.42	9.42	119
estrato arbustivo	283	170	141	113	113	85	85	85	1074
estrato arbóreo	3142	1885	1571	1257	1257	942	942	942	11938

Cuadro 2. Distribución de las unidades de muestreos en cada unidad topográfica y superficie total muestreada.

	Laderas montañosas			Cañada (c)
	alta (lma)	media (lmm)	baja (lmb)	
Número de muestras	18	7	4	9
Superficie total muestreada (m ²)				
estrato herbáceo	56.55	21.99	12.57	28.27
estrato arbustivo	509	198	113	254
estrato arbóreo	5655	2199	1257	2827

Las coordenadas de cada sitio de muestreo se verificaron, corrigieron y ubicaron en el mapa topográfico y en el modelo digital de terreno (figuras 2 y 3). La distribución de los sitios de muestreo se realizó de acuerdo a la proporción de la superficie de cada orientación de ladera, siendo SO, S y N las orientaciones más comunes (cuadros 1, 2, 3, 4).

Cuadro 3. Número de muestras de acuerdo a combinaciones de orientación y unidad topográfica

	Laderas montañosas			
	alta	media	baja	Cañada
SO	3	3	1	3
S	3	0	1	2
N	2	2	1	0
NE	4	0	0	0
SE	2	0	0	2
O	0	1	1	1
E	2	0	0	1
NO	2	0	0	1

Debido a su accidentada topografía, Monte Grande presenta dos grandes vertientes como son la sur y la norte, además de un gradiente altitudinal de 320 m (figura 2 y 4), lo que permite la identificación y caracterización de sitios con condiciones ambientales diferentes (cuadro 4), por lo que fue posible muestrear ocho orientaciones (figura 3). Las unidades de muestreo se ubicaron en cuatro unidades topográficas como son las cañadas y las laderas montañosas bajas, medias y altas (figura 5).

El muestreo de la vegetación se llevó a cabo en distintos pisos altitudinales entre 1,200 y 1,520 m snm. Con respecto a la inclinación del terreno, las unidades de muestreo se ubicaron en zonas con pendientes desde suaves (5°) hasta fuertes (60°), aunque las pendientes medias (20° - 30°), fueron las más abundantes (figura 4).

Cuadro 4. Caracterización ambiental de los sitios de muestreo

Muestra	Coordenadas UTM		Orientación de ladera	Unidad topográfica	Altitud (msnm)	Pendiente (°)
	X (m)	Y (m)				
1	532322	2306034	E	lma	1420	5
2	531952	2305742	SO	lma	1400	9
3	532207	2306894	SE	lma	1407	47
4	533363	2305760	NO	c	1350	32
5	531353	2306232	SO	lmm	1395	37
6	531067	2306102	SO	c	1300	10
7	532066	2305727	SO	lma	1427	20
8	532801	2305886	N	lma	1420	25
9	533283	2306085	N	lmb	1204	25
10	532381	2307011	NE	lma	1483	40
11	532699	2305769	S	lma	1450	10
12	532792	2305827	NE	lma	1460	25
13	531311	2307393	NE	lma	1522	15
14	532512	2306823	S	lma	1405	25
15	532274	2307300	NO	lma	1516	60
16	532180	2306415	N	lmm	1356	30
17	532043	2306514	N	lmm	1380	40
18	531891	2306455	NO	lma	1415	28
19	531866	2306334	N	lma	1480	22
20	531954	2305072	SO	lmb	1206	16
21	533147	2305589	SO	lma	1420	30
22	532957	2305630	SO	c	1407	40
23	532712	2305787	S	lma	1460	20
24	532205	2305755	S	c	1448	15
25	531773	2306304	S	c	1466	20
26	531480	2306696	E	lma	1460	40
27	533795	2305297	S	lmb	1267	25
28	531450	2305900	SO	lmm	1300	45
29	531056	2306220	SO	lmm	1325	30
30	532008	2305575	SO	c	1390	10
31	532210	2305575	SE	c	1392	35
32	532059	2305456	O	lmm	1390	10
33	531452	2305723	O	lmb	1256	24
34	531779	2305549	O	c	1350	20
35	533826	2305387	SE	c	1320	30
36	533398	2305430	SE	lma	1403	40
37	532164	2306166	NE	lma	1496	30
38	532186	2305707	E	c	1437	40

Unidad topográfica: ladera montañosa alta (lma), ladera montañosa media (lmm), ladera montañosa baja (lmb), cañada (c)

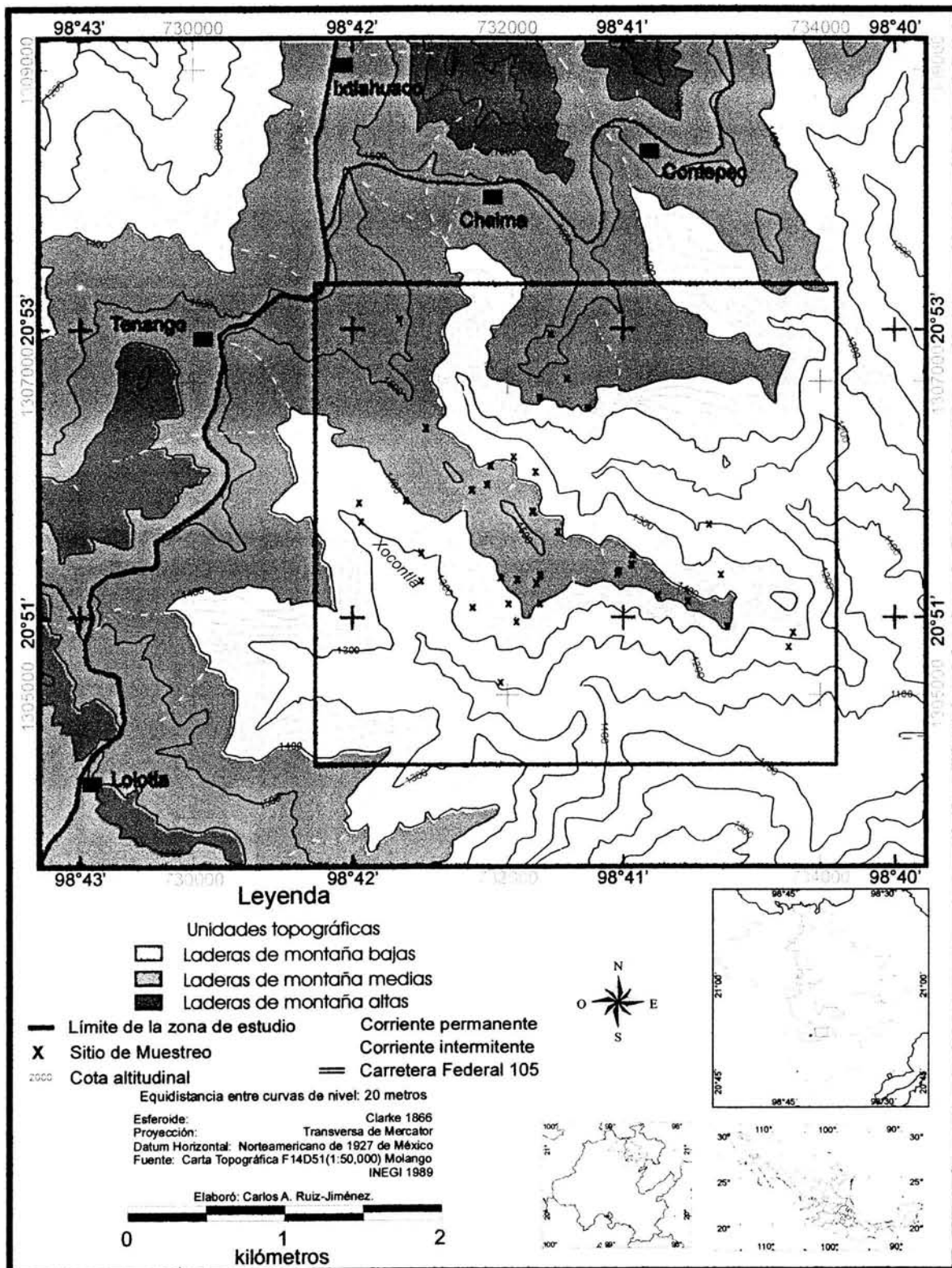


Figura 5. Mapa de unidades topográficas con la ubicación de las muestras en Monte Grande

Composición florística

Para el estrato herbáceo se registraron 96 especies en total, de las cuales únicamente 69 pudieron ser determinadas (26 herbáceas, 12 arbustos, 22 árboles y nueve bejucos). En este estrato se presentaron 60 especies exclusivas. Este estrato está dominado por pastos (*Homolepis glutinosa* e *Ichnanthus nemorosus*), pteridofitas (*Asplenium* sp., *Elaphoglossum* sp., *Polypodium* spp.) y aráceas (*Anthurium* sp., *Arisaema* sp. y *Zyngonium* sp.). Otras especies menos abundantes pero también comunes son *Coccocypselum cordifolium*, *Commelina* sp., *Peperomia collocata* y *Oxalis* sp. Las plántulas de las especies arbustivas y arbóreas son elementos importantes dentro de este estrato. Las trepadoras leñosas más sobresalientes son *Celastrus pringlei*, *Parthenocissus* sp., *Rhus* sp., *Rubus eriocarpus*, *Smilax aristolochiifolia*, *S. domingensis*, *S. mollis*, *S. tomentosa* y *Vitis popenoei* (apéndice 2).

En el estrato arbustivo se presentaron 45 especies en total, de las cuales 41 pudieron ser identificadas y se registraron 12 especies de arbustos, 26 de árboles, dos trepadoras leñosas y una hierba. Para este estrato sólo seis especies fueron exclusivas. En este estrato se encuentran individuos jóvenes de las especies arbóreas, además de algunos arbustos miembros de las familias Rubiaceae (*Hoffmania rotata*, *Houstonia* sp., *Palicourea padifolia* y *Randia aculeata*) y Asteraceae (*Ageratina ligustrina*, *Baccharis trinervis*, *Eupatorium* sp. y *Stevia jorullensis*), además de *Bocconia frutescens*, *Miconia oligotricha*, *Piper auritum*, *Solanum umbellatum*, *Triumfetta dumetorum* y *Xylosma flexuosum* (apéndice 2).

En las muestras correspondientes al estrato arbóreo se presentaron 78 especies, de las cuales únicamente 60 especies fueron determinadas (46 árboles, 10 arbustos y cuatro trepadoras leñosas); en este estrato 36 especies fueron exclusivas. El estrato arbóreo está constituido por especies de las familias Fagaceae (*Quercus* aff. *eugeniifolia*, *Q. affinis*, *Q. castanea*, *Q. germana* y *Q. sartorii*), Lauraceae (*Beilschmiedia mexicana*, *Cinnamomum efusum*, *Ocotea helicterifolia*, *Persea americana* y *P. liebmannii*), Fabaceae (*Dalbergia palo-escrito* e *Inga huastecana*), Ericaceae (*Befaria laevis*, *Gaultheria* sp., *Vaccinium leucanthum* y *Xolisma squamulosa*), Betulaceae (*Carpinus caroliniana* y *Ostrya*

virginiana), Pinaceae (*Pinus greggii* y *P. pseudostrobus*), Rosaceae (*Prunus brachybotrya*, *P. samydoides* y *P. serotina* var. *capuli*) y Cornaceae (*Cornus disciflora* y *C. excelsa*); otras especies arbóreas presentes son *Clethra mexicana*, *Eugenia xalapensis*, *Juglans mollis*, *Liquidambar macrophylla*, *Oreopanax xalapensis*, *Rapanaea myricoides*, *Rhamnus longistyla*, *Trichilia havanensis*, *Trophis mexicana*, *Turpinia occidentalis* y *Zanthoxylum xicense* (apéndice 2).

Estructura cuantitativa

Estrato herbáceo: hierbas y plántulas

El número de especies considerando a las hierbas y plántulas fue variable, llegándose a presentar muestras con 14 y dos especies. En algunos sitios no se presentó ninguna especie herbácea, mientras que otros llegaron a presentar hasta ocho. El porcentaje de cobertura en algunas muestras llegó a sobrepasar 230%, en contraste con otras donde fue menor a 10%, siendo el promedio de 71% de superficie ocupada por este estrato (cuadro 5).

Los valores de los intervalos de altura están influidos por la presencia de plántulas de algunas especies arbustivas y arbóreas, así como de algunos individuos bien establecidos que sobrepasan alturas de 2 m, pero que no alcanzaron a tener 2.5 cm de diámetro basal. El número total de plántulas fue de 435. En algunas muestras se presentaron hasta 107 plántulas correspondientes a la especie *Beilschmiedia mexicana*, mientras que en otras no se presentaron. El promedio de plántulas por sitio fue de 11 (cuadro 5).

Estrato arbustivo: arbustos, árboles jóvenes y trepadoras leñosas

Algunas muestras únicamente presentaron individuos de una especie como *Beilschmiedia mexicana*, *Eugenia xalapensis*, *Quercus castanea* y *Xolisma squamulosa*, mientras que otras presentaron hasta nueve, siendo el promedio de cuatro especies por sitio. La densidad del conjunto total de arbustos, árboles jóvenes y trepadoras fue de 3,379 ind/ha, con un intervalo que va de 707 ind/ha a 1,1318 ind/ha. El área basal total de 393 tallos fue de 4.55 m²/ha, con un intervalo que va de 0.80 m²/ha a 20.40 m²/ha. El intervalo de altura de los 359 arbustos y árboles jóvenes fue de 1.3 a 5.99 m, con una altura promedio de 2.53 m (cuadro 6).

Cuadro 5. Resumen de las variables estructurales del estrato herbáceo

Muestra	Sh	Sm	Cob (%)	Intervalo de altura (m)	Np
1	3	9	91	0.06 - 0.36	81
2	5	14	110	0.06 - 1.08	11
3	3	9	27	0.12 - 0.96	7
4	4	11	89	0.05 - 1.90	1
5	0	3	9	0.20 - 0.40	5
6	3	4	77	0.018 - 0.2	1
7	1	4	62	0.15 - 0.71	3
8	3	6	92	0.07 - 0.77	0
9	4	7	89	0.15 - 0.57	1
10	4	7	19	0.12 - 0.24	2
11	3	5	22	0.05 - 0.40	0
12	2	5	21	0.10 - 0.37	2
13	2	4	120	0.10 - 0.70	42
14	6	8	23	0.18 - 0.47	0
15	4	5	31	0.18 - 1.86	0
16	3	9	74	0.04 - 1.42	55
17	2	7	25	0.07 - 1.34	3
18	5	11	59	0.17 - 0.69	0
19	3	10	47	0.07 - 2.00	3
20	1	3	24	0.20 - 0.62	6
21	3	6	80	0.15 - 0.50	9
22	2	5	60	0.12 - 1.00	10
23	3	5	80	0.15 - 0.45	7
24	1	6	80	0.15 - 0.80	14
25	3	6	18	0.04 - 0.22	2
26	3	6	86	0.10 - 0.80	0
27	5	5	118	0.08 - 0.40	0
28	2	4	95	0.11 - 0.32	2
29	3	5	72	0.15 - 0.77	2
30	2	6	235	0.04 - 0.40	107
31	2	9	74	0.10 - 2.10	7
32	1	2	45	0.20 - 0.25	0
33	7	11	82	0.07 - 0.23	15
34	2	7	86	0.08 - 0.30	9
35	8	11	122	0.12 - 1.57	1
36	4	10	95	0.12 - 0.82	12
37	6	6	87	0.22 - 0.90	0
38	3	10	73	0.15 - 1.27	15
Total	44	96	71	0.018 - 2.10	435
Promedio	3	7	71	—	11
Desviación estándar	1.71	2.77	42.05	—	22.81

Sh = número de especies herbáceas, Sm = número de especies del círculo, Cob = porcentaje de cobertura, Np = número de plántulas. En cursivas el valor mínimo y en negritas el valor máximo.

Cuadro 6. Resumen de las variables estructurales del estrato arbustivo

Muestra	Sm	N	D (ind/ha)	ABm (m ²)	AB (m ² /ha)	Ap (m)	Intervalo de altura (m)
1	3	19	6720	0.022	7.65	1.89	1.3 - 3.24
2	4	15	5305	0.019	6.88	2.11	1.3 - 3.35
3	4	9	3183	0.007	2.40	1.45	1.3 - 1.75
4	4	10	3537	0.012	4.19	2.30	1.5 - 4.02
5	2	3	1061	0.005	1.81	2.79	2.14 - 3.44
6	<i>1</i>	15	5305	0.016	5.65	2.46	1.3 - 4.4
7	3	4	1415	0.004	1.51	2.50	1.89 - 3.23
8	3	5	1768	0.003	1.09	1.88	1.5 - 2.48
9	4	6	2122	0.004	1.51	2.54	1.55 - 4.7
10	<i>1</i>	2	<i>707</i>	<i>0.002</i>	<i>0.85</i>	1.30	1.3
11	3	8	2829	0.015	5.41	2.25	1.3 - 2.41
12	4	21	7427	0.019	6.72	3.61	1.3 - 5.99
13	2	5	1768	0.016	5.50	1.71	1.3 - 2.83
14	<i>1</i>	3	1061	0.008	2.74	2.17	1.74 - 2.52
15	7	8	2829	0.021	7.38	2.96	1.58 - 4.77
16	4	9	3183	0.009	3.21	1.63	1.3 - 2.25
17	7	15	5305	0.027	9.40	2.26	1.3 - 5.2
18	9	22	7781	0.028	10.04	2.35	1.3 - 5
19	5	5	1768	0.007	2.35	1.88	1.46 - 2.48
20	3	32	11318	0.06	20.40	3.37	1.46 - 5.5
21	2	6	2122	0.005	1.90	2.71	2.34 - 3.34
22	4	5	1768	0.005	1.86	3.08	2.28 - 4.28
23	4	8	2829	0.010	3.41	2.85	1.72 - 3.86
24	<i>1</i>	4	1415	0.006	2.06	2.69	2.0 - 4.0
25	5	8	2829	0.009	3.09	2.53	1.8 - 3.15
26	5	12	4244	0.013	4.53	3.13	2.3 - 3.88
27	<i>1</i>	2	707	0.002	0.81	2.09	1.68 - 2.5
28	6	12	4244	0.011	3.81	2.21	1.3 - 3.8
29	3	17	6013	0.035	12.22	2.18	1.3 - 4.5
30	2	10	3537	0.010	3.53	2.14	1.3 - 3.52
31	6	10	3537	0.012	4.13	3.10	2.2 - 3.82
32	3	15	5305	0.027	9.57	2.95	1.3 - 5.1
33	3	3	1061	0.009	3.18	1.97	1.3 - 3.3
34	3	5	1768	0.005	1.62	2.59	1.7 - 4.9
35	3	4	1415	0.005	1.67	3.90	1.3 - 4.7
36	2	7	2476	0.008	2.95	1.92	1.3 - 3.08
37	3	5	1768	0.005	1.65	2.60	1.3 - 4.68
38	5	14	4951	0.012	4.24	2.65	1.3 - 3.75
Total	45	363	3379	0.49	4.55	2.53	1.3 - 5.99
Promedio	4	10	3379	0.01	5	—	—
Desviación estándar	1.83	6.55	2317	0.01	3.87	—	—

Sm = número de especies de la muestra, N = número de individuos, D = densidad, ABm = área basal de la muestra, AB = área basal por hectárea, Ap = altura promedio. En cursivas el valor mínimo y en negritas el valor máximo.

Tercer estrato: *árboles y trepadoras leñosas*

En algunas muestras únicamente hubo cuatro especies, mientras que en otras la riqueza llegó a ser de 19 especies. La densidad de los 1,576 árboles y las 52 trepadoras leñosas en su conjunto es de 1,364 ind/ha. El valor mínimo en cuanto la densidad fue de 382 ind/ha, en contraste con los 2,769 ind/ha, siendo el promedio de 1,360 ind/ha. El área basal total correspondiente al conjunto de los 2,165 tallos medidos fue de 23.48 m²/ha. El valor más bajo de área basal entre las distintas muestras fue de 10.62 m²/ha, siendo el más alto de 36 m²/ha. La cobertura de este estrato fue de 223%. En algunos sitios la cobertura ocupada llegó a cubrir hasta cinco veces la superficie muestreada, pero en otros fue solo equivalente a 100% (cuadro 7).

Los árboles presentan un intervalo de altura que va de 1.3 a 38.87 m, con una altura promedio de 7.63 m. El diámetro promedio fue de 10.27 cm con un intervalo de 3.18 a 74.8 cm. El valor promedio de la cobertura fue de 16.921 m² con un intervalo de 0.0019 a 415.475 m² (cuadro 7).

Estructura vertical

La figura 6 muestra el histograma de frecuencias de las alturas de individuos del estrato arbóreo, donde se observan 12 clases con una amplitud de clase de 3.13 m. En esta gráfica se incluyeron 1,576 individuos con PAP \geq 10 cm (equivalente a 3.18 cm de DAP).

La forma de esta gráfica es asimétrica, debido a que las primeras categorías son las que incluyen al mayor número de individuos; en contraste, las categorías de mayor altura tienen una baja frecuencia. El 60% de los individuos arbóreos tienen menos de 10.6 m de altura, siendo la segunda categoría (4.4 a 7.5 m) la más abundante con cerca de 40% del total. Menos de 2% de los árboles superan los 20 m.

Cuadro 7. Resumen de las variables estructurales del estrato arbóreo

Muestra	Sm	N	D (ind/ha)	ABm (m ²)	AB (m ² /ha)	Cobm (m ²)	Cob (m ² /ha)	PC (%)	Ap (m)	Intervalo de altura (m)
1	12	39	1241	0.87	28	771	24554	246	8.7	1.62 - 21.55
2	12	62	1974	0.76	24.23	814	25915	259	8.6	2.93 - 36.61
3	13	30	955	0.47	15.07	496	15801	158	7.0	2.70 - 16.55
4	10	68	2165	0.90	28.80	689	21944	219	5.5	1.45 - 18.80
5	6	61	1942	1.00	31.90	1596	50812	508	6.6	2.29 - 27.09
6	9	87	2769	1.13	35.96	1155	36759	368	7.6	1.90 - 37.13
7	11	37	1178	0.79	25.25	896	28518	285	7.9	2.17 - 24.01
8	9	74	2355	0.78	24.91	909	28941	289	8.5	1.50 - 22.02
9	15	57	1814	0.65	20.76	749	23836	238	7.0	2.85 - 26.76
10	6	26	828	0.70	22.42	485	15428	154	12.0	2.43 - 25.82
11	6	39	1241	1.13	36.00	699	22256	223	7.5	2.63 - 26.57
12	10	62	1974	0.62	19.80	605	19263	193	8.7	3.79 - 15.53
13	6	12	382	0.76	24.19	529	16848	168	9.8	5.50 - 16.93
14	4	13	414	0.61	19.33	314	9996	100	9.0	2.54 - 18.35
15	16	40	1273	0.39	12.39	584	18578	186	5.5	1.62 - 13.05
16	11	34	1082	0.50	15.79	487	15498	155	6.6	1.30 - 20.75
17	19	59	1878	0.46	14.59	755	24032	240	6.5	1.97 - 13.45
18	9	43	1369	0.37	11.80	612	19494	195	7.7	2.87 - 17.09
19	13	25	796	0.40	12.73	435	13856	139	8.0	3.07 - 21.05
20	10	49	1560	0.82	26.24	944	30042	300	8.6	3.65 - 30.05
21	6	40	1273	0.72	22.96	610	19401	194	6.8	1.30 - 13.31
22	14	40	1273	0.62	19.66	585	18621	186	9.3	3.82 - 24.90
23	11	42	1337	0.74	23.59	697	22196	222	8.9	2.58 - 38.00
24	10	47	1496	0.96	30.54	679	21598	216	9.1	2.95 - 24.40
25	9	44	1401	0.56	17.89	684	21762	218	8.4	2.50 - 24.19

Cuadro 7. Continuación

Muestra	Sm	N	D (ind/ha)	ABm (m ²)	AB (m ² /ha)	Cobm (m ²)	Cob (m ² /ha)	PC (%)	Ap (m)	Intervalo de alturas (m)
26	9	38	1210	0.87	27.54	834	26544	265	7.7	2.21 - 35.67
27	5	18	573	0.85	27.21	562	17885	179	9.7	2.50 - 38.87
28	11	58	1846	1.00	31.88	754	24016	240	5.8	2.00 - 18.70
29	11	29	923	0.87	27.84	423	13480	135	8.5	3.05 - 23.55
30	11	39	1241	0.87	27.82	541	17228	172	5.6	2.45 - 13.26
31	9	27	859	1.09	34.57	778	24771	248	8.2	1.60 - 23.76
32	9	47	1496	0.65	20.67	956	30433	304	6.3	3.50 - 17.08
33	11	40	1273	0.62	19.82	570	18154	182	6.3	2.40 - 25.27
34	12	44	1401	0.72	22.93	928	29548	295	6.9	3.15 - 17.04
35	7	24	764	0.33	10.62	539	17161	172	7.7	3.15 - 16.85
36	7	27	859	0.65	20.81	427	13601	136	6.4	2.46 - 17.50
37	12	53	1687	1.12	35.61	890	28337	283	9.3	2.80 - 26.57
38	14	54	1719	0.64	20.47	683	21746	217	7.7	2.15 - 22.33
Total	78	1628	1364	28.03	23.48	26667	22338	223	7.6	1.30 - 38.87
Promedio	10	43	1367	0.73	23.37	700	22278	223	—	—
Desviación estándar	3.24	16.74	533	0.22	6.98	237	7546	75	—	—

Sm = número de especies de la muestra, N = número de individuos, D = densidad, ABm = área basal del círculo, AB = área basal por hectárea, Cobm = cobertura de la muestra, Cob = cobertura por hectárea, PC = porcentaje de cobertura, Ap = altura promedio. En cursivas el valor mínimo y en negritas el valor máximo.

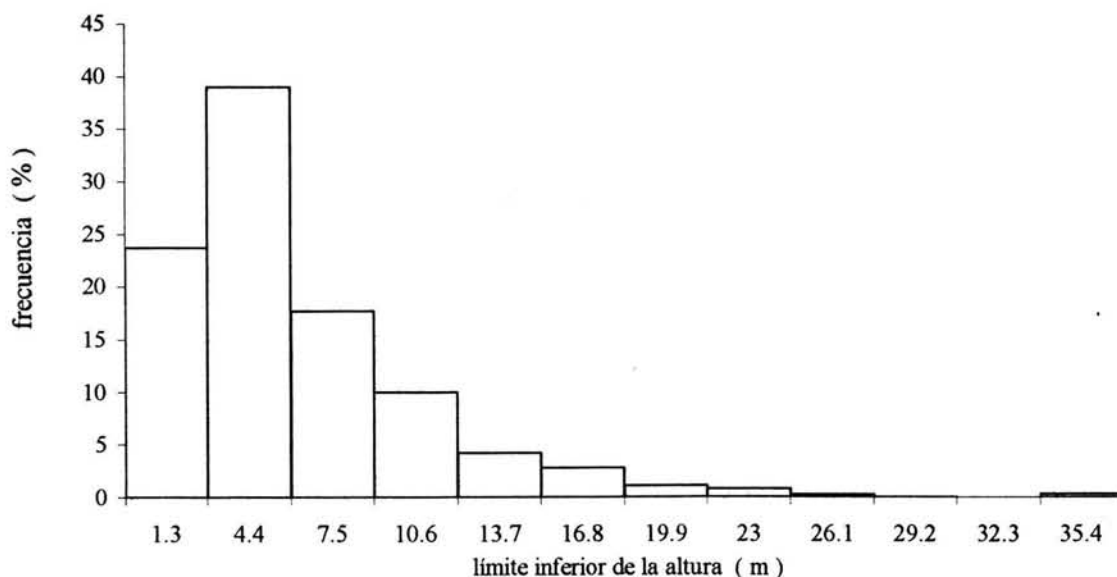


Figura 6. Distribución de frecuencias de las alturas de los individuos del estrato arbóreo

El estrato arbóreo bajo (menos de 15 m) considera a las especies con individuos de las siguientes especies: *Ageratina ligustrina*, *Baccharis trinervis*, *Carpinus caroliniana*, *Cinnamomum effusum*, *Citrus aurantium*, *Citrus limon*, *Cnidoscopus multilobus*, *Cornus disciflora*, *Cornus excelsa*, *Cyathea mexicana*, *Eugenia xalapensis*, *Gaultheria* sp., *Juglans mollis*, *Lonchocarpus* sp., *Myrica cerifera*, *Oreopanax xalapensis*, *Palicourea padifolia*, *Persea americana*, *Persea liebmannii*, *Piper* sp., *Prunus brachybotrya*, *Prunus samydoides*, *Prunus serotina* var. *capuli*, *Prunus* sp., *Randia aculeata*, *Rapanea myricoides*, *Rhamnus longistyla*, *Trichilia havanensis*, *Turpinia occidentalis*, *Vaccinium leucanthum*, *Viburnum* sp., *Xolisma squamulosa*, *Yucca* sp. y *Zanthoxylum xicense* (figuras 6 y 7).

El estrato arbóreo medio (15 a 20 m) incluye a *Befaria laevis*, *Beilschmiedia mexicana*, *Clethra mexicana*, *Inga huastecana*, *Ocotea helicterifolia*, *Pinus pseudostrobus*, *Quercus affinis* y *Quercus castanea*. El estrato arbóreo alto (20 a 30 m) considera a las especies *Liquidambar macrophylla*, *Ostrya virginiana*, *Pinus greggii* y *Quercus* aff. *eugenifolia* y *Trophis mexicana*. Los árboles emergentes (por arriba de 30 m) fueron *Dalbergia palo-escrito*, *Quercus germana*, *Quercus sartorii* y *Trophis mexicana* (figuras 6 y 7).

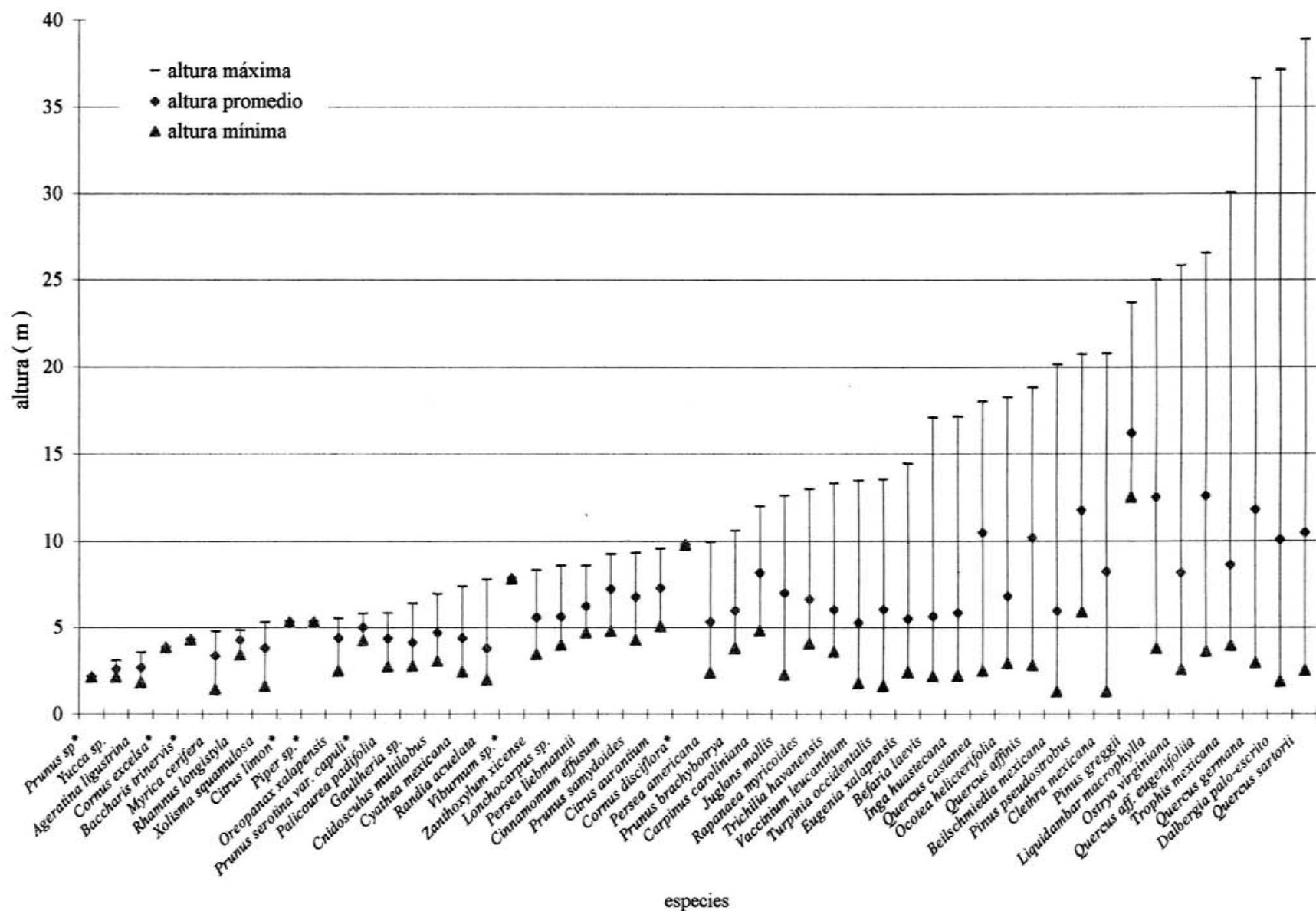


Figura 7. Distribución vertical de algunas especies del estrato arbóreo. * especies con un solo individuo

Relación entre las categorías de altura y las variables estructurales cuantitativas

Cerca de 80% de los individuos arbóreos en este bosque tienen menos de 10 m de altura, la mayoría de los individuos presentan entre 5 y 10 m (45%). Los individuos entre 10 y 20 m presentaron 51% del área basal del bosque, siendo los individuos entre 15 y 20 m los que aportan el mayor porcentaje de esta variable con 33%. Los individuos con menos de 20 m contribuyeron con 80% de la cobertura, sin embargo los individuos de 5 y 10 m, son los que más contribuyen, con un porcentaje de 31% (cuadro 8 y figura 8). De acuerdo con este análisis se distinguen las siguientes tendencias generales de la distribución vertical de las variables estructurales: 1) la densidad y el número de especies disminuyen drásticamente con el incremento de la altura; 2) la distribución vertical del área basal y cobertura tienen una forma de campana, donde las categorías que más contribuyen se encuentran entre 10 y 15 m y entre 5 y 15 m, respectivamente; 3) el incremento del límite superior de la altura refleja un aumento en los valores promedios de la altura, el diámetro a la altura del pecho y cobertura de los individuos (cuadro 8 y figura 8).

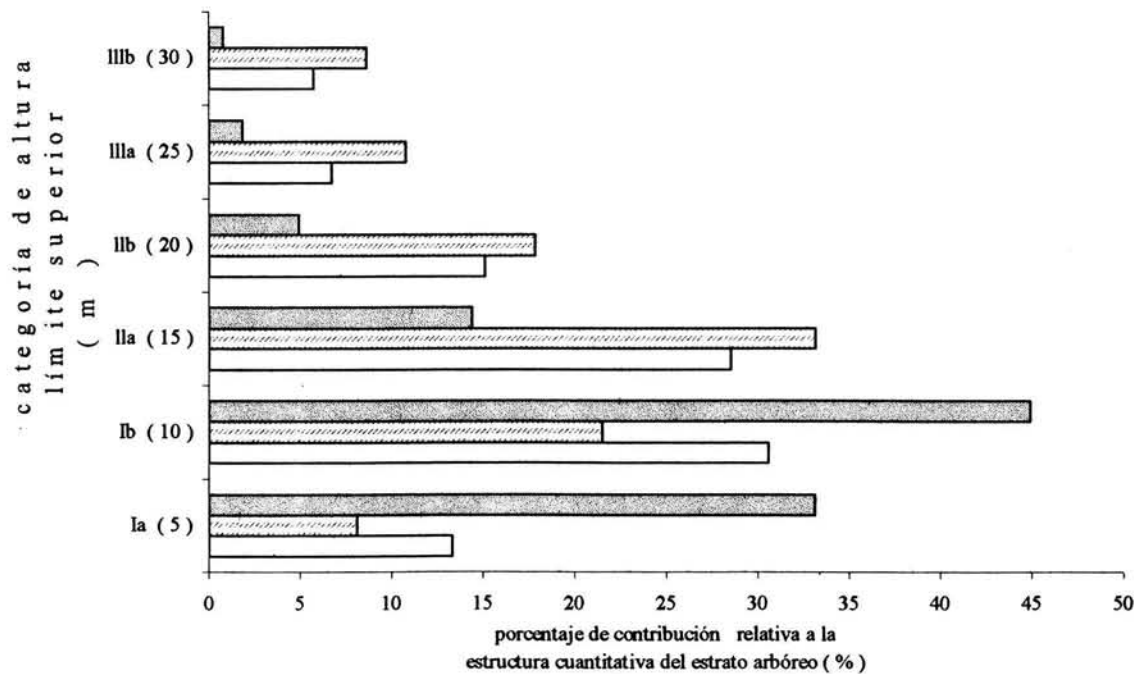


Figura 8. Distribución vertical de las variables estructurales de densidad (barras grises), área basal (barras rayadas) y cobertura (barras blancas)

Cuadro 8. Resumen de las variables estructurales de distintas categorías de altura del estrato arbóreo

	Categorías de altura					
	límite superior de altura (m)					
	Ia	Ib	IIa	IIb	IIIa	IIIb
	5	10	15	20	25	30*
Número de especies**	53	50	20	6	9	7
arbustivas	9	7	0	1	0	0
arbóreas	44	43	20	5	9	7
exclusivas	11	32	12	4	5	6
Número de individuos	522	708	227	78	29	12
Densidad (ind/ha)	437	593	190	65	24	10
Número de tallos	713	945	286	94	33	12
Densidad (tallos/ha)	597	792	240	79	28	10
Área basal (m ²)	2.255	6.001	9.248	4.979	3.005	2.398
Área basal (m ² /ha)	1.889	5.027	7.747	4.171	2.517	2.009
Cobertura (m ²)	3549	8162	7608	4028	1793	1527
Cobertura (m ² / ha)	2973	6837	6373	3374	1502	1279
Cobertura (%)	30	68	64	34	15	13
Altura promedio (m)	3.86	6.92	13.18	14.03	22.29	31.21
Intervalo de altura (m)	1.3 - 4.99	5 - 9.9	10 - 14.8	15 - 19.5	20 - 24.9	25.27 - 38.8
Diámetro promedio (cm)	5.53	8.10	19.80	23.15	33.17	37.50
Intervalos de diámetro (cm)	3.18 - 57	3.18 - 66.8	4.45 - 65.2	4.13 - 68.1	8.27 - 43.9	23.55 - 43.5
Cobertura promedio (m ²)	6.80	11.53	33.52	33.52	61.84	127.28
Intervalo de cobertura (m ²)	0.002 - 72	0.27 - 111	3.08 - 192	3.87 - 177	5.30 - 241	40.49 - 415

* se incluyen individuos con más de 30 m

**se incluyen morfoespecies

Estructura diamétrica

La figura 9 muestra la distribución de las frecuencias de los diámetros a la altura del pecho (DAP) de los individuos presentes en las muestras del estrato arbóreo. En este histograma se consideran 1,628 individuos distribuidos en 12 categorías con 5.96 cm de amplitud de clase. La forma de esta gráfica es asimétrica, donde los individuos con diámetros pequeños son los más abundantes y los individuos con diámetros grandes son escasos. La mayor parte de los individuos considerados dentro del estrato arbóreo tienen un DAP menor a 10 cm, de los cuales más de 81% presentan un DAP entre 3.18 y 9.14 cm, siendo la primer categoría (entre 3.18 y 9.14) las más frecuente con 66%, en contraste con las categorías de mayor tamaño, ya que menos de 2.5% de los tallos supera los 33 cm. La gráfica muestra que con el aumento del diámetro a la altura del pecho disminuye drásticamente la frecuencia.

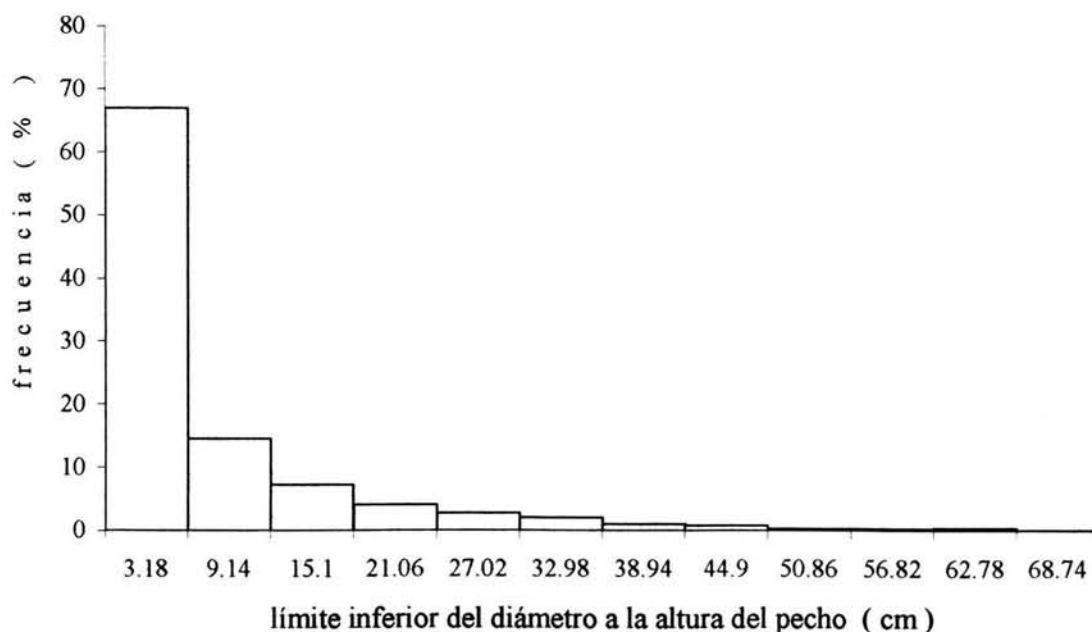


Figura 9. Estructura diamétrica de los individuos del estrato arbóreo

Relación entre las categorías diamétricas y las variables estructurales cuantitativas

La densidad se concentra en los individuos con diámetros pequeños, principalmente entre 3.18 a 3.3 cm. Entre los 5 y 10 cm de DAP, la densidad disminuyó drásticamente (cuadro 9), ya que en este intervalo el número de individuos por hectárea descendió en más de la mitad. El 13% de los individuos aportan poco más de 70% del área basal, es decir, los

individuos con ≥ 20 cm de DAP contribuyen con casi tres cuartas partes del área basal. La participación que tienen las categorías diamétricas en la cobertura disminuye gradualmente conforme aumenta el límite inferior del DAP. Los valores promedio de altura, DAP y cobertura aumentan conforme se incrementa el límite inferior del DAP (cuadro 9 y figura 10).

Aunque la densidad de los individuos policaulescentes equivale a 20%, estos individuos aportan cerca de 70% del área basal en esta comunidad, así como más de 50% de la cobertura. Asimismo cerca de 60% de especies incluidas dentro del tercer círculo presentaron al menos un individuo con más de un tallo. Los valores promedio, así como los valores máximos de altura, DAP y cobertura son inferiores a los que se presentaron en las categorías diámétricas analizadas (cuadro 9 y figura 10).

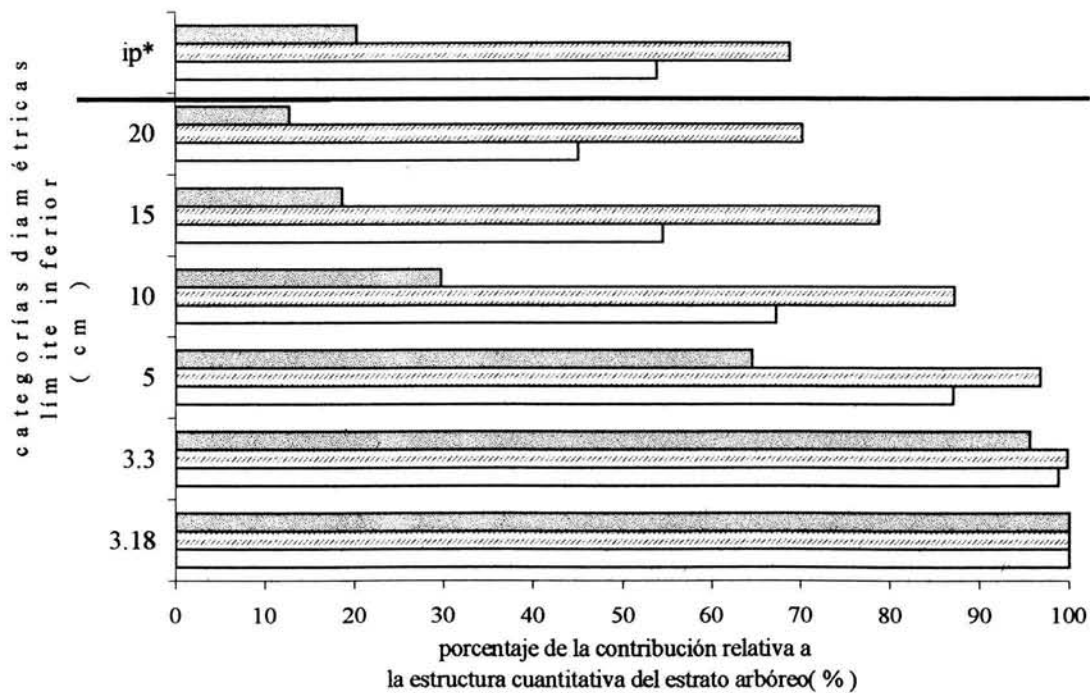


Figura 10. Relación entre las distintas categorías diamétricas con las variables estructurales de densidad (barras grises), área basal (barras rayadas) y cobertura (barras blancas). ip * = individuos policaulescentes

Cuadro 9. Resumen de las variables estructurales de distintas categorías diamétricas del estrato arbóreo

	Categorías diamétricas						
	límite inferior del dap (cm)						
	3.18*	3.3	5	10	15	20	ip
Número de especies**	78	73	59	38	28	23	46
arbustivas	14	13	10	2	2	1	4
arbóreas	58	55	47	35	26	22	38
bejucos	6	5	2	1	0	0	4
Número de individuos	1628	1557	1051	484	303	208	331
Densidad (ind/ha)	1364	1304	880	405	254	174	277
Número de tallos	2165	2087	1419	620	376	255	868
Densidad (tallos/ha)	1814	1748	1189	519	315	214	727
Área basal (m ²)	28.03	27.97	27.11	24.44	22.08	19.67	19.29
Área basal (m ² /ha)	23.48	23.43	22.71	20.47	18.49	16.48	16.16
Cobertura (m ²)	26667	26341	23197	17936	14522	12012	14374
Cobertura (m ² /ha)	22338	22065	19432	15024	12165	10062	12040
Cobertura (%)	223	221	194	150	122	101	120
Altura promedio (m)	7.63	7.78	9.12	11.86	13.62	15.00	6.79
Intervalo de altura (m)	1.30 - 38.87	1.30 - 38.87	1.30 - 38.87	2.45 - 38.87	2.45 - 38.87	2.45 - 38.87	1.90 - 24.94
Diámetro promedio (cm)	10.27	10.59	13.7	21.7	27.4	32.14	9.2
Intervalos de diámetro (cm)	3.18 - 74.80	3.3 - 74.8	5 - 74.8	10 - 74.8	15 - 74.8	15 - 74.8	3.18 - 54.11
Cobertura promedio (m ²)	17	17	22	37	48	58	15
Intervalo de cobertura (m ²)	0.002 - 415	0.002 - 415	0.055 - 415	1.8 - 415	1.8 - 415	1.8 - 415	0.731 - 165

ip = individuos policaulescentes. *límite utilizado en este trabajo. **número de especies incluyendo morfoespecies.

La distribución diamétrica de las variables cuantitativas permite distinguir las siguientes tendencias: 1) la densidad y el número de especies disminuyen notablemente con el aumento del límite inferior del DAP; 2) aunque la cobertura y el área basal disminuyen se observa que las categorías con DAP mayor tienen una contribución importante; 3) el aumento en el límite del DAP se refleja en el incremento de los valores promedio de altura, DAP y cobertura; 4) los individuos policaulescentes tienen una participación considerable en la estructura cuantitativa, sobre todo en cuanto al número de especies y el área basal (cuadro 9 y figura 10).

Contribución de las especies a la estructura de Monte Grande

Especies estructuralmente importantes del estrato arbustivo

La especie con mayor valor de densidad fue *Randia aculeata* que presentó 475 ind/ha, seguida por *Inga huastecana* con 400 ind/ha y *Trophis mexicana* con 316 ind/ha. La especie *R. aculeata* presentó el valor más alto de área basal con 0.58 m²/ha; las otras dos especies con mayor área basal fueron *T. mexicana* (0.57 m²/ha) e *I. huastecana* (0.54 m²/ha). La especie con frecuencia mayor fue *I. huastecana*, presente en 12 unidades de muestreo. Otras especies con valores altos de frecuencia fueron *R. aculeata* y *Beilschmiedia mexicana* presentes en 11 y 10 sitios respectivamente (cuadro 10 y figura 11a y b).

En el estrato arbustivo, *Randia aculeata* fue la especie arbustiva con el valor de importancia relativa más alto, seguida por especies de árboles presentes en este estrato como son *Inga huastecana*, *Trophis mexicana*, *Beilschmiedia mexicana*, *Eugenia xalapensis* y *Vaccinium leucanthum*, entre otras (cuadro 10 y figura 11a y b).

Estructura poblacional de las especies más importantes del estrato arbustivo

Las distribuciones de frecuencias de las alturas de las especies con los valores de importancia relativa más altos (figura 12), muestran una distribución particular, sin embargo, en su conjunto se aprecia que la tendencia general es la disminución de la frecuencia con el aumento de la altura, siendo las primeras categorías las más frecuentes.

Cuadro 10. Contribución a la estructura cuantitativa de las especies más importantes del estrato arbustivo

Espece	N	D	Dr	ABm	AB	ABr	F	Fr	VIR
	(ind/ha)			(m ²)	(m ² /ha)				
<i>Randia aculeata</i>	51	475	14.05	0.06	0.58	12.67	0.29	8.27	34.99
<i>Inga huastecana</i>	43	400	11.85	0.06	0.54	11.94	0.32	9.02	32.81
<i>Trophis mexicana</i>	34	316	9.37	0.06	0.57	12.56	0.13	3.76	25.68
<i>Beilschmiedia mexicana</i>	28	261	7.71	0.04	0.35	7.75	0.26	7.52	22.98
<i>Eugenia xalapensis</i>	31	289	8.54	0.04	0.41	8.96	0.16	4.51	22.01
<i>Vaccinium leucanthum</i>	25	233	6.89	0.03	0.27	5.93	0.18	5.26	18.08
<i>Ocotea helicterifolia</i>	12	112	3.31	0.02	0.19	4.25	0.16	4.51	12.07
<i>Zanthoxylum xicense</i>	8	74	2.20	0.01	0.07	1.61	0.16	4.51	8.32
<i>Carpinus caroliniana</i>	16	149	4.41	0.02	0.14	3.15	0.03	0.75	8.31
<i>Heliocarpus appendiculatus</i>	12	112	3.31	0.01	0.12	2.62	0.08	2.26	8.18
<i>Oreopanax xalapensis</i>	8	74	2.20	0.01	0.06	1.39	0.16	4.51	8.11
<i>Xolisma squamulosa</i>	10	93	2.75	0.02	0.14	3.08	0.08	2.26	8.09
<i>Cletha mexicana</i>	7	65	1.93	0.01	0.08	1.82	0.13	3.76	7.51
<i>Rapanea myricoides</i>	8	74	2.20	0.01	0.08	1.77	0.11	3.01	6.98
Especies restantes (31)	70	745	19.28	0.10	0.93	20.51	1.26	36.09	75.89
Total de especies (45)	363	3379	100	0.49	4.55	100	3.50	100	300

N = número de individuos, D = densidad, Dr = densidad relativa, ABm = área basal en las muestras, AB = área basal por hectárea, ABr = área basal relativa, F = frecuencia absoluta, Fr = frecuencia relativa y VIR = valor de importancia relativa.

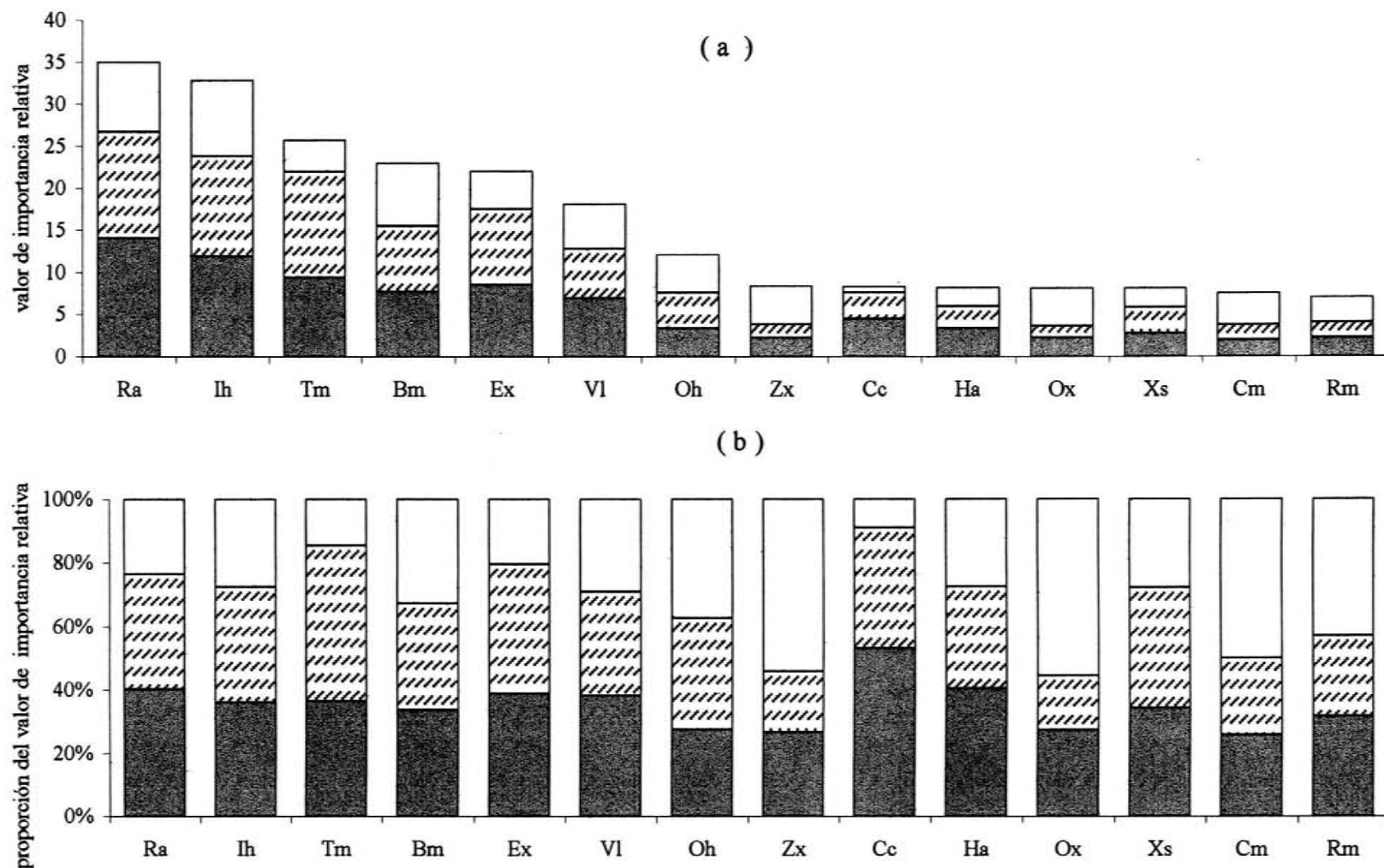


Figura 11. Contribución de las especies más importantes del estrato arbustivo a estructura cuantitativa (a). Proporción del valor de importancia relativa correspondiente a la densidad relativa, el área basal relativa y la frecuencia relativa (b). Barras grises (densidad relativa), barras rayadas (área basal relativa) y barras blancas (frecuencia relativa). Ra = *Randia aculeata*, lh = *Inga huastecana*, Tm = *Trophis mexicana*, Bm = *Beilschmiedia mexicana*, Ex = *Eugenia xalapensis*, Vl = *Vaccinium leucanthum*, Oh = *Ocotea helicterifolia*, Zx = *Zanthoxylum xicense*, Cc = *Carpinus caroliniana*, Ha = *Heliocarpus appendiculatus*, Ox = *Oreopanax xalapensis*, Xs = *Xolisma squamulosa*, Cm = *Clethra mexicana* y Rm = *Rapanea myricoides*

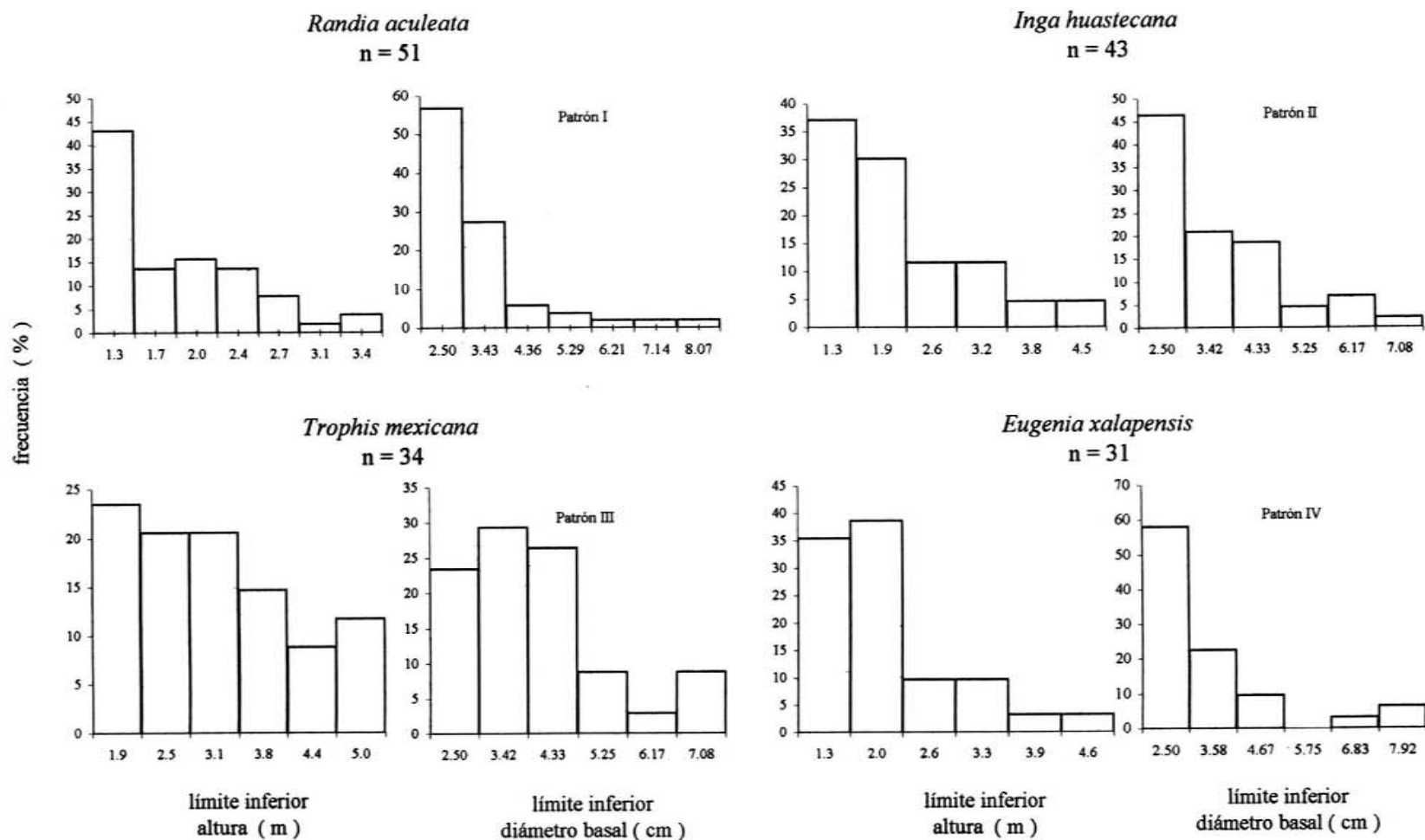


Figura 12. Estructura poblacional de las especies más importantes del estrato arbustivo con base en la distribución de la altura y el diámetro basal. n = número de individuos

La estructura poblacional representada en las distribuciones de frecuencias de los diámetros basales (figura 12) exhibe una distribución particular para cada especie. De manera general se observa que las categorías con diámetros menores son las más abundantes. Con base en estas distribuciones, se distinguen y caracterizan los siguientes patrones: patrón I (*Randia aculeata*): la primera categoría es la más frecuente, el número de individuos disminuye conforme aumenta el límite diamétrico y no muestra discontinuidades; patrón II (*Inga huasteca*): la primer categoría es la más abundante, en las categorías con diámetros mayores disminuye irregularmente la frecuencia, ya que se presenta un aumento en una categoría intermedia; patrón III (*Trophis mexicana*): la segunda categoría fue las más abundante, posteriormente se presenta una disminución irregular ya que aumenta una categoría intermedia; patrón IV (*Eugenia xalapensis*): la primera categoría presenta la mayor frecuencia y conforme aumenta el tamaño del diámetro basal disminuye la frecuencia, sin embargo se presenta una discontinuidad en las categorías intermedias.

Especies estructuralmente importantes del estrato arbóreo

Las especies que presentaron mayores densidades fueron *Beilschmiedia mexicana* (131 ind/ha), *Eugenia xalapensis* (126 ind/ha) e *Inga huastecana* (110 ind/ha). La especie con el valor más alto de área basal fue *Quercus germana* con 5.39 m²/ha equivalente a 23% del área basal total, seguida por *Q. sartorii* (2.92 m²/ha) y *Clethra mexicana* (1.58 m²/ha). Las especies más frecuentes fueron *C. mexicana* presente en 29 unidades de muestreo, *Q. germana* en 25 y *B. mexicana* en 22 (cuadro 11a y figura 13 a y b). De acuerdo con el valor de importancia relativa, dos especies de encinos fueron las más importantes en el estrato arbóreo (cuadros 11a y b, figura 13a y b), *Quercus germana* y *Q. sartorii*, seguidas por *Clethra mexicana*, *Beilschmiedia mexicana*, *Eugenia xalapensis*, y *Inga huastecana*.

En cuanto al número total de plántulas presentes en los distintos sitios de muestreo, se encontró que las dos especies más importantes del estrato arbóreo (*Quercus sartorii* y *Q. germana*) presentaron 84 plántulas y 23 respectivamente. *Beilschmiedia mexicana* presentó el mayor número de plántulas en este estrato con 121, además de ser la especie con valores de densidad más altos. Se encontraron 18 plántulas del bejuco *Celastrus pringlei* (cuadro 11b).

Cuadro 11a. Contribución a la estructura cuantitativa de las especies más importantes del estrato arbustivo

Especie	N	D	Dr	ABm	AB	ABr	F	Fr	Cob	VIR
		(ind/ha)		(m ²)	(m ² /ha)				(%)	
<i>Quercus germana</i>	121	101	7.4	6.44	5.39	22.98	65.79	6.41	43	36.82
<i>Quercus sartorii</i>	71	59	4.4	3.48	2.92	12.43	42.11	4.10	20	20.90
<i>Clethra mexicana</i>	106	89	6.5	1.89	1.58	6.74	76.32	7.44	12	20.68
<i>Beilschmiedia mexicana</i>	156	131	9.6	1.11	0.93	3.97	57.89	5.64	13	19.19
<i>Eugenia xalapensis</i>	150	126	9.2	0.85	0.71	3.03	26.32	2.56	10	14.81
<i>Inga huastecana</i>	131	110	8.0	0.67	0.56	2.38	44.74	4.36	17	14.79
<i>Liquidambar macrophylla</i>	53	44	3.3	1.81	1.52	6.45	44.74	4.36	10	14.07
<i>Vaccinium leucanthum</i>	100	84	6.1	0.68	0.57	2.44	47.37	4.62	7	13.20
<i>Turpinia occidentalis</i>	65	54	4.0	0.37	0.31	1.33	44.74	4.36	6	9.69
<i>Ostrya virginiana</i>	65	54	4.0	0.66	0.55	2.36	31.58	3.08	9	9.43
<i>Quercus affinis</i>	30	25	1.8	1.30	1.09	4.63	21.05	2.05	8	8.52
<i>Quercus aff. eugeniifolia</i>	36	30	2.2	1.17	0.98	4.17	15.79	1.54	10	7.92
<i>Befaria laevis</i>	37	31	2.3	0.55	0.46	1.97	34.21	3.33	4	7.58
<i>Trophis mexicana</i>	54	45	3.3	0.58	0.48	2.06	21.05	2.05	6	7.43
<i>Ocotea helicterifolia</i>	41	34	2.5	0.30	0.25	1.07	34.21	3.33	3	6.93
<i>Pinus pseudostrobus</i>	25	21	1.5	0.98	0.82	3.49	13.16	1.28	5	6.31
<i>Dalbergia palo-escrito</i>	24	20	1.5	0.74	0.62	2.66	13.16	1.28	5	5.41
<i>Quercus sp.</i>	14	12	0.9	0.59	0.49	2.09	18.42	1.79	4	4.74
<i>Pinus sp.</i>	5	4	0.3	0.91	0.76	3.24	10.53	1.03	3	4.58
<i>Juglans mollis</i>	32	27	2.0	0.17	0.15	0.62	18.42	1.79	3	4.38
Especies restantes (58)	312	261	19.2	3.22	2.70	9.86	285	33.59	25	64
Total de especies (78)	1628	1364	100	28.03	23.48	100	968	100	223	300

N = número de individuos, D = densidad, Dr = densidad relativa, ABm = área basal de en las muestras, AB = área basal por hectárea, ABr = área basal relativa, F = frecuencia absoluta, Fr = frecuencia relativa, Cob = porcentaje de cobertura y VIR = valor de importancia relativa.

Cuadro 11b. Características estructurales de las especies más importantes del tercer círculo

Especie	Categoría de altura	Ap (m)	Intervalo de altura (m)	Dp (cm)	Intervalo de diámetro (cm)	Cobp (m ²)	Intervalo de cobertura (m ²)	Np	Pip (%)
<i>Quercus germana</i>	I, II y III	11.83	3.0 - 36.6	20.30	3.18 - 68.11	42	1.188 - 415.475	<u>23</u>	8
<i>Quercus sartorii</i>	I, II y III	10.50	2.5 - 38.8	17.09	3.50 - 74.80	34	0.441 - 192.361	<u>84</u>	10
<i>Clethra mexicana</i>	I, II y III	8.24	1.3 - 20.7	11.39	3.18 - 57.29	13	0.502 - 103.868	2	11
<i>Beilschmiedia mexicana</i>	I, II y III	5.98	1.3 - 20.1	7.18	3.18 - 49.33	10	0.865 - 74.203	<u>121</u>	18
<i>Inga huastecana</i>	I y II	5.86	2.2 - 17.1	6.38	3.18 - 25.46	15	0.950 - 116.898	14	<u>27</u>
<i>Eugenia xalapensis</i>	I y II	5.53	2.4 - 14.4	6.29	3.18 - 27.37	8	0.731 - 72.382	5	<u>42</u>
<i>Liquidambar macrophylla</i>	I, II y III	12.53	3.8 - 24.9	16.81	3.50 - 54.11	23	1.506 - 125.681	0	17
<i>Vaccinium leucanthum</i>	I y II	5.28	1.8 - 13.4	7.10	3.18 - 37.56	8	1.130 - 76.201	2	<u>30</u>
<i>Turpinia occidentalis</i>	I, II y III	6.05	1.6 - 13.5	6.54	3.18 - 14.96	12	0.055 - 42.256	0	<u>20</u>
<i>Ostrya virginiana</i>	I y II	8.18	2.6 - 25.8	9.64	3.50 - 28.96	16	1.617 - 53.456	4	9
<i>Quercus affinis</i>	I y II	10.18	2.8 - 18.8	21.49	4.45 - 38.83	31	5.107 - 143.775	1	10
<i>Quercus aff. eugeniifolia</i>	I, II y III	12.62	3.6 - 26.5	17.29	3.18 - 39.78	33	2.405 - 139.975	1	8
<i>Befaria laevis</i>	I y II	5.65	2.2 - 17.0	9.83	3.50 - 41.38	11	0.636 - 59.446	1	<u>43</u>
<i>Trophis mexicana</i>	I, II y III	8.65	3.9 - 30.0	8.39	3.18 - 48.70	14	2.010 - 120.762	8	9
<i>Ocotea helicterifolia</i>	I y II	6.84	2.9 - 18.2	8.03	3.18 - 22.28	10	1.002 - 64.326	1	<u>24</u>
<i>Juglans mollis</i>	I y II	7.02	2.2 - 12.6	7.09	3.50 - 15.59	11	1.85 - 34.211	0	16

Ap = altura promedio, Dp = diámetro a la altura del pecho promedio, Cobp = cobertura promedio, Np = número de plántulas, Pip = porcentaje de individuos policaulescentes

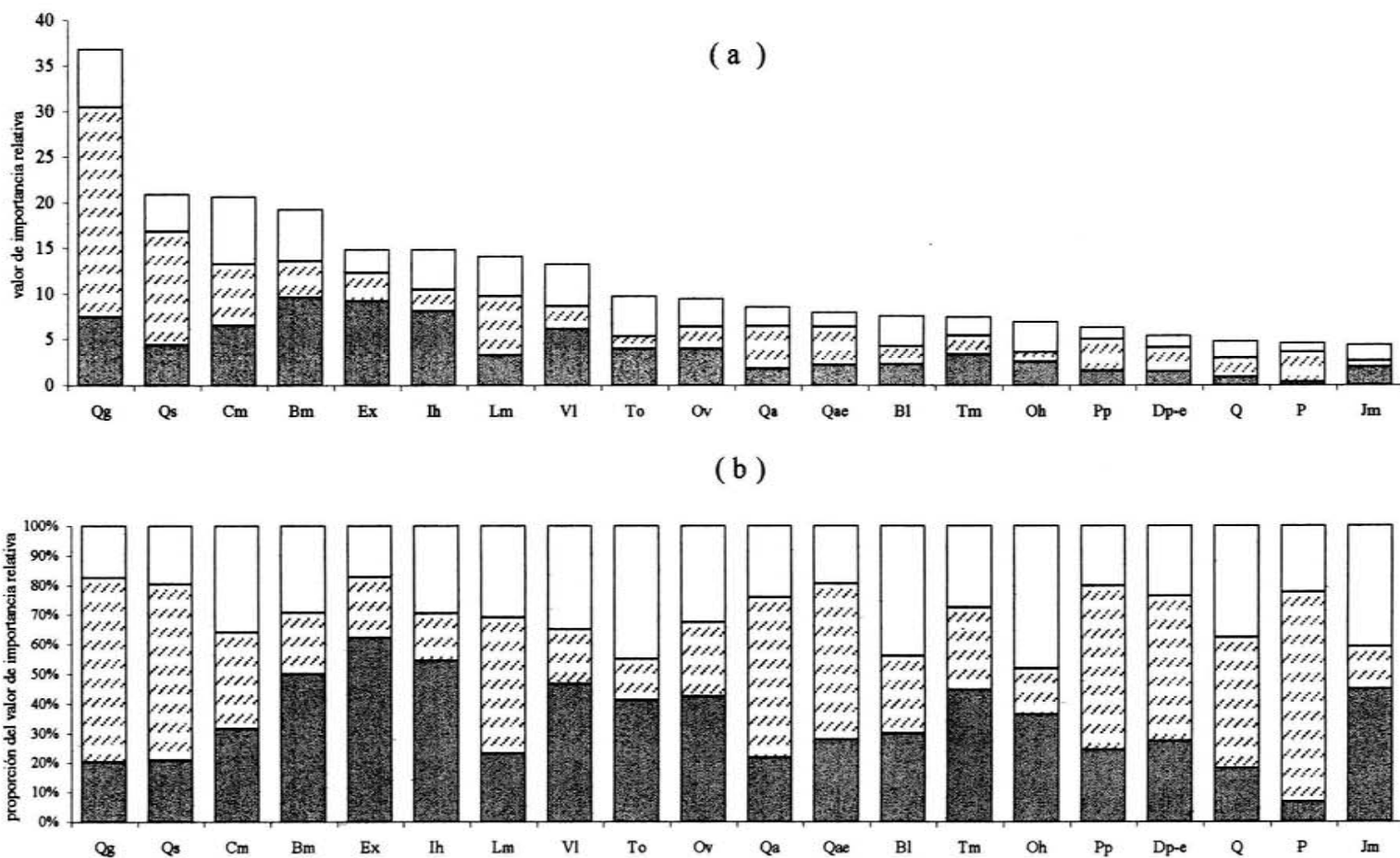


Figura 13. Contribución de las especies más importantes del estrato arbóreo a la estructura cuantitativa (a). Proporción del valor de importancia relativa correspondiente a la densidad relativa, área basal relativa y frecuencia relativa (b).

Barras grises (densidad relativa), barras rayadas (área basal relativa) y barras blancas (frecuencia relativa). Qg = *Quercus germana*, Qs = *Quercus sartorii*, Cm = *Clethra mexicana*, Bm = *Beilschmiedia mexicana*, Ih = *Inga huastecana*, Ex = *Eugenia xalapensis*, Lm = *Liquidambar macrophylla*, VI = *Vaccinium leucanthum*, To = *Turpinia occidentalis*, Ov = *Ostrya virginiana*, Qa = *Quercus affinis*, Qae = *Quercus aff. eugeniifolia*, Bl = *Befaria laevis*, Tm = *Trophis mexicana*, Oh = *Ocotea helicterifolia*, Pp = *Pinus pseudostrabus*, Dp-e = *Dalbergia palo-escrito*, Q = *Quercus* sp., P = *Pinus* sp. y Jm = *Juglans mollis*

Los árboles más altos y con DAP mayor corresponden a individuos de *Quercus germana*, *Q. sartorii*, *Liquidambar macrophylla* y *Q. affinis*. *Inga huastecana* y *Eugenia xalapensis* fueron las especies que presentaron el mayor número de individuos policaulescentes con 27% y 42%. Otras especies con individuos policaulescentes fueron *Vaccinium leucanthum* con 30% de individuos y *Befaria laevis* con 43% (cuadro 11b).

Estructura poblacional de las especies más importantes del estrato arbóreo

Las distribuciones de las alturas de las especies con valores de importancia relativa más altos presentan comportamientos específicos (figura 14). Sin embargo es posible caracterizar tres grandes conjuntos de distribuciones más o menos homogéneas: 1) conjunto A (*Quercus germana*, *Befaria laevis*, *Trophis mexicana* y *Ocotea helicterifolia*): la primera categoría presenta los valores más altos y la frecuencia disminuye hacia el incremento de las clases de altura; 2) conjunto B (*Quercus sartorii*, *Beilschmiedia mexicana*, *Eugenia xalapensis*, *Inga huastecana*, *Liquidambar macrophylla*, *Vaccinium leucanthum*, *Ostrya virginiana*, *Q. aff. eugeniifolia* y *Juglans mollis*): la segunda categoría es la más frecuente conforme aumentan las clases de altura disminuye de la frecuencia de manera irregular; 3) conjunto C (*Clethra mexicana*, *Turpinia occidentalis* y *Quercus affinis*): los valores más altos de frecuencia se presentan en las categorías intermedias.

Las estructuras poblacionales con base en la distribución de frecuencia de los diámetros a la altura del pecho (figura 14), muestran comportamientos particulares para cada especie, sin embargo la tendencia general es presentar distribuciones asimétricas, donde la primer clase tiene los valores de frecuencia más altos, a excepción de *Quercus affinis* que presentó una distribución donde las categorías intermedias tuvieron la mayor frecuencia.

Con base en las distribuciones de frecuencias de los diámetros a la altura del pecho se describen cinco patrones, tres de los cuales ya se han sido descritos para las especies del estrato arbustivo (I, II y IV), además de dos nuevos (V y VI) (figura 14). El patrón I (*Ostrya virginiana*, *Befaria laevis* y *Ocotea helicterifolia*) corresponde a distribuciones donde la primer categoría es la más abundante y la frecuencia disminuye de manera continua.

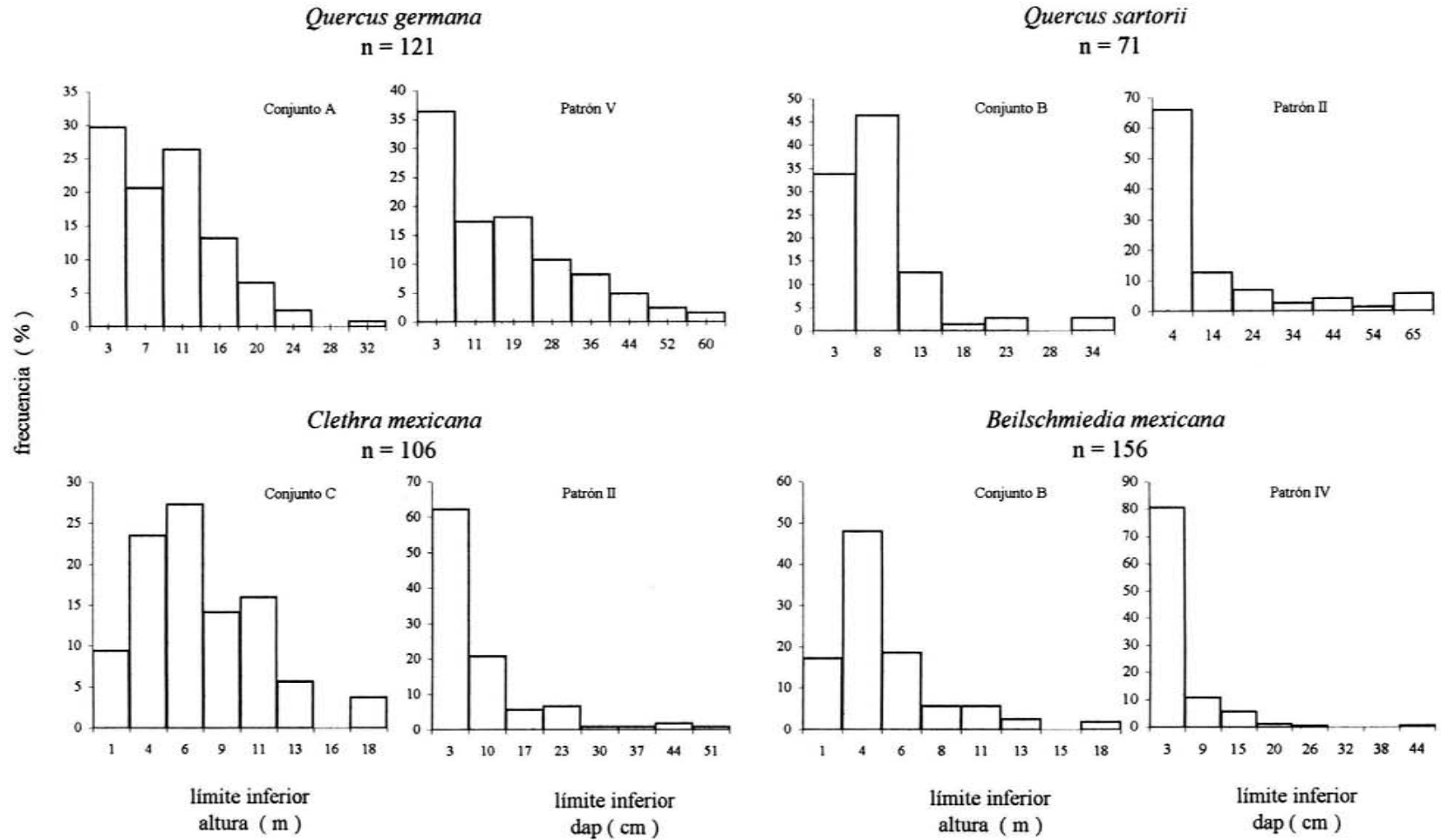


Figura 14. Estructura poblacional de las especies más importantes del estrato arbóreo con base en la distribución de la altura y el diámetro a la altura del pecho. n = número de individuos

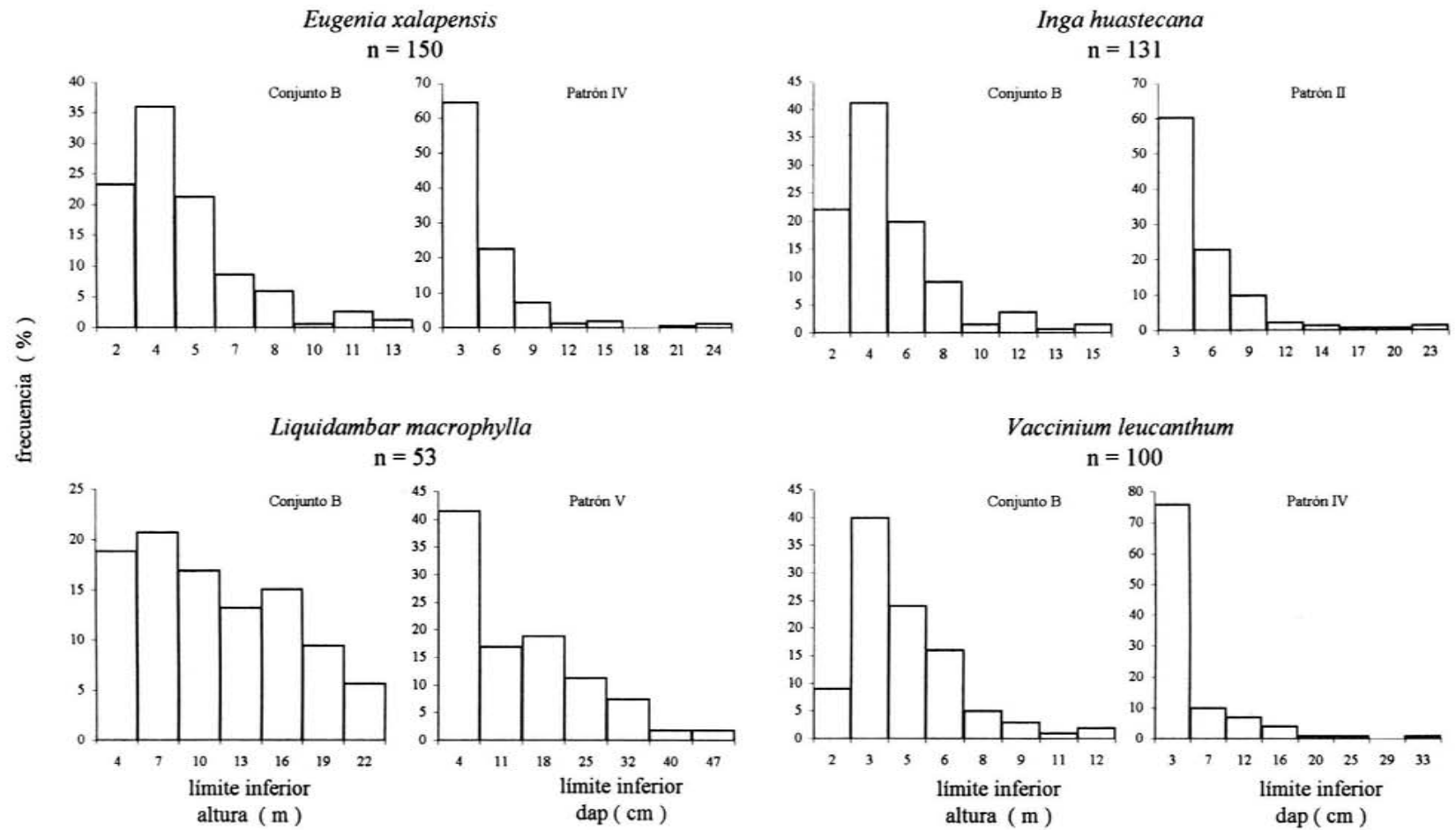


Figura 14. Continuación

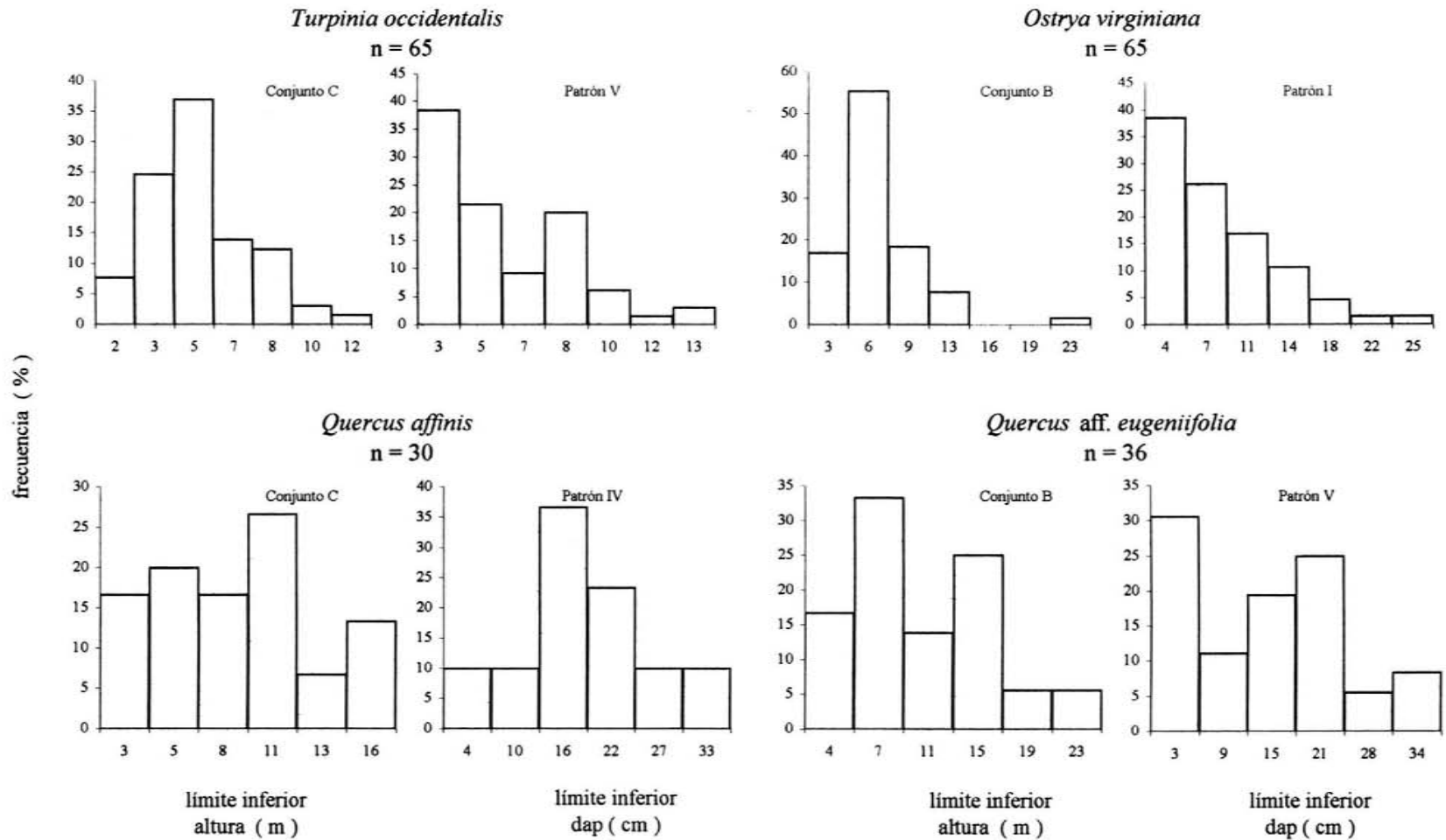


Figura 14. Continuación

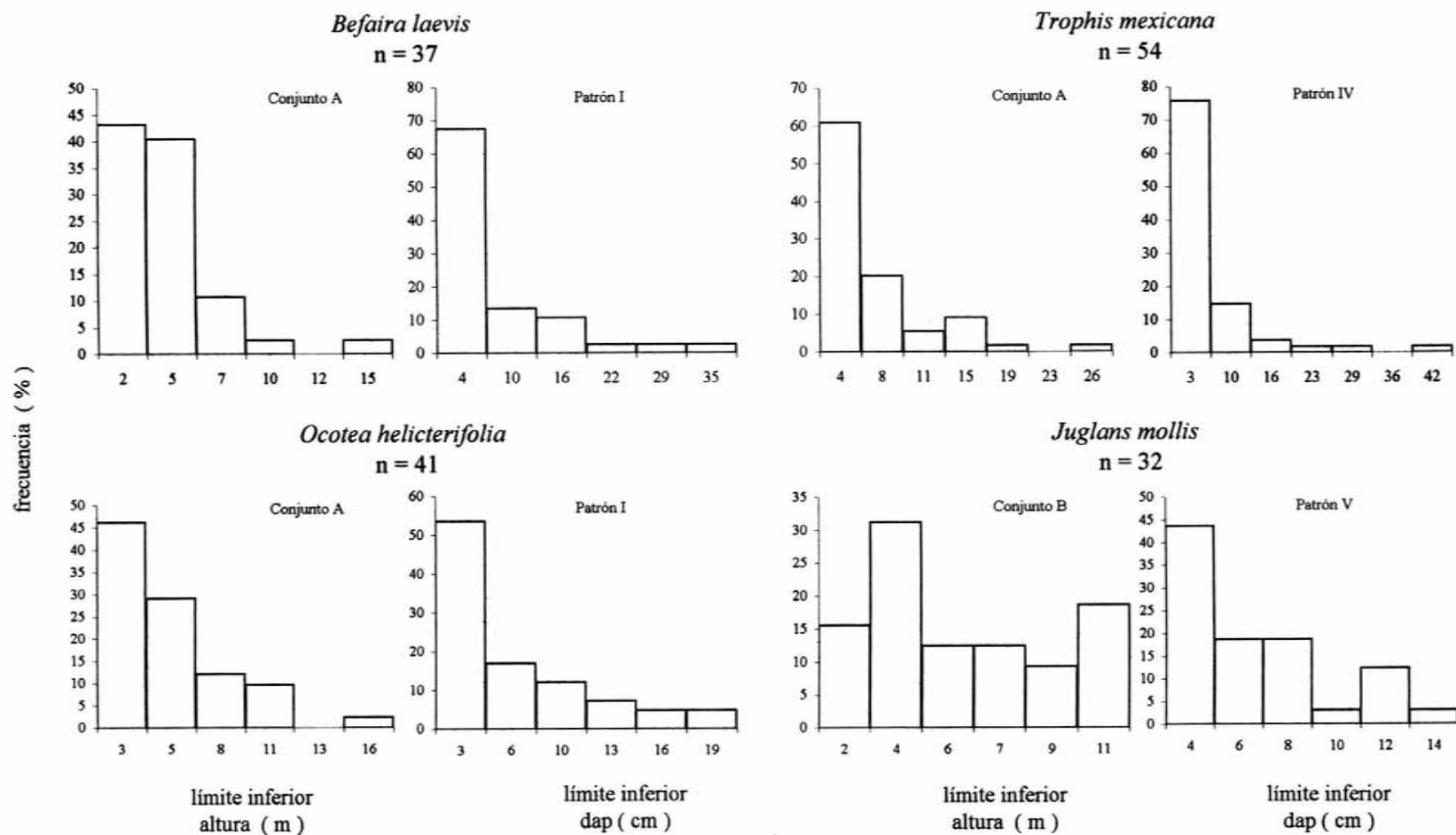


Figura 14. Continuación

El patrón II (*Quercus sartorii*, *Clethra mexicana* e *Inga huastecana*) se caracteriza porque la primer categoría es la más abundante y la frecuencia disminuye irregularmente con el aumento del límite diamétrico. El patrón IV (*Beilschmiedia mexicana*, *Eugenia xalapensis*, *Vaccinium leucanthum* y *Trophis mexicana*) lo presentan distribuciones donde la primera categoría es la más abundante y la frecuencia disminuye de manera discontinua. El patrón V (*Quercus germana*, *Liquidambar macrophylla*, *Turpinia occidentalis*, *Q. aff. eugeniifolia* y *Juglans mollis*) está caracterizado por una distribución bimodal, donde la primer categoría es la más frecuente y una categoría intermedia presentan un incremento notable de la frecuencia. El patrón VI (*Quercus affinis*) se caracteriza porque las categorías diamétricas intermedias son las más frecuentes.

Contribución de las especies del estrato arbóreo por orientación de ladera y unidad topográfica

Con base en el cálculo de los valores de importancia relativa de las especies distribuidas entre las ocho orientaciones de ladera y las cuatro unidades topográficas, se describen cambios en el orden de importancia, así como su contribución específica a la estructura cuantitativa (figura 15).

En la vertiente sur que incluye a cuatro orientaciones (SO, S, SE y O), la especie con los valores de importancia relativa más altos fue *Quercus germana*, asimismo otras especies de encinos como *Q. sartorii*, *Q. affinis*, *Q. castanea* y *Q. aff. eugeniifolia* fueron estructuralmente importantes debido a sus altos valores de área basal. En esta vertiente también sobresalen por su densidad *Eugenia xalapensis*, *Clethra mexicana*, *Inga huastecana*, *Beilschmiedia mexicana*, *Befaria laevis* y *Vaccinium leucanthum*.

En la vertiente norte, que incluye también cuatro orientaciones (N, NE, NO y E), las especies más importantes corresponden a especies de encinos como *Q. germana* (NE y E), *Q. sartorii* (N) y *Q. affinis* (NO); otras especies codominantes fueron *Liquidambar macrophylla*, *Clethra mexicana*, *Ostrya virginiana*, *Vaccinium leucanthum*, *Q. aff. eugeniifolia*, *Pinus pseudostrobus*, *Inga huastecana*, *Turpinia occidentalis*, *Gaultheria* sp. y *Trophis mexicana* (figura 15).

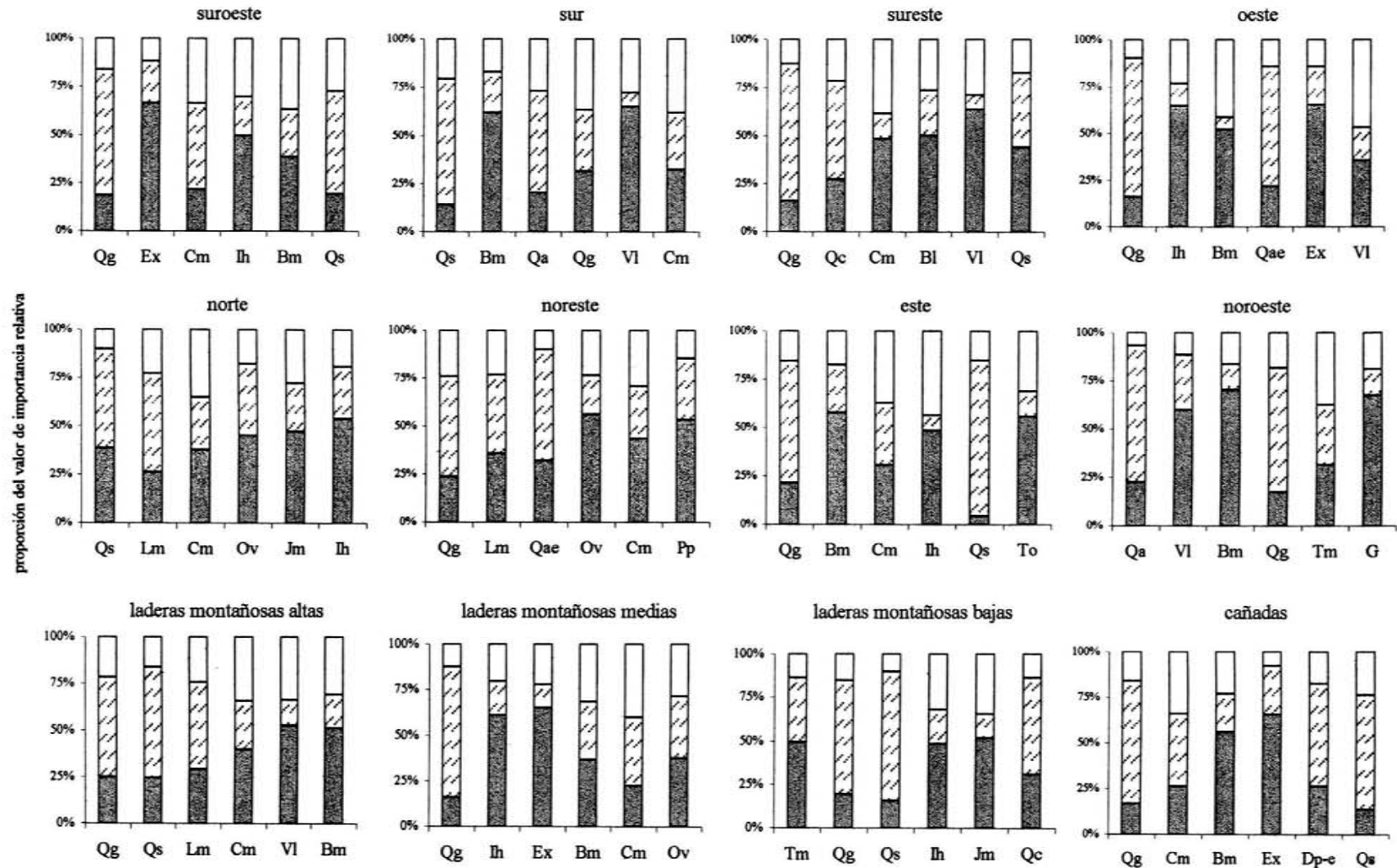


Figura 15. Proporción del valor de importancia relativa con base en la densidad relativa (barras grises), área basal relativa (barras rayadas) y frecuencia relativa (barras blancas) de las especies más importantes del estrato arbóreo por orientación de la ladera y unidad topográfica. Qg = *Quercus germana*, Qs = *Quercus sartorii*, Cm = *Clethra mexicana*, Bm = *Beilschmiedia mexicana*, Ih = *Inga huastecana*, Ex = *Eugenia xalapensis*, Lm = *Liquidambar macrophylla*, Vl = *Vaccinium leucanthum*, To = *Turpinia occidentalis*, Ov = *Ostrya virginiana*, Qa = *Quercus affinis*, Qae = *Quercus aff. eugeniifolia*, Bl = *Befaria laevis*, Tm = *Trophis mexicana*, *Gaultheria* sp. = G, Jm = *Juglans mollis*, Pp = *Pinus pseudostrobus*, Dp-e = *Dalbergia palo-escrito* y Qc = *Quercus castanea*

La especie más importante en tres unidades topográficas (laderas montañosas altas y medias, cañadas) fue *Quercus germana*. Las especies con valores de importancia altos en las laderas montañosas altas fueron *Q. sartorii*, *Liquidambar macrophylla*, *Vaccinium leucanthum* y *Befaria laevis*. En las laderas montañosas medias la importancia está dada sobre todo por *Inga huastecana*, *Eugenia xalapensis*, *Beilschmiedia mexicana*, *Clethra mexicana* y *Ostrya virginiana*. Sobre las laderas montañosas bajas, *Trophis mexicana* fue la especie más importante, seguida por tres especies de encinos (*Q. germana*, *Q. sartorii*, *Q. castanea*), así como *Inga hastecana* y *Juglans mollis*. En las cañadas otras especies importantes fueron *Clethra mexicana*, *Beilschmiedia mexicana*, *Eugenia xalapensis*, *Dalbergia palo-escrito* y *Q. sartorii* (figura 15).

Similitud florística entre las orientaciones de ladera y las unidades topográficas

Los índices de similitud entre las ocho orientaciones variaron entre 23% y 53%. La pareja con mayor semejanza está compuesta por orientaciones tanto de la vertiente sur como de la norte (O-NE). La pareja florísticamente menos afin está en la vertiente general sur (SE-O). Dentro de la vertiente sur, las orientaciones más afines fueron S-O con 44%. En el caso de la vertiente norte, las orientaciones con mayor semejanza se encuentran N-NE, mientras que las parejas menos afines fueron la conformadas por N-E y NE-NO con 35% y 39% respectivamente (cuadro 12).

Cuadro 12. Coeficiente de similitud florística de Jaccard del estrato arbóreo entre las ocho orientaciones estudiadas. En cursivas el valor mínimo y en negritas el valor máximo.

Orientaciones	SO	S	N	NE	SE	O	E	NO
SO	1							
S	0.38	1						
N	0.38	0.45	1					
NE	0.4	0.46	0.45	1				
SE	0.33	0.33	0.29	0.39	1			
O	0.42	0.44	0.4	0.53	0.23	1		
E	0.39	0.33	0.35	0.4	0.28	0.47	1	
NO	0.41	0.4	0.4	0.39	0.28	0.41	0.35	1

Existen seis especies que se presentan en cada una de las orientaciones de ladera: *Quercus germana*, *Q. sartorii*, *Clethra mexicana*, *Beilschmiedia mexicana*, *Vaccinium leucanthum* y *Ocotea helicterifolia*. 33 especies representan registros únicos a una orientación.

El índice de similitud florística entre las unidades topográficas variaron entre 39% y 50%, siendo las laderas montañosas baja y alta las menos afines, mientras que la pareja constituida por las cañadas y las laderas montañosas altas la que presentó la mayor semejanza florística (cuadro 13). Únicamente 17 especies se presentaron en las cuatro unidades topográficas, mientras que 38 especies se restringieron a una unidad topográfica.

Cuadro 13. Coeficiente de similitud florística de Jaccard del estrato arbóreo entre las cuatro unidades topográficas estudiadas. En cursivas el valor mínimo y en negritas el valor máximo.

Unidad topográfica	Laderas montañosas			Cañada
	Alta	media	baja	
Laderas montañosas				
alta	1			
media	0.47	1		
baja	<i>0.39</i>	0.43	1	
Cañada	0.44	0.48	0.5	1

Efecto de los factores ambientales sobre la composición y estructura

En el dendrograma obtenido a partir del análisis de clasificación construido a partir de los datos de la presencia o ausencia de las especies del estrato arbóreo (figura 16), se pueden diferenciar claramente dos grupos (umbral de corte = distancia euclidiana de 8). La distribución de estos dos grupos en el bosque no muestra una clara relación con la topografía del terreno. En el primer y segundo grupo se encuentran muestras tanto de la vertiente sur como de la norte, ya que el primer conjunto incluye seis de las ocho orientaciones de ladera (excepto, E y O), mientras que el segundo incluye muestras de cada una de las orientaciones. Asimismo, ambos grupos incluyen muestras ubicadas en cuatro unidades topográficas.

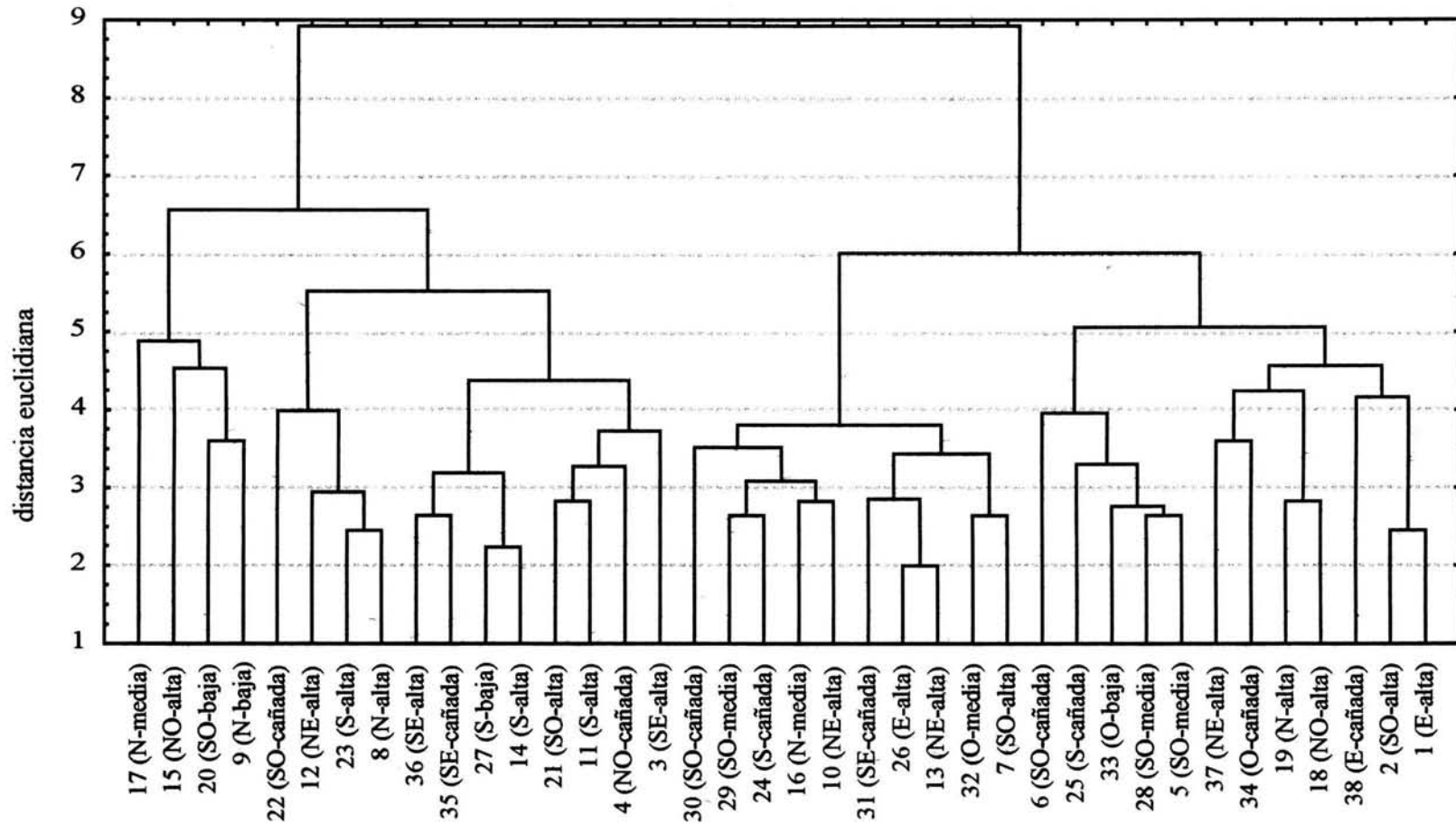


Figura 16. Dendrograma obtenido del análisis de clasificación por el método de Ward considerando como variable la presencia o ausencia de las especies, usando la distancia euclidiana. En la parte inferior de la gráfica se muestran las 38 muestras del estrato arbóreo. Entre paréntesis se señala la orientación topográfica seguida por la unidad topográfica.

En la figura 17, que muestra el dendrograma obtenido con base en los datos de densidad por especie, se distinguen tres grupos (umbral de corte = distancia euclidiana 60). El primer grupo está representado por la muestra con mayor densidad (cuadro 7). En el segundo y tercer grupo se incluyen muestras de ambas vertientes generales, aunque predomina la vertiente sur en el segundo. En los dos últimos grupos se incluyen muestras ubicadas en las cuatro unidades topográficas.

En el tercer dendrograma, basado en los datos del logaritmo natural del área basal por especie, se observan cuatro grupos utilizando como umbral de corte una distancia euclidiana de 25 (figura 18). La distribución de estos tres grupos no parece estar relacionada con la orientación de ladera o las unidades topográficas.

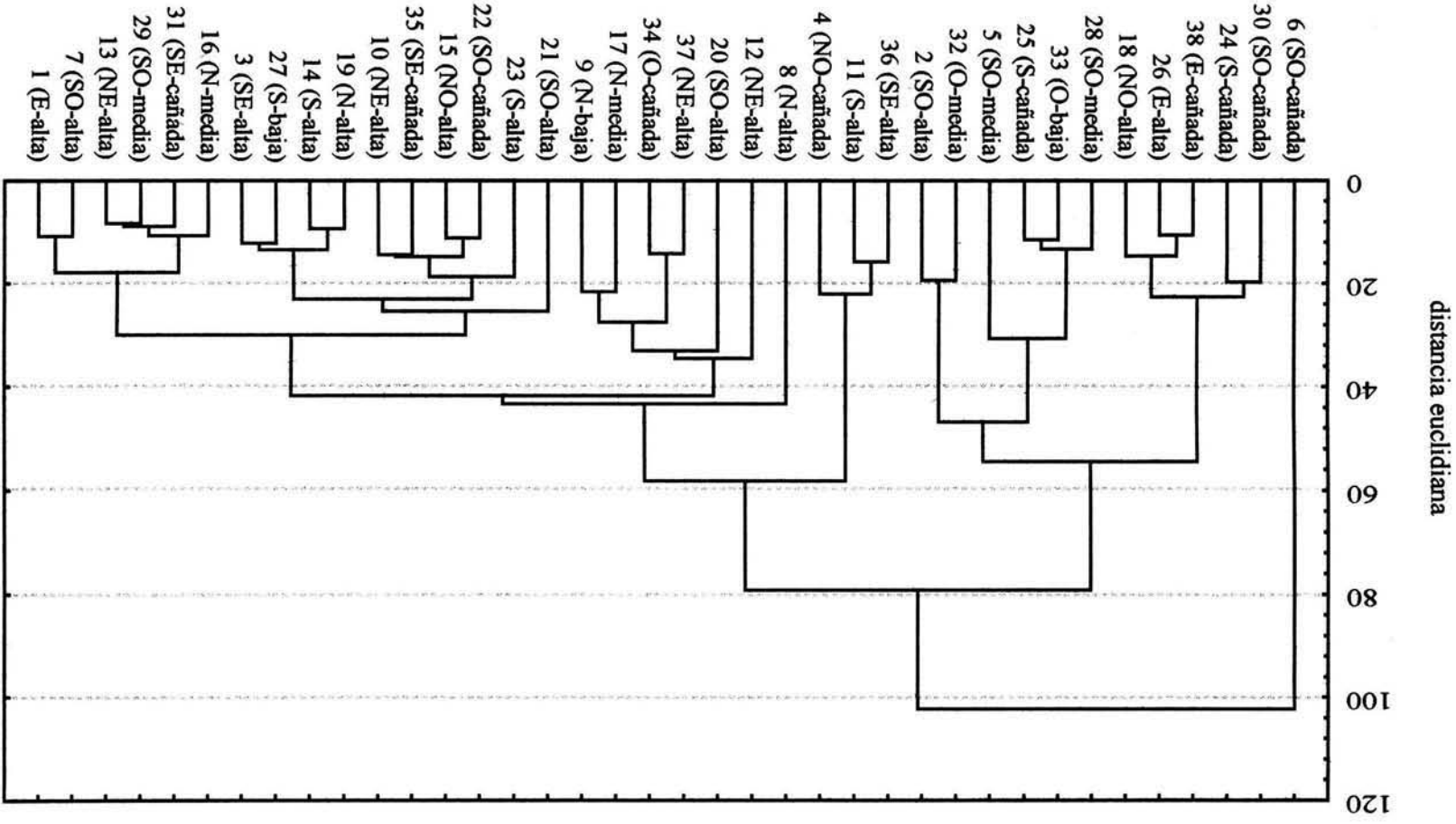


Figura 17. Dendrograma obtenido del análisis de clasificación por el método de Ward considerando como variable la densidad de cada especie, usando la distancia euclidiana. En la parte inferior de la gráfica se muestran las 38 muestras del estrato arbóreo. Entre paréntesis se señala la orientación topográfica seguida por la unidad topográfica.

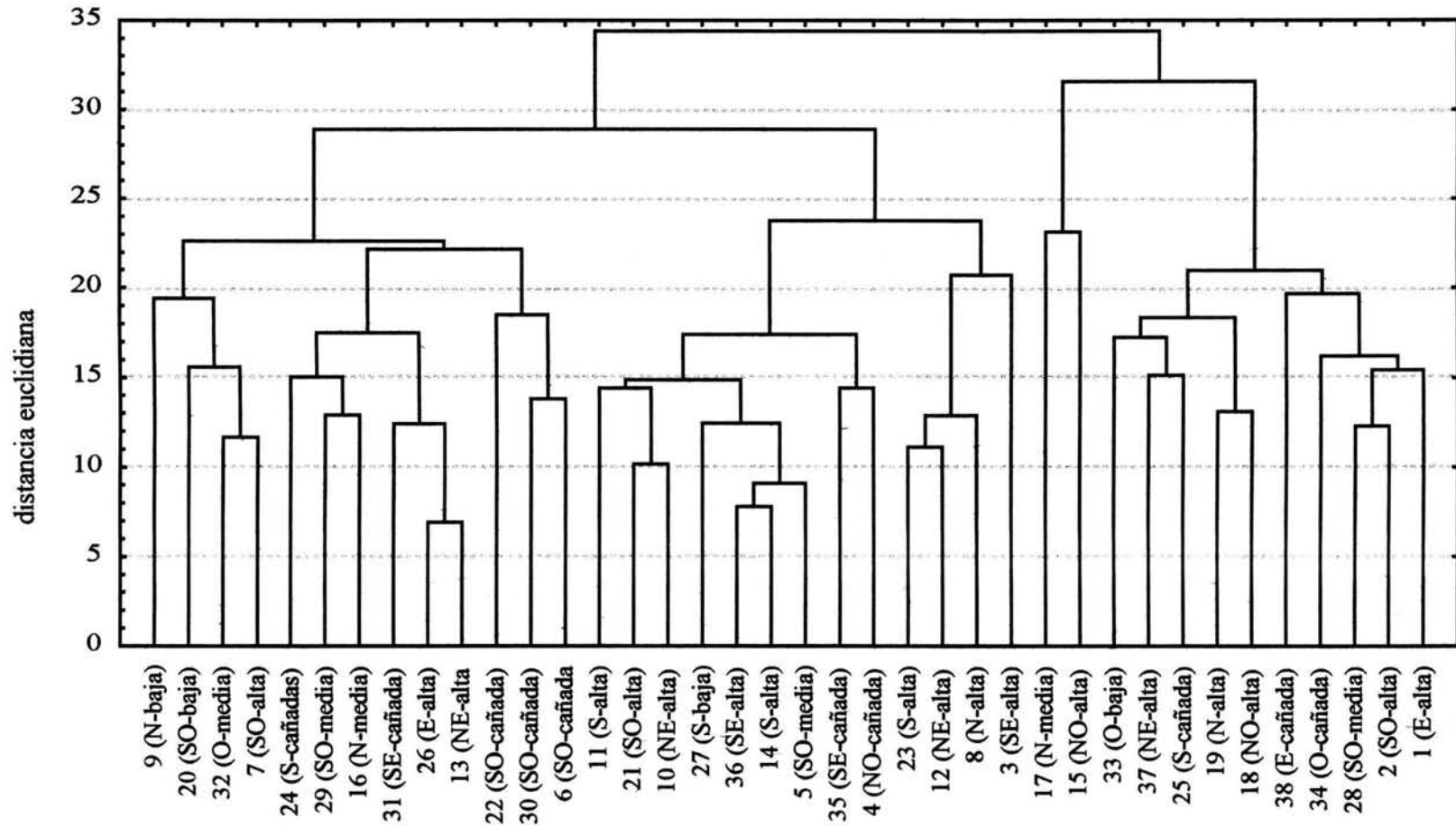


Figura 18. Dendrograma obtenido del análisis de clasificación por el método de Ward considerando como variable el logaritmo natural del área basal de cada especie, usando la distancia euclidiana. En la parte inferior de la gráfica se muestran las 38 muestras del estrato arbóreo. Entre paréntesis se señala la orientación topográfica seguida por la unidad topográfica.

V. Discusión

Aspectos metodológicos

Método de muestreo

El método de muestreo utilizado permite realizar una aproximación a la estructura con base en la composición, de manera que la interpretación ecológica relaciona los parámetros estructurales de la densidad, el área basal, la cobertura y la contribución estructural de las especies con respecto a los diversos factores ambientales.

La fotointerpretación permitió delimitar el área estudio y el empleo de un modelo digital del terreno es una herramienta valiosa, ya que facilita ubicar las unidades de muestreo con base en los factores que parecen determinar e influir más fuertemente sobre la composición y estructura del bosque. Debido a las dimensiones de las parcelas circulares, es posible explorar y caracterizar distintos ambientes, empleando como criterio el muestreo por orientación, unidades topográficas, altitud y pendiente para distribuir los sitios de muestreo.

Con el fin de obtener una mejor descripción de la estructura y la composición florística se hicieron modificaciones en la sección D del formato P del método del IFRI (Ostrom y Wertime, 1995) correspondiente a las unidades de muestreo del bosque; estas modificaciones se presentaron en los criterios de inclusión y medición de variables. En cuanto a los criterios de inclusión del estrato arbustivo, se midió el diámetro basal en lugar del diámetro a la altura del pecho. Para el estrato arbóreo se disminuyó el diámetro a la altura del pecho (DAP) de 10 cm a 3.18 cm, lo que permitió incluir individuos más pequeños. El nombre científico de las plantas incluidas dentro del muestreo fue fundamental para conocer en detalle la composición florística y describir la estructura del bosque; sin embargo, en el formato original puede ser sustituido por el nombre vulgar (Ostrom y Wertime, 1995).

Con respecto a la caracterización general, es recomendable ampliar y tomar datos en relación con la evaluación del estado de conservación o el grado de perturbación de los sitios de muestreo para poder generar un índice de perturbación, el cual permitirá obtener información acerca del uso de esta comunidad vegetal. Por ejemplo, en otros estudios

realizados en otros sitios con bosque mesófilo dentro del país se ha empleado la información relativa al tipo e intensidad de disturbio y se le ha relacionado con los componentes estructurales (Vázquez-G. y Givnish, 1998; Ramírez-Marcial *et al.*, 2001, Williams-Linera, 2002).

Los métodos utilizados para los estudios de la estructura de la vegetación del bosque mesófilo de montaña en México (cuadro 14) han sido principalmente métodos con área, ya sea usando parcelas de una hectárea, como en Omiltemi, Guerrero (Meave *et al.*, 1992), Tiltepec, Oaxaca (Arellanes, 2000) y Teipan, Oaxaca (Mejía, 2003; Mejía-Domínguez *et al.*, 2004); o rectángulos entre 1000 m² y 2500 m² como se hizo en Gómez Farías, Tamaulipas, (Puig *et al.*, 1983), El Triunfo, Chiapas (Williams-Linera, 1991), Manantlán, Jalisco (Santiago y Jardel, 1993), el centro de Veracruz (Williams-Linera *et al.*, 1996; Williams-Linera, 2002), Carrizal de Bravo, Guerrero (Catalán *et al.*, 2003) y Cuzalapan, Jalisco (Sánchez-Rodríguez *et al.*, 2003). Asimismo, se han hecho estudios en sitios con métodos sin área como en el caso de Simojovel, Chiapas (Zuill y Lathrop, 1975), el Volcán de San Martín, Veracruz (Álvarez del Castillo, 1977) y Puerto Soledad, Oaxaca (Ruiz-Jiménez *et al.*, 1999). En cada localidad se utilizó como criterio de inclusión principalmente el diámetro a la altura del pecho (DAP), siendo los límites inferiores más comunes 1, 2.5, 3.18, 3.3, 5, 10 y 15 cm.

El hecho de que exista una gran variedad de métodos de muestreo así como criterios de inclusión principalmente de los individuos arbóreos, obstaculiza abordar la complejidad estructural de estas comunidades boscosas (Bongers *et al.*, 1988) y hacer comparaciones entre distintos sitios y generalizaciones. En los trabajos donde se estudian parcelas menores a una hectárea o con métodos sin área, es posible llevar a cabo una mejor aproximación a la influencia ambiental dada por la orientación de ladera (Ruiz-Jiménez *et al.*, 1999) pendiente (Santiago y Jardel, 1993) o altitud (Williams-Linera *et al.*, 1996; Vázquez-G. y Givnish, 1998). Por ejemplo, en cuanto al número de especies, en este tipo muestreos el número de especies en algunos casos es mucho mayor al que se registra cuando se muestrea una hectárea, tal es el caso del muestreo en el bosque de Cuzalapan, en el cual se encontraron 101 especies (Sánchez-Rodríguez *et al.*, 2003), así como en las 38

muestras de Monte Grande, donde se registraron 78 especies de árboles. En contraste con están las parcelas de una hectárea donde se registraron hasta 52 especies como en Tiltepec (Arellanes, 2000) o 39 especies como en Teipan (Mejía, 2003; Mejía-Domínguez *et al.*, 2004) y 33 en Omiltemi (Meave *et al.*, 1992) (cuadro 14).

En los trabajos con parcelas de una hectárea se representa adecuadamente a la comunidad vegetal presente en esa parte del bosque; además su uso permite hacer comparaciones directas con múltiples estudios basados en esta superficie y permite examinar los patrones regionales. Sin embargo, se dificulta hacer extrapolaciones para otros sitios del mismo bosque, ya que las variaciones estructurales y florísticas están muy relacionadas con la variación ambiental (Mejía, 2003; Mejía-Domínguez *et al.*, 2004).

Composición florística

Aproximadamente cerca de 80% de la composición florística del estrato arbóreo de Monte Grande fue registrada dentro de las unidades de muestreo (Ponce, no publicado). Este porcentaje es alto quizá debido al número y ubicación de las muestras.

La composición florística del estrato arbóreo incluida en las unidades de muestreo en Monte Grande es similar a la encontrada en otros muestreos de bosques equivalentes dentro del país, sobre todo con localidades dentro de la Sierra Madre Oriental. Por ejemplo, con algunas parcelas en Gómez Farías (Puig *et al.*, 1983) se comparten 11 especies y 16 géneros y con los fragmentos de bosques de Veracruz (Williams-Linera, 2002) se comparten 12 especies y 14 géneros. El número de especies y géneros compartidos disminuye hacia localidades de la Sierra Madre del Sur, como en el caso de Omiltemi (Meave *et al.*, 1992) donde se comparten siete especies y 16 géneros; con Puerto Soledad (Ruiz-Jiménez *et al.*, 1999) tres especies y seis géneros; con Tiltepec (Arellanes, 2000) tres especies y 11 géneros; con Teipan (Mejía, 2003; Mejía-Domínguez *et al.*, 2004) 11 especies y 11 géneros. En localidades dentro de la Sierra Madre Occidental, como en Sierra de Manantlán (Santiago y Jardel, 1993) se comparten ocho especies y 23 géneros. Por último con los bosques de las Serranías Transistmicas, representados por El Triunfo (Williams-Linera, 1991), sólo hay una especie y cuatro géneros en común.

Cuadro 14. Cuadro comparativo de los valores estructurales para distintos bosques mesófilos de México

Unidad fisiográfica	Límite inferior	Densidad	Área basal	Cobertura	Fuente
Localidad (estado)	DAP (cm)	(ind/ha)	(m ² /ha)	(%)	
Sierra Madre Oriental					
Monte Grande (Hidalgo) ^a	3.18	1364	23.478	223	Este trabajo
	3.3	1304	23.428	221	
	5	880	22.712	194	
	10	405	20.474	150	
	15	254	18.492	122	
	20	174	16.476	101	
individuos policaulescentes	3.18	277	16.161	120	
Gómez Farías (Tamaulipas) ^a	15	1169	31.55	—	Puig <i>et al.</i> (1983)
Centro de Veracruz (Veracruz) ^a					
Rancho Guadalupe	5	873	34.8	—	Williams-Linera <i>et al.</i> (1996)
San Antonio		730	30	—	
La Mesa		745	25.1	—	
Cráter Acatlán		510	48.8	—	
Volcán Acatlán		1340	43.6	—	
Planta del Pie		645	60.6	—	
Centro de Veracruz (Veracruz) ^a					
Fragmento 1	5	1120	61.31	—	Williams-Linera (2002)
Fragmento 2		1370	35.32	—	
Fragmento 3		1770	45.53	—	
Fragmento 4		1700	89.35	—	
Fragmento 5		1320	40.67	—	
Fragmento 6		810	44.24	—	
Fragmento 7		360	35.54	—	

a = muestreo con parcelas en diferentes condiciones ambientales, h = muestreo en parcelas de 1 ha, sa = muestreo con método sin área en diferentes condiciones ambientales.

Cuadro 14. Continuación

Unidad fisiográfica	Límite inferior	Densidad	Área basal	Cobertura	Fuente
Localidad (estado)	DAP (cm)	(ind/ha)	(m ² /ha)	(%)	
Eje Neovolcánico Transversal					
Volcán San Martín (Veracruz) ^{sa}	no especificado	69.29 2910 2456	— 57.84 30.06	— — —	Álvarez del Castillo (1977)
Sierra Madre Occidental					
Manantlán (Jalisco) ^a	5	715	56.7	—	Santiago y Jardel (1993)
Cuzalapa (Jalisco) ^a	2.5				Sánchez-Rodríguez <i>et al.</i> (2003)
El Durazno					
Barranca de La Nogalera I		1044	22.0	—	
Barranca de La Nogalera II		1176	42.66	—	
Arroyo La Paloma		1332	62.20	—	
La Magnolia		784	35.1	—	
La Pareja					
Arroyo de la Sidrita Seca		972	31.51	—	
Puerto Martínez I		832	31.30	—	
Puerto Martínez II		764	25.87	—	
El Tigre		1440	38.71	—	
Sierra Madre del Sur					
Omitemi (Guerrero) ^a	3.3	2096	49.81	263	Meave <i>et al.</i> (1992)

a = muestreo con parcelas en diferentes condiciones ambientales, h = muestreo en parcelas de 1 ha, sa = muestreo con método sin área en diferentes condiciones ambientales.

Cuadro 14. Continuación

Unidad fisiográfica	Límite inferior	Densidad	Área basal	Cobertura	Fuente
Localidad (estado)	DAP (cm)	(ind/ha)	(m ² /ha)	(%)	
Sierra Madre del Sur					
Carrizal de Bravo (Guerrero) ^s	1	1299	54.72	—	(Catalán <i>et al.</i> , 2003)
Puerto Soledad (Oaxaca) ^s	3.18				Ruiz-Jiménez <i>et al.</i> (1999)
ladera este		1777	96.07	420	
ladera norte		1101	87.84	257	
ladera oeste		2039	73.79	507	
ladera sur		2730	41.8	323	
cima		505	72.04	272	
cañada		2716	97.88	171	
Tiltepec (Oaxaca) ^h	3.33	1738	42.72	468.47	Arellanes (2000)
	5	1272	41.87		
	10	764	39.73		
	15	569	37.24		
Santo Tomás Teipan (Oaxaca) ^h	2.5	1035	46.41	442.47	Mejía (2003)
	3.3	821	42.77	436.1	Mejía-Domínguez
	5	626	42.62	—	<i>et al.</i> (2004)
	10	468	41.85	—	
	15	369	40.56	—	

a = muestreo con parcelas en diferentes condiciones ambientales, h = muestreo en parcelas de 1 ha, sa = muestreo con método sin área en diferentes condiciones ambientales.

Cuadro 14. Continuación

Unidad fisiográfica	Límite inferior	Densidad	Área basal	Cobertura	Fuente
Localidad (estado)	DAP (cm)	(ind/ha)	(m ² /ha)	(%)	
Altos de Chiapas					
Simojovel (Chiapas) ^{sa}	2.54				Zuill y Lathrop (1975)
barlovento - noreste		963	102.01	84.6	
barlovento - sureste		933	63.44	—	
Pueblo Nuevo Solistahuacán (Chiapas) ^a					
Bosque de <i>Quercus</i> - <i>Podocarpus</i>	5				Ramírez-Marcial <i>et al.</i> (2001)
1a		53193*	67	—	
1b		57733*	62	—	
1c		31733*	56	—	
Bosque de <i>Pinus</i> - <i>Quercus</i> - <i>Liquidambar</i>					
2a		60601*	55	—	
2b		35395*	47	—	
Bosque de <i>Pinus</i>					
3a		13015*	22	—	
3b		21420*	20	—	
Sierra Madre de Chiapas					
El Triunfo (Chiapas) ^a	5	960	54.5	—	Williams-Linera (1991)

* densidad de tallos, a = muestreo con parcelas en diferentes condiciones ambientales, h = muestreo en parcelas de 1 ha, sa = muestreo con método sin área en diferentes condiciones ambientales.

En algunas zonas de Monte Grande prosperan especies que se presentan en estados sucesionales inmediatos al disturbio, principalmente *Eupatorium* spp., *Liquidambar macrophylla*, *Phaseolus vulgaris* y *Solanum* spp., las cuales se presentaron en muestras ubicadas en el Cielo, Tamaulipas (Breceda-Solis y Reyes-Gallardo, 1990). Aunque es difícil establecer una relación entre el estado de regeneración y la composición florística (Meave *et al.*, 1992), es posible reconocer sitios perturbados en el caso de algunas zonas dentro de Monte Grande por la presencia de *Bocconia frutescens*, *Cnidoscylus multilobus* y *Senecio* spp. (Puig *et al.*, 1983, Puig y Bracho, 1987; Breceda-Solis y Reyes-Gallardo, 1990).

Breceda-Solis y Reyes-Gallardo (1990) señalan que la escasez de especies del estrato arbustivo sugiere que la composición en este estrato se ha visto afectado por eventos de disturbio, quizá ésta sea la razón por la cual se presente pocas especies arbustivas en Monte Grande (cuadro 4). Además, la proliferación de pastos, en particular de *Homolepis glutinosa* e *Ichnanthus nemorosus*, son un factor que influye fuertemente en la composición del sotobosque, debido a que impiden la germinación y el establecimiento de otras especies arbustivas y arbóreas, pero principalmente de especies herbáceas (Breceda-Solis y Reyes-Gallardo, 1990; Olander *et al.*, 1998).

Estructura cuantitativa del estrato arbóreo

Densidad

Los valores de densidad por sitio, así como de Monte Grande en general, son intermedios entre los observados en otros muestreos del país. Sin embargo, tanto el uso de distintos métodos de muestreo, como el uso de diferentes valores en cuanto al límite inferior del diámetro a la altura del pecho, tienen efectos directos sobre la estimación esta variable (Meave *et al.*, 1992; Mejía, 2003; Mejía-Domínguez *et al.*, 2004). La distribución vertical y diamétrica de la densidad (figuras 8 y 10) muestra como tendencia general, que con el aumento de la altura y el tamaño del DAP disminuye la densidad, por lo cual En Monte Grande, la densidad se concentra en las categorías de menor tamaño. Asimismo, este comportamiento es similar al del número de especies.

El valor de densidad de los individuos con 3.18 cm de DAP es parecido al calculado para otros muestreos en bosques equivalentes en México (cuadro 14), sin embargo es drásticamente menor si se consideran otros límites diamétricos (5, 10 y 15 cm de DAP). Por ejemplo, en el caso del muestreo en Gómez Farías, Tamaulipas (Puig *et al.*, 1983) los individuos con $DAP \geq 15$ cm son hasta cinco veces más numerosos que en Monte Grande. El valor de densidad sobre todo está en función de los individuos de menor talla en relación con la altura y el DAP (figuras 8 y 10).

Área basal

El bosque estudiado de Monte Grande, en su conjunto presenta valores bajos de área basal del estrato arbóreo cuando se compara con los de otras localidades equivalentes de México (cuadro 14), siendo diferentes de los que se presentan en los muestreos del centro de Veracruz (Williams *et al.*, 1996), Gómez Farías, Tamaulipas (Puig *et al.*, 1983) y el Volcán San Martín, Veracruz (Álvarez del Castillo, 1977). Los valores encontrados son semejantes a algunos bosques mesófilos deteriorados, donde predominan especies de pinos, como es el caso de Pueblo Nuevo Solistahuacán, Chiapas (Ramírez-Marcial *et al.*, 2001), o bien con sitios en la Sierra de Manantlán, entre los 1500 y 1700 msnm (Vázquez-G. y Givnish, 1998) y algunos sitios en Cuzalapan (Sánchez-Rodríguez *et al.*, 2003).

La distribución del área basal de acuerdo a las categorías de altura (figura 8) se concentra en los individuos que conforman el estrato medio, particularmente entre 10 y 15 m de altura. Con respecto a la categorías diamétricas, los individuos de mayor tamaño (con más de 20 cm de DAP) son los que tienen una mayor participación en el valor del área basal, ya que aportan cerca de 70% de esta variable estructural. El área basal se concentra en los individuos con mayor DAP, sin embargo, al ser estos individuos poco numerosos, contribuyen con un valor bajo a esta variable.

Aunque no es posible determinar cuál es la causa precisa del comportamiento de los valores del área basal sin conocer la historia de uso del bosque en Monte Grande, es posible ofrecer explicaciones para este comportamiento, ya que se considera que está correlacionada con la biomasa, por lo que es una medida significativa de la estructura en estos bosques

(Williams-Linera, 1990; Williams-Linera *et al.*, 1996). Asimismo, tal vez el valor obtenido en Monte Grande está subestimado, ya que el área basal depende del tamaño de las muestras (Meave, 1990), sin embargo algunas de las muestras en este bosque llegan a presentar hasta 36 m²/ha (cuadro 7).

Williams-Linera *et al.* (1996) describieron dos patrones de área basal diferentes para bosques templados y neotropicales. Por un lado, en los bosques templados deciduos con dominancia de elementos holárticos, el área basal presenta valores cercanos a 30 m²/ha para árboles con más de 10 cm de DAP (Gentry, 1995), *e. g.* Gómez Farías, Tamaulipas con 31.5 m²/ha (Puig *et al.*, 1987). Por otro lado, en los bosques donde predominan especies neotropicales se presentan valores más altos, *e. g.* el volcán de San Martín, Veracruz con 69.30 m²/ha (Álvarez del Castillo, 1977). En Monte Grande, aunque la dominancia está dada por elementos holárticos, sólo se presentan 23.47 m²/ha de área basal. Este valor permiten suponer que en este bosque se han sustraído los individuos más grandes, es decir, aquellos que presentan la mayor área basal, lo que coincide con sitios perturbados donde se presenta un bajo porcentaje de individuos con diámetros grandes (Puig *et al.*, 1983; Kappelle *et al.*, 1996; Oosterhoorn y Kappelle, 2000; Ramírez-Marcial *et al.*, 2001; Sánchez-Rodríguez *et al.*, 2003).

En las comunidades fragmentadas o perturbadas, los valores de área basal se modifican debido a la dinámica poblacional de las especies del dosel (Williams-Linera, 1990). El incremento en el valor del área basal está relacionado con el reclutamiento de individuos juveniles de especies importantes durante un periodo largo del tiempo (Kappelle *et al.*, 1996). En Monte Grande, las estructuras poblacionales sobre todo de las especies de encinos (*Quercus germana*, *Q. sartorii*, *Q. aff. eugeniifolia*, *Q. castanea* y *Q. affinis*) indican una dinámica en la cual se integran individuos jóvenes. Sin embargo, hay otros factores que influyen en este incremento del área basal como son el tipo e intensidad del disturbio (Kappelle *et al.*, 1996).

Cobertura

Los valores de cobertura en Monte Grande son intermedios si se le comparan con los de otros muestreos en México (cuadro 10), siendo más altos los de la ladera oeste de Puerto Soledad, Oaxaca (Ruiz-Jiménez *et al.*, 1999) y Tiltepec, Oaxaca (Arellanes, 2000), mientras que los más bajos son los de las localidades a barlovento con orientación noreste de Simojovel, Chiapas (Zuill y Lathrop, 1975). En particular el valor de la cobertura es más confiable si se obtienen de muestras de una hectárea que de muestras pequeñas (Meave, 1990), por lo que la estimación en Monte Grande quizá esté subestimada.

En Monte Grande se presenta una variabilidad alta entre los sitios de muestreo en cuanto a la cobertura (cuadro 7). Aunque en algunos bosques mesófilos el valor de la cobertura está relacionado con los individuos más grandes (Mejía, 2003; Mejía-Domínguez *et al.*, 2004), en el caso de Monte Grande los individuos con menos de 10 m de altura son los que aportan cerca de la mitad de la cobertura (cuadro 8).

La distribución vertical de la cobertura se concentra en los individuos de las categorías pertenecientes a los estratos arbóreos bajo (5 a 10 m) y medio (10 a 15 m) (figura 8). La distribución de la cobertura en las categorías diamétricas muestra que los individuos de mayor diámetro (con más de 15 cm) aportan cerca de 50% esta variable, en contraste con los individuos de diámetro pequeño que aportan menos de 5 % del porcentaje de cobertura (figura 10).

La contribución específica de la cobertura muestra que las especies que tienen individuos de mayor tamaño fueron las especies con una cobertura mayor, como son *Quercus germana* (43%) y *Q. sartorii* (20%). Sin embargo, otras especies con porcentajes altos de cobertura se presentaron en especies de árboles con una alta densidad y frecuencia como son *Inga huastecana* (17%), *Beilschmiedia mexicana* (13%) y *Clethra mexicana* (12%) (cuadros 11a y b).

Valores de importancia relativa y estructura poblacional

Estrato arbustivo

Debido a que la estimación del valor de importancia relativa de las especies arbustivas no ha sido incluido en ningún trabajo, no es posible establecer una comparación. Sin embargo, la dominancia de los elementos arbustivos es semejante a las descripciones de la vegetación de los trabajos florísticos de localidades dentro de la Sierra Madre Oriental como en la Huasteca Hidalguense (Luna *et al.*, 1994; Alcántara y Luna, 1997, 2001; Mayorga *et al.*, 1998), así como en los trabajos de Gómez Farías (Puig *et al.*, 1983) y Ciudad Mante, Tamaulipas (Valdez *et al.*, 2003), o en el centro de Veracruz (Williams-Linera, 2002).

La única especie arbustiva importante dentro del estrato arbustivo fue *Randia aculeata*, la cual presentó los mayores valores de densidad y área basal. Las especies de árboles medianos con individuos jóvenes, tales como *Inga huastecana*, *Trophis mexicana*, *Beilschmiedia mexicana*, *Eugenia xalapensis* y *Vaccinium leucanthum* son elementos importantes de los estratos arbustivo y arbóreo. Además, en este estrato son frecuentes un conjunto de especies de árboles bajos, como *Zanthoxylum xicense*, *Rapanea myricoides*, *Oreopanax xalapensis* y *Xolisma squamulosa*.

Williams-Linera (2002) enlista las especies de arbustos y árboles bajos del estrato arbustivo que presentaron mayor área basal en fragmentos de bosque mésofilo en el estado de Veracruz, algunas de ellas también presentes en Monte Grande como son *Eugenia xalapensis*, *Palicourea padifolia*, *Xylosma flexuosum* y *Randia aculeata*. Si se considera que el área basal influye sobre el valor de importancia, es posible apreciar que algunas especies de árboles bajos no sólo están bien representadas en el estrato arbustivo, sino que tienen valores de importancia relativa altos, como es el caso de *Eugenia xalapensis*.

En la estructura poblacional de las especies más importantes del estrato arbustivo (*Randia aculeata*, *Inga huastecana* y *Eugenia xalapensis*) se reconoce una fase de reclutamiento de individuos, ya que la categoría de menor diámetro es la que presenta una mayor frecuencia. Tal vez la presencia de estos árboles medianos en el estrato arbustivo está relacionado con una estructura poblacional constituida por individuos juveniles y maduros. Asimismo, estas

especies arbóreas tienen la capacidad de ramificarse desde la base, por lo que se presenta un número considerable de individuos policauloscentes.

Estrato arbóreo

Se ha propuesto que los patrones de importancia relativa permiten diferenciar a los bosques montañosos de las selvas tropicales (Meave *et al.*, 1992). En el caso de los primeros, las especies más importantes se encuentran en el dosel superior, *e. g.* Gómez Farías, Tamaulipas (Puig *et al.*, 1983), Omiltemi, Guerrero (Meave *et al.*, 1992) y Monte Grande, mientras que las especies más importantes en las selvas lo son debido a su alta densidad, *e. g.* la selva alta perennifolia de Bonampak (Meave, 1990) y Nahá, Chiapas (Durán, 1999).

La importancia ecológica de un taxón dominante presenta una relación con el área basal, por lo que los valores de área basal influyen fuertemente sobre el valor de importancia relativa (Williams-Linera *et al.*, 1996; Mejía, 2003). Por ejemplo, Tanner (1977) considera que las especies con más de 10% de área basal son especies dominantes. En Monte Grande, los valores de importancia relativa del estrato arbóreo muestran dos patrones: 1) los valores altos de área basal se presentan en especies características de este tipo de vegetación (*e. g.* *Quercus germana*, *Q. sartorii*, *Liquidambar macrophylla* y *Clethra mexicana*), 2) algunas especies con distribución actual tropical como *Beilschmiedia mexicana*, *Eugenia xalapensis* e *Inga huastecana* tienen los valores de densidad más altos.

La dominancia del estrato arbóreo coincide con lo encontrado en otros bosques ubicados en la Sierra Madre Oriental, como en el caso de Gómez Farías en Tamaulipas (Puig *et al.*, 1983), donde predominan *Quercus germana*, *Q. sartorii*, *Clethra pringlei* y *Liquidambar macrophylla*, debido a valores altos de área basal, y *Eugenia capuli* con valores altos de densidad. En muestreos ubicados en la Sierra Madre del Sur, la dominancia también está dada por elementos templados que conforman el dosel alto, tales como *Carpinus caroliniana*, *Cornus disciflora*, *Quercus ocoteifolia*, *Q. uxoris*, *Pinus ayacahuite* y *P. teocote*, que principalmente sobresalen por su alta área basal (Meave *et al.*, 1992; Ruiz-Jiménez *et al.*, 1999; Mejía, 2003; Mejía-Domínguez *et al.*, 2004). Estos datos contrasta fuertemente con la dominancia de *Ticondendron incongnitum* en Tiltepec, que es un

elemento mesoamericano (Arellanes, 2000) o *Chiranthodendron pentadactylon* en Carrizal de Bravo (Catalán *et al.*, 2003).

El índice del valor de importancia relativa en Monte Grande muestra que algunas de las especies estructuralmente importantes en otros bosques de la Sierra Madre Oriental han sido desplazadas en cuanto al orden de importancia comparado con otros muestreos (Puig *et al.*, 1983; Williams-Linera *et al.*, 1996; Williams-Linera, 2002). Aunque en Monte Grande los encinos son muy importantes, algunos árboles del estrato medio y bajo, principalmente *Beilschmiedia mexicana*, *Eugenia xalapensis* e *Inga huastecana*, han adquirido relevancia estructural quizá por efecto del uso y aprovechamiento del bosque. En este sentido, algunos taxones preferenciales o característicos al bosque mesófilo de montaña *sensu* Rzedowski (1996) han sido desplazados en cuanto al orden de importancia, *e. g.* *Carpinus caroliniana*, *Cornus disciflora*, *C. excelsa* y *Liquidambar macrophylla*.

En Monte Grande, *Liquidambar macrophylla* no tiene una densidad alta, a pesar de que en otros sitios se ha observado que es tan abundante que llega a formar bosques puros (Valdez *et al.*, 2003), en cuyo caso se considera un elemento indicador de perturbación (Puig *et al.*, 1983). Asimismo, se ha observado que el número de especies del dosel disminuye con el incremento en el grado de disturbio y favorece la dominancia de especies de pinos (Ramírez-Marcial *et al.*, 2001).

Los patrones poblacionales descritos a partir de la distribución diamétrica sugieren que la mayoría de las especies más importantes del dosel se encuentran en una fase de reclutamiento. En general, estos patrones son similares a los de especies dentro de sitios que no están sujetas a disturbios fuertes (Puig *et al.*, 1983; Meave *et al.*, 1992). Sin embargo, el disturbio antropogénico modifica el patrón de reclutamiento de las especies, por lo que quizá hayan sido favorecidas algunas especies con estrategias poblacionales (Ramírez-Marcial *et al.*, 2001).

La policaulescencia ha sido observada en otros bosques equivalentes (Valencia, 1995; Arellanes, 2000; Mejía, 2003), y se ha sugerido que los árboles con más de un tallo tienen

la posibilidad de captar la luz en varias direcciones, y en caso de sufrir algún daño, ya sea provocado por un disturbio antropogénico o natural, poseen la capacidad de continuar creciendo y produciendo flores y frutos, lo que les permite persistir en la comunidad (Valencia, 1995; Arellanes, 2000). En Monte Grande un grupo de árboles principalmente de los estratos medio y bajo con valores de importancia relativa altos presentan un alto porcentaje de individuos policaulescentes, tales como *Befaria laevis* (43%), *Eugenia xalapensis* (42%), *Vaccinium leucanthum* (30%) e *Inga huastecana* (30%) (cuadro 9a).

Influencia de los factores ambientales sobre la estructura y la composición florística

Valores de importancia relativa por orientación de ladera y unidad topográfica

El bosque mesófilo agrupa a un conjunto heterogéneo de comunidades con composición y estructura diferentes (Williams-Linera, 1990; Meave *et al.*, 1992). En este tipo de vegetación los factores ambientales, tales como la orientación de ladera y la altitud, generan condiciones microambientales que tal vez influyen en la distribución y la abundancia de los árboles característicos de estos bosques (Williams-Linera *et al.*, 1996; Vázquez-G. y Givnish, 1998; Ruiz-Jiménez *et al.*, 1999). En el caso de la dominancia en el estrato arbóreo de Monte Grande, se aprecian cambios con respecto a la orientación de ladera y las unidades topográficas (figura 15), posiblemente relacionados con diferencias en la humedad y la temperatura.

Las diferencias en el orden de importancia con respecto a la orientación de ladera muestran dos tendencias generales que corresponden a las vertientes S y N. En la vertiente S, aunque la dominancia está dada por elementos con una distribución actual holártica como son *Quercus germana* y *Q. sartorii*, son particularmente importantes elementos con una distribución actual tropical como *Eugenia xalapensis*, *Clethra mexicana*, *Inga huastecana* y *Beilschmiedia mexicana*. La vertiente norte está dominada por elementos con distribución actual holártica como son *Q. germana* (NE y E), *Q. sartorii* (N) y *Q. affinis* (NO). Asimismo, en esta vertiente son importantes los elementos de ambientes templados como *Liquidambar macrophylla*, *Ostrya virginiana*, *Q. aff. eugeniifolia* y *Pinus pseudostrobus*.

En estudios que describen los cambios en comunidades a lo largo de gradientes altitudinales, se observa que con el incremento de la altitud se presenta una menor temperatura. Esta disminución en la temperatura provoca que se presenten cambios en cuanto a composición y dominancia de especies (Luna *et al.*, 1989; Vázquez-G. y Givnish, 1998) y en las características de las plantas como la morfología foliar (Velázquez-Rosas *et al.*, 2002). En Monte Grande esta tendencia se expresa en forma de una restricción altitudinal, lo que refleja diferencias en cuanto a la distribución y abundancia de las especies.

La importancia de los elementos propios de zonas neotropicales disminuyen notablemente con el incremento en la altitud, como es el caso de *Eugenia xalapensis*, *Inga huastecana* y *Beilschmiedia mexicana*. Estas especies no son tan importantes en las laderas montañosas altas (a más de 1400 msnm). Este cambio en la importancia provoca que otros elementos con una distribución actual holártica adquieran importancia, como es el caso de *Quercus sartorii*, *Liquidambar macrophylla*, *Vaccinium leucanthum* y *Befaria laevis*, los cuales prosperan en pisos altitudinales correspondientes a laderas de montaña altas y medias, respectivamente. En contraste, los elementos neotropicales (*Eugenia xalapensis*, *Inga huastecana* y *Beilschmiedia mexicana*) son particularmente importantes en las laderas montañosas medias y bajas (a menos de 1,400 m snm), así como en las cañadas, mientras que los únicos elementos holárticos que sobresalen en estas unidades topográficas son *Quercus germana*, *Q. castanea* y *Juglans mollis*.

Los valores de importancia relativa de estas especies están fuertemente influidos por sus valores del área basal, ya que en la mayoría de los casos las especies más importantes presentaron las áreas basales más grandes. Un caso extremo se presenta en la orientación oeste, en la que *Quercus germana* presentó cerca del 50% del área basal. Sin embargo, los valores de densidad también son particularmente importantes en las laderas montañosas bajas (entre 1200 y 1300 msnm), donde *Trophis mexicana* fue la especie más importante, o bien, en caso de otras especies como *Eugenia xalapensis* (SO y laderas montañosas medias), *Beilschmiedia mexicana* (S y E), *Inga huastecana* (O y laderas montañosas medias) y *Vaccinium leucanthum* (NO) (figura 15).

Relación entre la composición florística y la estructura cuantitativa con el ambiente

Los coeficientes de similitud florística entre las orientaciones de ladera sugieren que en el estrato arbóreo, la composición específica es lo suficientemente diferente como para considerar que cada una de las orientaciones presentan un conjunto de especies particular (cuadro 12). Sin embargo, el hecho de que se hayan distribuido las unidades de muestreo de acuerdo al porcentaje que ocupaba cada una de las orientaciones (cuadro 1) probablemente dificultó el reconocimiento de patrones relacionados con la conformación de grupos correspondientes a las vertientes sur y norte.

La similitud florística del estrato arbóreo que presentan las unidades topográficas (cuadro 13) permite suponer que la altitud influye sobre esta similitud, ya que el grado de similitud aumenta con la altitud. Es decir, las laderas montañosas bajas son más parecidas a las laderas montañosas medias debido a la cercanía entre ambas. El hecho de que la mayor similitud se presente entre las laderas montañosas altas y las cañadas quizá está relacionado a que una buena parte de las unidades de muestreo ubicadas en las cañadas se encontraban en el piso altitudinal correspondiente a la ladera montañosa alta.

El análisis de los dendrogramas obtenidos del análisis de clasificación elaborados con los datos binarios de presencia-ausencia, densidad por especie y logaritmo del área basal por especie (figuras 16, 17 y 18) no mostraron indicios de que la heterogeneidad topográfica representada por la orientación y la altitud, esté claramente correlacionada con estos atributos florístico-estructurales.

La composición y la estructura reflejan la heterogeneidad ambiental, misma que se aprecia en el cambio en la dominancia arbórea con respecto a la orientación de ladera y la altitud. En Monte Grande es muy probable que las orientaciones de ladera presentan cambios de humedad, por lo que las especies con distribución tropical tienden a ubicarse en sitios húmedos dentro de la vertiente suroeste, mientras que las especies con distribución holártica se ubican en sitios dentro de la vertiente norte. Sin embargo, los análisis de clasificación no reflejaron una correlación entre los atributos florístico estructurales y los factores ambientales.

Uso del suelo Monte Grande

Monte Grande es una zona de conservación para los habitantes de Chalma y Tenango, cuyo tipo de vegetación corresponde a un bosque mesófilo de montaña. A pesar de ello, esta zona boscosa está rodeada por potreros para ganado vacuno y en su interior hay pequeños huertos abandonados, lo cual indica claramente como los asentamientos humanos han utilizado estas tierras.

Estos terrenos no son aptos para ningún tipo de cultivo o aprovechamiento ganadero, debido en gran medida a que forman parte de sistemas montañosos con pendientes fuertes. El aprovechamiento forestal está relacionado con la obtención de leña, debido principalmente a la abrupta topografía (INEGI, 1985c, 1985d, 1985e).

Aunque no existe un programa de manejo para Monte Grande, la principal actividad que desarrollan las comunidades dentro del bosque es la extracción de leña. Sin embargo, la ganadería y la agricultura de temporal son las actividades que más han impactado la dinámica natural. Dentro del bosque existen parcelas y cultivos abandonados, así como caminos de ganado. Algunos eventos de disturbio generan áreas dominadas por *Pteridium* sp. y pastos (*Homolepis glutinosa* e *Ichnanthus nemorosus*), así como sitios donde predominan especies propias de sitios perturbados. La presencia de estas especies probablemente influyen sobre la regeneración natural al impedir el establecimiento de otros elementos vegetales del bosque.

VI. Conclusiones

El análisis estructural realizado en el bosque mesófilo de Monte Grande permitió obtener una aproximación florística y cuantitativa de la organización de los componentes vegetales de este tipo de vegetación, clasificada como un bosque mesófilo de montaña. De manera general, este estudio permitió describir la estructura cuantitativa de Monte Grande, así como la influencia de factores ambientales como son la orientación de ladera y la altitud sobre la composición y dominancia de los elementos arbóreos.

La modificación al método del IFRI (Ostrom y Wertime, 1995) fue conveniente y permitió una aproximación a la composición florística de cada sitio, debido a que se consideraron la mayor parte de las formas de crecimiento que se presentan en este tipo de vegetación (hierbas, arbustos, árboles, bejucos y lianas). La utilización de criterios ambientales como la orientación de ladera y la altitud, permitieron analizar cómo la heterogeneidad ambiental se ve reflejada en la estructura y la composición de Monte Grande. La utilización de algunos elementos de un sistema de información geográfica de la zona de estudio constituye una herramienta valiosa para caracterizar la heterogeneidad ambiental dada por elementos tales como la orientación de ladera, la pendiente y la altitud.

La lista de las unidades de muestreo comprende 54 familias, 84 géneros y 105 especies. Las formas de crecimiento más abundantes son los árboles con 50 especies, así como 24 hierbas, 20 arbustos y 11 bejucos. Las familias mejor representadas fueron Fabaceae y Fagaceae con seis especies, seguida por Lauraceae, Rosaceae y Rubiaceae con cinco especies. La composición florística es similar a otros bosques ubicados en la Huasteca Hidalguense, así como en otros muestreos de la Sierra Madre Oriental.

Los valores generales de la estructura cuantitativa del estrato arbóreo fueron bajos si se les compara con otras comunidades equivalentes en el país, sobre todo en cuanto al área basal.

Las tendencias generales de la distribución de la estructura cuantitativa de acuerdo a las categorías de altura y DAP muestran lo siguiente: 1) la densidad y el número de especies disminuyen drásticamente con el incremento de la altura y el límite inferior del DAP; 2) la

distribución vertical del área basal y la cobertura tienen forma de campana, siendo las categorías intermedias las que más aportan a estas variables; 3) las categorías con DAP mayor tienen una contribución importante a la cobertura y el área basal; 4) el incremento del límite superior de la altura y del límite inferior del DAP refleja un aumento en los valores promedios de la altura, el diámetro a la altura del pecho y cobertura de los individuos; 5) los individuos policaulescentes tienen una contribución considerable a la estructura cuantitativa, sobre todo en cuanto al número de especies y el área basal.

En cuanto al valor de importancia relativa, la especie más importante del estrato arbustivo corresponde a una especie arbustiva que es *Randia aculeata*, seguida por especies de árboles bajos y medio como son *Inga huastecana*, *Trophis mexicana*, *Beilschmiedia mexicana*, *Eugenia xalapensis* y *Vaccinium leucanthum*. Las especies del estrato arbóreo más importantes de acuerdo a su valor de importancia relativa fueron *Quercus germana* y *Q. sartorii*, seguidas por *Clethra mexicana*, *Beilschmiedia mexicana*, *Eugenia xalapensis*, *Inga huastecana*, *Liquidambar macrophylla*, *Vaccinium leucanthum* y *Turpinia occidentalis*.

El conjunto de especies más importantes corresponde a especies características del bosque mesófilo de montaña, como son *Quercus germana*, *Q. sartorii* y *Clethra mexicana*. Sin embargo, al parecer existen especies favorecidas por la perturbación, principalmente algunos árboles del estrato medio y bajo con una distribución actual en zonas tropicales (e. g. *Beilschmiedia mexicana*, *Inga huastecana* y *Eugenia xalapensis*). La importancia de estas especies están en función de su densidad y frecuencia. Este contingente de especies posiblemente presenta estrategias poblacionales descritas en otros bosques que las hacen exitosas.

Se presenta un cambio en la dominancia arbórea con respecto a la orientación de ladera y la altitud. Los análisis de clasificación que no reflejaron una correlación entre los atributos florístico estructurales y los factores ambientales.

Monte Grande parece ser un bosque mesófilo de montaña secundario debido a sus valores bajos de área basal, baja densidad de individuos con altura y diámetros grandes. La composición y la estructura del bosque sugieren que es un bosque perturbado, aunque la presencia de especies características o típicas del bosque mesófilo, así como la estructura poblacional de las especies importantes permiten ubicar a este bosque dentro de un proceso de regeneración.

Esta situación se presenta en varios sitios dentro de la región montana de Hidalgo, ya que cada vez son más frecuentes las zonas bajo regímenes de disturbio provocado por cambios en el uso de la tierra, principalmente por la ganadería, extracción minera y la extracción de leña para autoconsumo.

VII. Literatura citada

- Alcántara, O e I. Luna. 1997. Florística y análisis biogeográfico del bosque mesófilo de montaña de Tenango de Doria, Hidalgo, México. *Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica* 68: 57 – 106.
- Alcántara, O e I. Luna. 2001. Análisis florístico de dos áreas con bosque mesófilo de montaña en el estado de Hidalgo, México: Eloxochitlán y Tlahuelompa. *Acta Botanica Mexicana* 54: 51 – 87.
- Alcántara, O., I. Luna & A. Velázquez. 2002. Altitudinal distribution patterns of Mexican cloud forests based upon preferential characteristic genera. *Plant Ecology* 161: 167-174.
- Álvarez del Castillo, C. 1977. Estudio ecológico y florístico del cráter del volcán de San Martín Tuxtla, Ver., México. *Biótica* 2: 3-54.
- Arellanes, Y. 2000. Análisis estructural de un bosque mesófilo de montaña de *Ticodendron incognitum* en la Sierra Norte de Oaxaca, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.
- Barbour, M., J. Burk, W. Pitts, F. Guillian y M. Schwartz. 1999. *Terrestrial plant ecology*. 3a. edición. Benjamin y Cummings.
- Beltrán, E. 1991. Prefacio. En: Puig, H. 1991. *La vegetación de la Huasteca, México. Estudio fitogeográfico y ecológico*. Instituto de Ecología A.C., Xalapa. Veracruz.
- Bongers, F., J. Popma, J. Meave y J. Carabias. 1988. Structure and floristic composition of the lowland rain forest of Los Tuxtlas, Mexico. *Vegetatio* 7: 55 - 88.
- Breceda-Solis, A. y G. Reyes-Gallardo. 1990. Composición florística de la vegetación secundaria inducida por actividades agrícolas en el bosque mesófilo de montaña de la Reserva de la Biósfera "El Cielo", Tamaulipas, México. *Biotam* 2: 30 - 41.
- Catalán, C., L. López-Mata y T. Terrazas. 2003. Estructura, composición y diversidad de especies leñosas en un bosque mesófilo de montaña de Guerrero, México. *Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica* 74: 209 – 230.
- CEEMH (Centro Estatal de Estudios Municipales de Hidalgo). 1988. Los municipios del estado de Hidalgo. *Enciclopedia de los municipios de México*. Secretaría de Gobernación y Gobierno de Hidalgo. México, D. F.
- Challenger, A. 1998. *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro*. Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad, Instituto de Biología, Agrupación Sierra Madre. México, D. F.

- Daubenmire, R. 1968. Plant communities. A textbook of plant synecology. Harper & Row. Nueva York.
- Durán, A. 1999. Estructura y etnobotánica de la selva alta perennifolia de Nahá, Chiapas. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.
- Engler, A. y L. Diels. 1936. Syllabus der Pflanzenfamilien. Ed. 11. Berlín.
- Flores, M. 1998. Comunidades. Departamento de Suelo. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo.
- Flores, O. y P. Gerez. 1994. Biodiversidad y conservación en México: Vertebrados, vegetación y uso de suelo. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.
- Gallardo, C., J. Meave y A. Rincón. 1998. Plantas leñosas raras del bosque mesófilo de montaña IV. *Cyrilla racemiflora* L. (Cyrillaceae). Boletín de la Sociedad Botánica de México 62: 183 - 186.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Cuarta edición. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.
- Gauch, H.G. 1982. Multivariate analysis in community ecology. Cambridge University Press, Cambridge.
- Gentry, A. 1995. Patterns of diversity and floristic composition in Neotropical montane forests. En: Churchill, S.P., H. Balslev, E. Forero, J.L. Luteryn (editores). 1995. Biodiversity and conservation of neotropical montane forests. Proceeding of the Neotropical montane forest biodiversity and conservation symposium. pp. 103 - 126. The New York Botanical Garden. Nueva York.
- Hanson, H.C. y E.D. Churchill. 1961. The plant community. Reinhold Publishing Corporation. Nueva York.
- Hernández - Encinas, L. 2001. Técnicas de taxonomía numérica. Cuadernos de Estadística 18. La Muralla, Hespénides. Madrid.
- INEGI (Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática). 1985a. Carta de efectos climáticos regionales. Noviembre – abril. 1:250000. Primera edición. México, D. F.
- INEGI (Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática). 1985b. Carta de efectos climáticos regionales. Mayo – octubre. 1:250000. Primera edición. México, D. F.
- INEGI (Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática). 1985c. Carta de uso potencial. Agricultura. 1:250000. Pachuca F1411. Primera edición. México, D. F.

- INEGI (Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática). 1985d. Carta de uso potencial. Forestería. 1:250000. Pachuca F1411. Primera edición. México, D. F.
- INEGI (Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática). 1985e. Carta de uso potencial. Ganadería. 1:250000. Pachuca F1411. Primera edición. México, D. F.
- INEGI (Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática). 1989. Carta topográfica Molango 1:50000 F14D51. México, D. F.
- INEGI (Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática). 1992. Síntesis geográfica del estado de Hidalgo. Instituto Nacional de Geografía e Informática. México, D. F.
- INEGI (Instituto Nacional de Geografía e Informática). 1995. Anuario estadístico del estado de Hidalgo. Secretaría de Gobernación. México, D. F.
- INEGI (Instituto Nacional de Geografía e Informática). 1999. Carta edafológica 1:250000. Pachuca F1411. Segunda impresión. México, D. F.
- ITC (International Training Centre for Aerial Survey). 2001. Ilwis ver. 3.0. Academic International Institute for Aerospace Survey and Earth Science. Enschede.
- Johnson, D.E. 2000. Métodos multivariados aplicados al análisis de los datos. Internacional Thompson Editores, México, D. F.
- Kappelle, M., T. Geuze, M. Leal y A. Cleef. 1996. Successional age and forest structure in a Costa Rica upper montane *Quercus* forest. *Journal of Tropical Ecology* 12: 681 - 698.
- Kershaw, K.A. 1973. Quantitative and dynamic plant ecology. 2a. edición. Arnold. Londres.
- Krebs, C.J. 1978. Ecología. Estudio de la distribución y abundancia. Harla. México, D. F.
- Luna, I. 1984. Notas fitogeográficas sobre el bosque mesófilo de montaña en México. Un ejemplo en Teocelo-Cosautlán-Ixhuacán, Veracruz, México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.
- Luna, I. y O. Alcántara. 2002. Placing the Mexican cloud forest in a global context: A track analysis based on vascular plant genera. *Biogeographica* 78: 1 - 14.
- Luna I. y O. Alcántara. 2004. Florística del bosque mesófilo de montaña de Hidalgo. En: Luna, I, J. Morrone y D. Espinosa (editores). *La Sierra Madre Oriental: una perspectiva multidisciplinaria*. Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad. México, D. F. pp. 169 - 191.

- Luna, I., O. Alcántara, D. Espinosa y J. Morrone. 1999. Historical relationships of the Mexican cloud forests: a preliminary vicariance model applying Parsimony Analysis of Endemicity to vascular plant taxa. *Journal of Biogeography* 26: 1299 – 1305.
- Luna, I., L. Almeida y J. Llorente. 1989. Florística y aspectos fitogeográficos del bosque mesófilo de montaña de las cañadas de Ocuilán, estados de Morelos y México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica* 65: 31 – 62.
- Luna, I., J. Morrone, O. Alcántara y D. Espinosa. 2001a. Biogeographical affinities among Neotropical cloud forests. *Plant Systematics and Evolution* 228: 229 – 239.
- Luna, I., S. Ocegueda y O. Alcántara. 1994. Florística y notas biogeográficas del bosque mesófilo de montaña del municipio de Tlanchinol, Hidalgo, México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica* 65: 31 – 62.
- Luna I., A. Velázquez y E. Velázquez. 2001b. México. En: Kappelle M. y A.D. Brown (editores). 2001. Bosques nublados del neotrópico. INBIO- UICN-ANA. Costa Rica. pp. 183 – 229.
- Llorente, J. y P. Escalante. 1992. Insular biogeography of submontane humid forest in Mexico. En: Darwin, S.P. y A.L. Welden (editores). 1992. *Biogeography of Mesoamerica. Tulane Studies in Zool. & Bot., Suppl. 1*, pp. 139 – 146. Tulane University, Nueva Orleans.
- Mateucci, S. y A. Colma. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Washington, D. C.
- Mayorga, R., I. Luna y O. Alcántara. 1998. Florística del bosque mesófilo de montaña de Molocotlán, Molango - Xochicoatlán, Hidalgo, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 63: 101 - 119.
- Meave, J. 1990. Estudio y composición de la selva alta perennifolia de los alrededores de Bonampak. Instituto Nacional de Antropología e Historia. México, D. F.
- Meave, J., C. Gallardo y A. Rincón. 1996. Plantas leñosas raras del bosque mesófilo de montaña II. *Ticondendron incongnitum* Gómez-Laurito et Gómez P. (Ticondendraceae). *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 59: 149 - 152.
- Meave, J., M.A. Soto, L.M. Calvo, H. Paz y S. Valencia. 1992. Análisis sinecológico del bosque mesófilo de montaña de Omiltemi, Guerrero. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 52: 31 - 77.
- Mejía, N. 2003. Análisis estructural en una parcela de una hectárea de bosque mesófilo de montaña en el extremo oriental de la Sierra Madre del Sur (Oaxaca), México. Tesis

- de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.
- Mejía-Domínguez, N.R., J.A. Meave y C.A. Ruiz-Jiménez. 2004. Análisis estructural de un bosque mesófilo de montaña en el extremo oriental de la Sierra Madre del Sur (Oaxaca), México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 74: 13-30.
- Mickel, J. y J. M. Beitel. 1988. Pteridophyte flora of Oaxaca, México. *Memoires of the New York Botanical Garden* 46. The New York Botanical Garden. Nueva York.
- Miranda, F. y A. Sharp. 1950. Characteristics of the vegetation in certain temperate regions of eastern Mexico. *Ecology* 31: 313 – 333.
- Moreno, C.E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. Manuales y Tesis Sociedad Entomológica Aragonesa. Zaragoza
- Mueller-Dombois, D., M. Little y T. van der Hammen. 1988. Manual of methods for transect studies. Comparative studies of tropical mountain ecosystems. International Union of Biological Sciences. Lausanne.
- Ocegueda, S. 1991. El análisis estadístico cluster, método y aplicaciones. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.
- Olander, L., F. Scatena y W. Silver. 1998. Impacts of disturbance initiated by road construction in a subtropical cloud forest in the Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico. *Forest Ecology and Management* 109: 33- 49.
- Ortega, F. y G. Castillo. 1996. El bosque mesófilo de montaña y su importancia forestal. *Ciencias* 43: 32 – 39.
- Ostrom, E. y M.B. Wertime. 1995. IFRI Research Strategy. Workshop in political and policy analysis. Indiana
- Oosterhoorn, M. y M. Kappelle. 2000. Vegetation structure and composition along an interior-edge-exterior gradient in a Costa Rica montane cloud forest. *Forest Ecology and Management* 126: 291 - 307.
- Paray, L. 1946. Exploraciones botánicas en el norte del estado de Puebla. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 4: 10 - 12.
- Paray, L. 1948. Exploraciones botánicas en el estado de Hidalgo. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 8: 1 - 7.
- Phillips, E. 1959. *Methods of vegetation study*. Holt. Claremont.

- Puig, H. 1976. *Végétation de la Huasteca, Mexique*. Mission Arqueologique et Ethnologique Française au Mexique. México, D. F.
- Puig, H., R. Bracho y V. Sosa. 1983. Composición florística y estructura el bosque mesófilo de Gómez Farías, Tamaulipas, México. *Biotica* 8 (2): 339 – 359.
- Puig, H. y R. Bracho (editores). 1987. *El bosque mesófilo de montaña de Tamaulipas*. Instituto de Ecología, A. C. México.
- Ramírez-Marcial, N., M. González-Espinosa y G. Williams-Linera. 2001. Anthropogenic disturbance and tree diversity in montane rain forest in Chiapas, Mexico. *Forest Ecology and Management* 153: 311- 326.
- Rzedowski, J. 1970. Notas sobre el bosque mesófilo de montaña en el Valle de México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional* 18: 91 – 106.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Editorial Limusa. México.
- Rzedowski, J. 1992a. Diversidad del universo vegetal de México: Perspectivas de un conocimiento sólido. En: Sarukhán, J. y R. Dirzo (compiladores). 1992. *México ante los retos de la biodiversidad*. pp. 251 - 257. Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad. México.
- Rzedowski, J. 1992b. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Ciencias número especial* 6: 47 – 56.
- Rzedowski, J. 1992c. El endemismo en la flora fanerogámica mexicana: una apreciación analítica preliminar. En: Halffter, G. (compiladores). 1992. *La diversidad biológica de Iberoamérica*. *Acta Zoologica Mexicana*. Volumen I. pp. 337 - 359. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, Instituto de Ecología, A. C. y Secretaría de Desarrollo Social. Xalapa
- Rzedowski, J. 1996. Análisis preliminar de la flora vascular de los bosques mesófilos de montaña de México. *Acta Botanica Mexicana* 35: 25 – 44.
- Ruiz-Jiménez, C., J. Meave y J. Contreras. 1999. El bosque mesófilo de la región de Puerto Soledad (Oaxaca), México: Análisis estructural. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 65: 23 – 38.
- Sánchez-Rodríguez, E., L. López-Mata, E. García-Moya y R. Cuevas-Guzmán. 2003. Estructura, composición y diversidad de especies leñosas de un bosque mesófilo de montaña en la Sierra de Manantlán, Jalisco. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 73: 17 – 34.
- Santiago, A. y E. Jardel. 1993. Composición y estructura del bosque mesófilo de montaña de la Sierra de Manantlán, Jalisco-Colima. *Biotam* 5: 13 - 26.

- SARH e IG (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos e Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México). 1993. Carta forestal 1:250000. Pachuca F1411. Primera edición. México, D. F.
- SMA (Secretaría de Medio Ambiente). 1998. Mapa de suelos dominantes. FAO, UNESCO, ISRIC. Primera aproximación. México, D. F.
- SP (Secretaría de la Presidencia). 1970. Carta de climas. Pachuca 14Q-(IV). México, D. F.
- SPP (Secretaría de Programación y Presupuesto). 1983a. Carta geológica 1:250000. Pachuca F1411. Primera edición. México, D. F.
- SPP (Secretaría de Programación y Presupuesto). 1983b. Carga hidrológica de aguas superficiales 1:250000. Pachuca F1411. Primera edición. México, D. F.
- Sosa, V. y H. Puig. 1987. Regeneración del estrato arbóreo en el bosque mesófilo de montaña. En: Puig, H. y R. Bracho (editores). 1987. El bosque mesófilo de montaña de Tamaulipas. Instituto de Ecología, A. C. México, D. F.
- Statsoft Inc. 1998. Statistica for Windows. Manual Ver. 6.0. Tulsa
- Tanner, E. 1977. Four montain rain forests of Jamaica: A quantitative characterization of the floristics, the soils and the foliar mineral levels, and discussion of the interrelation. *Journal of Ecology* 65: 883 - 918.
- Valdez, V., R. Foroughbakhch y G. Alanís. 2003. Distribución relictual del bosque mesófilo de montaña en el noreste de México. *Ciencia Universidad Autónoma de Nuevo León* VI: 360 - 365.
- Valencia, R. 1995. Composition and structure of an Andean forest fragment in eastern Ecuador. En: Churchill, S.P., H. Balslev, E. Forero y J.L. Luteryn (editores). 1995. Biodiversity and conservation of Neotropical montane forests. *Proceeding of the Neotropical montane forest biodiversity and conservation symposium*. pp. 239 - 249. The New York Botanical Garden. Nueva York.
- Velázquez, A., V. Toledo e I. Luna. 2000. Mexican temperate vegetation. En: Barbour, M. y W.D. Billings (editores). 2000. *North American terrestrial vegetation*. Second edition. pp. 579 - 592. Cambridge University Press. Cambridge
- Velázquez-Rosas, N., J. Meave y S. Vázquez-Santana. 2002. Elevational variation of the leaf traits in Montane Rain Forest Tree Species at la Chinantla, Southern Mexico
- Vázquez-G., A. y T. Givnish. 1998. Altitudinal gradients in tropical forest composition, structure, and diversity in the Sierra de Manantlán. *Journal of Ecology* 86: 999 - 1020.
- Weimer, R. 1996. Estadística. CECSA. México, D. F.

- Williams-Linera, G. 1990. Vegetation structure and environmental conditions of forest edges in Panama. *Journal of Ecology* 78: 356 - 373.
- Williams-Linera, G. 1991. Nota sobre la estructura del estrato arbóreo del bosque mesófilo de montaña en los alrededores del campamento "El Triunfo" Chiapas. *Acta Botanica Mexicana* 13: 1-7.
- Williams-Linera, G. 2002. Tree species richness complementarity, disturbance and fragmentation in a Mexican tropical montane cloud forest. *Biodiversity and Conservation* 11: 1825-1843.
- Williams-Linera, G., I. Pérez-García y J. Tolome. 1996. El bosque mesófilo de montaña y un gradiente altitudinal en el centro de Veracruz, México. *La Ciencia y El Hombre* 23: 149 - 161.
- Zuill, H. y E. Lathrop. 1975. The structure and climate of a tropical montane rain forest and an associated temperate pine-oak-liquidambar forest in the northern highlands of Chiapas, Mexico. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica* 46: 78 - 118.

Apéndice 1. Fórmulas empleadas

Altura (a)

Se calculó la altura midiendo el ángulo de inclinación del límite superior de la copa, empleando un clisímetro y la distancia entre el observador y la base del árbol.

$$a = \tan(\hat{a}) * d + o$$

a = altura

\hat{a} = ángulo del límite superior de la copa

tan = tangente

d = distancia entre el observador y la base del tronco

o = altura de los ojos del observador

Regla de Sturges

Se utiliza para el cálculo del número de intervalos de clase relativos al tamaño de la muestra.

$$k = 1 + 3.322 (\log_{10} n)$$

k = número de clases

n = número de datos

Densidad (D)

Número de individuos por unidad de área

$$D = N/S$$

D = densidad

N = número de individuos

S = área de la parcela del estrato arbustivo (28.27 m²) o del estrato arbóreo (314.15 m²)

Diámetro a la altura del pecho (DAP)

Diámetro a 1.3 m de altura

$$DAP = PAP/\pi$$

DAP = diámetro a la altura del pecho

PAP = perímetro a la altura del pecho

$$\pi = 3.1416$$

Área basal

Espacio ocupado por un individuo

$$AB_2 = (\pi \times r^2)$$

AB_2 = área basal del individuo

$$\pi = 3.1416$$

r = radio del individuo

Área basal por hectárea ($ABha$)

Área basal de los individuos con relación a una hectárea

$$ABha = (ABs * ha) / S$$

$ABha$ = área basal en una hectárea

ha = hectáreas = 10 000 m²

S = área de la parcela del estrato arbustivo (28.27 m²) o del estrato arbóreo (314.15 m²)

Cobertura de la copa (C)

Espacio análogo a una elipse que ocupa el follaje de individuo, considerando que los ejes son los diámetros perpendiculares de la copa.

$$C = \left[\frac{(Dm + dm)}{4} \right]^2 \pi$$

C = cobertura de un individuo

Dm = diámetro mayor de la copa

dm = diámetro menor de la copa

$$\pi = 3.1416$$

Cobertura por hectárea (Cha)

Espacio que ocupan las copas de los individuos en relación a una hectárea

$$Cha = [(Cs)(ha)]/S$$

Cs = cobertura del sitio

ha = hectáreas = 10 000 m²

S = superficie de una parcela del estrato arbóreo (314.15 m²)

Porcentaje de cobertura (PC)

Porcentaje del espacio que ocupan las copas de los individuos en una hectárea

$$PC = Cha/100$$

PC = porcentaje de cobertura

Cha = cobertura por hectárea

Frecuencia absoluta (Fs)

Es el número de sitios en los cuales aparece una especie en relación el total de las muestras.

$$Fs = ns/Nt$$

F = Frecuencia absoluta de una especie

ns = Número de muestras en que aparece una especie

Nt = Número total de muestras = 38

Frecuencia relativa (Fr)

Es la relación que guarda la presencia de una especie con relación al total de las especies presentes en los todos los sitios de muestreo.

$$Fr = (Fs/Ft) * 100$$

Fr = Frecuencia relativa

Fs = Frecuencia absoluta de una especie

Ft = Sumatoria de las frecuencias absolutas

Densidad relativa (Dr)

Es la relación que guarda la densidad de una especie con relación a la densidad total de las muestras.

$$Dr = (Ds/Dt) * 100$$

Dr = Densidad relativa

Ds = Densidad absoluta de una especie

Dt = Densidad total de las especies

Área basal relativa (*ABr*)

Es la relación que guarda el área basal de una especie con relación el área basal total.

$$ABr = (ABsp/ABt)*100$$

ABr = Área basal relativa

ABsp = Área basal de una especie

ABt = Área basal total de las especies

Valor de importancia relativa de una especie (*VIR*)

Contribución de una especie a la estructura de acuerdo a la suma de los valores relativos de frecuencia, densidad y área basal.

$$VIR = Fr + Dr + ABr$$

Fr = Frecuencia relativa

Dr = Densidad relativa

ABr = Área basal relativa

Índice de Jaccard

Similitud con base en los elementos florísticos

$$I_j = c / (a+b-c)$$

I_j = Índice de Jaccard

c = especies compartidas

a = especies presentes en el área A

b = especies presentes en el área B

Apéndice 2. Lista de las especies presentes en los muestras de acuerdo al sistema propuesto por Engler y Diels (1936) para angiospermas y gimnospermas, para pteridophytas y grupos afines se siguió el sistema de Mickel y Beitel (1988). De lado izquierdo se señala la unidad de muestreo donde fue encontrada cada especie. Abreviaturas: H = estrato herbáceo, Ar = estrato arbustivo, A = estrato arbóreo. En negritas la forma de crecimiento. *bejuco y trepadoras leñosas

PTERIDOPHYTA Y GRUPOS AFINES

ASPLENIACEAE

Asplenium sp. H

CYATHEACEAE

Cyathea mexicana Schltld. et Cham. A

DENNSTAEDTIACEAE

Pteridium sp. H

POLYPODIACEAE

Elaphoglossum sp. H

Polypodium spp. H

GYMNOSPERMAE

PINACEAE.

Pinus greggii Engelm. ex Parl. A

P. pseudostrobus Lindl. A

Pinus sp. A

ANGIOSPERMAE

AGAVACEAE

Yucca sp. Ar A

ANACARDIACEAE

Rhus sp. H

APOCYNACEAE

Mandevilla subsagittata (Ruiz et Pav.) Woodson H

AQUIFOLIACEAE

Ilex toluhana Hemsl.

A

ARACEAE

Anthurium sp.

H

Arisaema sp.

H

Zyngonium sp.

H

ARALIACEAE

Oreopanax xalapensis (Kunth) Decne. et Planch.

Ar A

ASTERACEAE

Ageratina ligustrina (DC.) R.M. King et Rob.

H Ar A

Baccharis trinervis Pers.

H Ar A

Eupatorium sp.

H Ar A

Stevia jorullensis Kunth

H Ar A

BETULACEAE

Carpinus caroliniana Walter

A

Ostrya virginiana (Mill.) K. Koch

A

CAPRIFOLIACEAE

Viburnum sp.

A

CELASTRACEAE

Celastrus pringlei Rose

H Ar A*

CLETHRACEAE

Clethra mexicana A. DC.

H Ar A

CLUSIACEAE

Ascyrum hypericoides L.

H

COMMELINACEAE

Commelina sp.

H

CORNACEAE

Cornus disciflora Moc. et Sessé ex DC.

A

C. excelsa Kunth

A

Cornus sp. A

ELAEOCARPACEAE

Sloanea sp. A

ERICACEAE

Befaria laevis Benth. H Ar A

Gaultheria sp. H Ar A

Vaccinium leucanthum Cham. et Schltl. H Ar A

Xolisma squamulosa (M. Martens & Galeotti) Small H Ar A

EUPHORBIACEAE

Cnidoscylus multilobus (Pax.) I. M. Johnst. H

Phyllanthus sp. H

FABACEAE

Centrosema sp. H

Dalbergia palo-escrito Rzed. et Guridi-Gómez A

Desmodium caripense (Kunth) G. Don H

Inga huastecana M. Sousa H Ar A

Lonchocarpus sp. Ar A

Phaseolus sp. H

FAGACEAE

Quercus aff. *eugeniifolia* Liebm. H Ar A

Q. affinis Scheidw. H Ar A

Q. castanea Née A

Q. germana Schltl. et Cham. H Ar A

Q. sartorii Liebm. H Ar A

Quercus sp. A

FLACOURTIACEAE

Xylosma flexuosum (Kunth) Hemsl. H Ar A

GRAMINACEAE

Homolepis glutinosa (Sw.) Zuloaga et Soderstron H

Ichnanthus nemorosus (Sw.) Doell H

HAMAMELIDACEAE

Liquidambar macrophylla Oerst. A

JUGLANDACEAE

Juglans mollis Engelm. Ar A

LABIATAE

Salvia sp. Ar

LAURACEAE

Beilschmiedia mexicana (Mez) Kosterm. H Ar A

Cinnamomum effusum (Meissn.) Kosterm. H Ar A

Ocotea helicterifolia (Meissn.) Hemsl. H Ar A

Persea americana Mill. H

P. liebmannii Mez H Ar A

MALVACEAE

Malvaviscus arboreus Cav. H A

MELASTOMATACEAE

Miconia anisotricha (Schltdl.) Triana H

M. oligotricha (DC.) Naudin H Ar

MELIACEAE

Trichilia havanensis Jacq. H Ar A

MORACEAE

Trophis mexicana (Liebm.) Bureau Ar A

MYRICACEAE

Myrica cerifera L. H Ar A

MYRSINACEAE

Rapanea myricoides (Schltdl.) Lundell H Ar A

MYRTACEAE

Eugenia xalapensis (Kunth) DC. H Ar A

OLEACEAE			
<i>Osmanthus americanus</i> (L.) Benth et Hook. f.			A
ORCHIDACEAE			
<i>Habenaria clypeata</i> Lindl.	H		
OXALIDACEAE			
<i>Oxalis</i> sp.	H		
PAPAVERACEAE			
<i>Bocconia frutescens</i> L.		Ar	
PIPERACEAE			
<i>Peperomia collocata</i> Trel.	H		
<i>Piper auritum</i> Kunth	H	Ar	
<i>Piper</i> spp.	H	Ar	
RHAMNACEAE			
<i>Rhamnus longistyla</i> C.B. Wolf			A
ROSACEAE			
<i>Prunus brachybotrya</i> Zucc.	H		A
<i>Prunus samydoides</i> Schltld.		Ar	A
<i>P. serotina</i> Enrenb. var. <i>capuli</i> (Cav.) McVaugh			A
<i>Prunus</i> sp.			A
<i>Rubus eriocarpus</i> Liebm.	H*		
RUBIACEAE			
<i>Coccocypselum cordifolium</i> Nees et M. Martens.	H		
<i>Hoffmania rotata</i> Donn. Sm.	H	Ar	
<i>Houstonia</i> sp.	H		
<i>Palicourea padifolia</i> (Willd. ex Roem. et Schult.) C.M. Taylor et Lorence	H	Ar	A
<i>Randia aculeata</i> L.	H	Ar	A
RUTACEAE			
<i>Citrus aurantium</i> L.			A
<i>C. limon</i> (L.) Burm. f.		Ar	
<i>Zanthoxylum xicense</i> Miranda		Ar	A

SIMAROUBACEAE

Picramnia xalapensis Planch.

H

SMILACACEAE

Smilax aristolochiifolia Mill.

H*

S. dominguensis Willd.

H Ar*

S. mollis Humb. & Bonpl. ex Willd.

H*

Smilax sp.

Ar A*

S. tomentosa Kunth

H*

SOLANACEAE

Solanum umbellatum Mill.

Ar

Solanum spp.

H Ar

STAPHYLEACEAE

Turpinia occidentalis (Sw.) G. Don

H Ar A

TILIACEAE

Heliocarpus appendiculatus Turcz.

A

Triumfetta dumetorum Schltldl.

Ar

UMBELLIFERACEAE

Arracacia sp.

H

Sanicula liberta Cham. et Schltldl.

H

URTICACEAE

Pilea pubescens Liebm.

H

VITACEAE

Vitis popenoei Fenn.

A*

Parthenocissus sp.

H A*