



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

FACULTAD DE CIENCIAS

**ESTRUCTURA, COMPOSICIÓN Y DIVERSIDAD BETA EN  
UN GRADIENTE ALTITUDINAL DE LOS BOSQUES DE LA  
COMUNIDAD DE  
SANTA MARÍA YAVESÍA, OAXACA.**

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 :

**ESTEBAN EDUARDO BENÍTEZ INZUNZA**

DIRECTORA DE TESIS:

DRA. ROSA IRMA TREJO VÁZQUEZ



FACULTAD DE CIENCIAS  
U.N.A.M.

2006



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.

1. Datos del alumno

Benítez  
Inzunza  
Esteban Eduardo  
56 58 86 24  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Ciencias  
Biología  
99548632

2. Datos del tutor

Dra.  
Rosa Irma  
Trejo  
Vázquez

3. Datos del sinodal 1

Dra.  
María del Consuelo  
Bonfil  
Sanders

4. Datos del sinodal 2

Dra.  
Patricia  
Koleff  
Osorio

5. Datos del sinodal 3

M. en C.  
Eduardo Alberto  
Pérez  
García

6. Datos del sinodal 4

M. en C.  
Susana  
Valencia  
Ávalos

7. Datos del trabajo escrito

Estructura, Composición y Diversidad beta en un gradiente altitudinal de los bosques de la comunidad de Santa María Yavesía, Oaxaca.

68 p  
2006

*Estaba ahí dormido, en la hojarasca  
Soñando su vida en medio del bosque*

*“¡despiértate Choche!”...le dijimos*

*Alejandro lo ayudó a levantarse,  
le ofreció del agua que primero ofrendó a la Tierra,  
y luego, con esa sonrisa curiosa, nos preguntó:*

*“¿qué piensan de estar aquí en Yavesía?”*

Dedicado a la comunidad de Santa María Yavesía  
que lucha incesantemente por sobrevivir según su modo.

y a la memoria de José Luis Jiménez Romualdo

## AGRADECIMIENTOS

Siempre creí que en esta parte uno debía agradecer solamente a las personas que colaboraron de alguna manera con el desarrollo del trabajo. Pero en mi contexto, titularse tiene tal carácter de rito de paso, que dedicaré, por gusto y obligación, unas palabras a los amigos y a los viejos tiempos.

Agradezco a la gente de Santa María Yavesía por haber permitido la realización de este trabajo en su comunidad. Especialmente a las autoridades municipales del periodo 2002-2006, a Mauro, Damián y Laura Cruz, Sótero Ocampo (Choti) y Ana, Rodolfo Cruz (Fito), Alejandro Pérez (Canto) y Fernando Ramos; gracias amigos, este trabajo es para su comunidad. A la Dra. Irma Trejo por haberme dado la posibilidad de realizar esta tesis bajo su dirección. De ella he aprendido mucho, le agradezco su amistad maternal y sus buenos consejos, que me han ayudado a encontrar un cauce para mis inquietudes académicas. También a los que colaboraron en el trabajo de campo: Fernando Camacho, José Luis Jiménez, Verónica y Alejandra Aguilar, Pablo Piña, Santiago Guerrero, etc. Igualmente a Rafael Torres, Susana Valencia y Rosa María Fonseca por ayudarme en la identificación de la mayor parte de los ejemplares botánicos colectados; y a la Dra. Patricia Koleff, Dra. Consuelo Bonfil, M. en C. Eduardo Pérez y M. en C. Susana Valencia por haber revisado este escrito.

A mis padres les agradezco que me hayan permitido estudiar una carrera universitaria, sé que me desean cosas buenas. Los quiero. También a mi hermano Pacs, mi mejor amigo e ídolo de la infancia; que ahora se acerca a dialogar como el maestro que fue cuando niño.

A mis amigos, que son en muchos sentidos como mis hermanos, ya que con ellos he compartido casi todo en mi vida (a ver si los hago reír con algún apodo cotorro): “Dedos” (Ani), “Toui” (Tops), “Papi” (Piña), “Lio Messi” (Frasquito), “Chiter” (Santi), “Jaiba” (Juli), “Puchi”(Nuche), “Más Beibis” (Rodri), “Camellón” (Ivano), “May Flower”(Tribi), “Cap. Cavernícola”(Troglodo),y “El Minto”(Chapo). Agradezco junto con ellos a sus familias, especialmente a los Medel y los Izquierdo, por haberme recibido siempre muy amablemente. También a los integrantes del C.I.: “La encía”(Caballo), “El guerrero”(hormiga caballero), “La Presta”(Pompa), y el “dientes de mazorca”(Muty).

Agradezco especialmente a Kaloki, por quererme y procurarme. Porque empezamos a construir con palabras un puente indestructible. Te amo emosa. También a la familia Nájera-Hernández Cordero por ser tan buenos conmigo, los quiero.

Finalmente, agradezco al Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT), por haberme otorgado una beca de licenciatura como parte del proyecto IN208306-2.

ÍNDICE	Página
Resumen	
Introducción	1
I. Antecedentes	4
I.1. El papel de la Ecología Vegetal en la Biología de Conservación	4
I.1.1. Ecología de comunidades vegetales	5
I.2. Los bosques templados	8
I.2.1. Los bosques templados de la Sierra Norte de Oaxaca	9
I.3. Conservación comunitaria	11
II. Objetivos	14
III. Descripción del área de estudio	15
III.1. Zona de estudio	15
III.2. Relieve	15
III.3. Geología	15
III.4. Hidrología	16
III.5. Clima	16
III.6. Vegetación	20
IV. Método	21
IV.1. Método de muestreo	21
IV.2. Análisis de los parámetros estructurales	23
IV.3. Índices de diversidad	24
IV.4. Análisis estadístico	26
V. Resultados	28
V.1. Composición florística	28
V.2. Estructura	29
V.2.1. Estructura vertical	29
V.2.2. Estructura diamétrica	31
V.2.3. Estructura cuantitativa	34
V.3. Diversidad	40
V.3.1. Diversidad $\alpha$	40
V.3.2. Diversidad $\beta$	41
V.3.2.1. Clasificación	43
V.3.2.2. Relación entre la composición florística y algunas variables ambientales	44
VI. Discusión	46
VI.1. Composición florística	46
VI.2. Estructura	48
VI.3. Diversidad	51
VI.3.1. Diversidad $\alpha$	51
VI.3.2. Diversidad $\beta$	53
VI.4. Reflexión sobre la conservación en comunidades indígenas	56
VII. Conclusiones	58
Literatura citada	59
Apéndice 1	65
Apéndice 2	67

## RESUMEN

El municipio de Santa María Yavesía se localiza en la cabecera de la cuenca del río Papaloapan, en la Sierra de Juárez, Oaxaca. Posee un territorio de aproximadamente 9,000 ha que se extiende en un gradiente altitudinal que va de los 2000 a los 3280 m s.n.m., gran parte del cual se mantiene como área comunal protegida. El objetivo del presente trabajo fue analizar la variación en la estructura, composición y diversidad florística de los bosques templados establecidos en diferentes condiciones físicas a lo largo de dicho gradiente, para lo cual se establecieron diez sitios de muestreo con un área de 1000 m<sup>2</sup> cada uno, en los que se censó a todos los individuos con un DAP $\geq$ 1cm.

Se encontró una alta diversidad de pinos y encinos, que son algunos de los componentes más conspicuos de este tipo de vegetación, con un total de 10 especies de *Pinus* (cerca del 10% de la diversidad mundial), así como 13 de *Quercus* (7.5% de la diversidad nacional). La distribución de estas y otras especies se vio restringida a ciertos intervalos altitudinales. Así, en las partes bajas se encuentran bosques mixtos de *Pinus oaxacana*, *P. lawsoni* y *P. patula* var. *longipedunculata*, acompañados de *Quercus laeta*, *Q. aff. rugosa* y *Q. crassifolia*. En la zona media, alrededor de los 2500 m s.n.m. se encuentran bosques de pino conformados por *P. oaxacana*, *P. leiophylla* y *P. patula* var. *longipedunculata* con un sotobosque constituido principalmente por *Q. crassifolia*. Y finalmente, de los 2900 m s.n.m. en adelante se encuentran bosques de *Quercus ocoteifolia* y comunidades mixtas de *P. ayacahuite* y *Abies hickelii*; así como bosques de *P. hartwegii* localizados en los parteaguas sujetos a fuertes vientos. Las comunidades situadas en la parte alta poseen árboles de mayor altura y diámetro debido a que están dominadas principalmente por coníferas de grandes tallas, como *A. hickelii*, adaptadas a condiciones climáticas más frías y húmedas. Los valores de diversidad local, salvo en el caso de la comunidad de bosque mixto ubicada a 2380 m s.n.m., que sobresale por su excepcional riqueza de encinos, son similares a los encontrados en estudios de otras latitudes utilizando el mismo método. Asimismo, de acuerdo con los análisis de clasificación y ordenación, la variación en la composición entre las comunidades estudiadas está relacionada significativamente con factores asociados a la altitud, como la temperatura media y la evapotranspiración potencial.

Por otro lado, los datos obtenidos a partir de los índices de similitud de Sørensen y Morisita-Horn revelan una alta diversidad beta en la zona. Estos resultados confirman, desde el criterio ecológico, tan relevante para la gestión de recursos, la importancia de que se apoyen y subsidien las prácticas de manejo y conservación que se han llevado a cabo en este sitio durante cientos de años, debido al valor inherente a este tipo de conservación, en el que se rescata la diversidad biológica junto con el modo de vida de la comunidad local.

## INTRODUCCIÓN

El mundo vive una crisis ambiental sin precedentes históricos que se manifiesta en fenómenos tales como el cambio climático global, la extinción masiva de especies y las elevadas tasas de deforestación de los bosques tropicales y templados. Las explicaciones sobre este hecho suelen ser contradictorias, ya que por un lado están quienes apuntan a la sobrepoblación y la pobreza como las culpables del deterioro; y por el otro quienes culpan a la imposición global de la racionalidad económica característica de la sociedad industrial moderna. Más aún, las políticas de conservación en boga tienden cada vez más hacia el modelo preservacionista, en el cual se limita la capacidad de control de las comunidades locales sobre sus recursos, favoreciendo el control estatal y privado, pues la visión de que las poblaciones locales son las que ponen en riesgo la permanencia de la diversidad está muy difundida.

A pesar de sus diferencias, ambas perspectivas subrayan la urgencia de que se genere información de ciencia básica en aquellos lugares reconocidos como *hot-spots* (zonas de alta diversidad), ya que muchos de éstos han sido escasamente estudiados. Esto se refiere tanto a la obtención de inventarios biológicos detallados, como al reconocimiento de los patrones de diversidad que se manifiestan en ellos; con el objetivo final de entender cuáles son los procesos que determinan la diversidad y de qué manera interactúan entre sí.

Los bosques templados son el bioma más rico en especies de nuestro país (Rzedowski, 1991) y al mismo tiempo uno de los más deteriorados debido a los incendios forestales, el cambio de uso del suelo con fines agropecuarios y la sobreexplotación de sus recursos maderables (Velázquez *et al.*, 2002). Este tipo de vegetación está particularmente extendido en las regiones montañosas de los estados



de Chihuahua, Durango y Oaxaca (IFN, 2000), en sitios con una población indígena importante. Particularmente, los bosques de la Sierra Norte de Oaxaca, habitados por comunidades zapotecas y mixes principalmente, han sido reconocidos por su alta diversidad de especies (Arriaga *et al.*, 2000). En esta zona, las comunidades indígenas dueñas de los bosques han sufrido el embate de empresas forestales privadas que durante la segunda mitad del siglo pasado deterioraron de manera importante estos ecosistemas mientras se enriquecieron con el comercio de su madera (Merino, 2004). Sin embargo, durante los últimos años algunas de ellas han logrado recuperar el control sobre su patrimonio de recursos naturales. Tal es el caso de Santa María Yavesía (la comunidad donde se realizó este estudio), cuyos habitantes, en concordancia con su ética ambiental tradicional sostenida por instituciones comunitarias sólidas, decidieron no continuar con el aprovechamiento forestal y optaron por establecer un “área de protección comunitaria” de alrededor de 6000 ha de bosque, buscando medios de desarrollo que fueran congruentes con su cultura, como la fruticultura, que representa su principal actividad productiva, así como la producción sustentable y comercialización de agua embotellada procesada a partir de la que brota de sus manantiales, entre otros proyectos. El hecho de que este comportamiento sea un caso único en la zona ha llevado a que se le reconozca internacionalmente como un ejemplo exitoso de conservación basada en las comunidades, que es aún más sobresaliente si se considera la prácticamente nula influencia que han tenido los actores externos en su organización.

En este contexto, el presente trabajo contribuye a generar información sobre la estructura y composición de los bosques de dicha comunidad, así como sobre los patrones de diversidad que se expresan a lo largo del gradiente altitudinal que cubre su territorio, con la intención de que los resultados puedan por un lado respaldar la iniciativa de la comunidad de conservar su bosque manteniendo las prácticas de manejo

que hasta ahora han tenido y por otro lado contribuir a la discusión acerca de los factores asociados a la diversidad observada, un punto que ha sido de interés para los ecólogos y que también es relevante para la biología de la conservación.

## **I. ANTECEDENTES**

### 1.1. El Papel de la ecología vegetal en la biología de la conservación

La biología de la conservación surgió hace algunas décadas como una ciencia multidisciplinaria que incorporó disciplinas sociales como la antropología, geografía e historia; naturales como la ecología y la sistemática; y prácticas como la ingeniería forestal y la selvicultura, para investigar los efectos de ciertas actividades humanas sobre las poblaciones silvestres, las comunidades biológicas y los ecosistemas; así como desarrollar aproximaciones prácticas para prevenir la degradación del hábitat y la extinción de especies, restaurar ecosistemas, reintroducir especies y restablecer relaciones sustentables entre las comunidades humanas y los ecosistemas (Rozzi *et al.* 2001). En otras palabras, esta disciplina representa un intento de resolver a partir de la interdisciplina, el problema de la desequilibrada relación existente entre la mayoría de las sociedades y el ambiente, que se manifiesta como una crisis (socio)ambiental global sin precedentes históricos. De esta manera, sus líneas de investigación incluyen desde el estudio de las múltiples relaciones que se establecen entre el ser humano y la biodiversidad, hasta el propio estudio de los patrones de diversidad que se manifiestan en los diferentes ecosistemas del mundo, a partir de los cuales se trata de inferir los procesos que la determinan y la manera en que interactúan entre sí.

Una de las ramas de la biología que más ha contribuido a generar conocimiento sobre este tema es la ecología vegetal. En ella se han generado la mayor parte de las teorías y técnicas metodológicas que actualmente se utilizan en cualquier estudio sobre diversidad (Austin, 1999), así como la información necesaria para el desarrollo de planes de manejo y conservación en ecosistemas forestales.

### *1.1.1. Ecología de comunidades vegetales*

Una proporción importante de los estudios en ecología vegetal ha estado dirigida hacia el reconocimiento de la composición y estructura de las comunidades vegetales, es decir, del conjunto de especies que las conforman y el arreglo que éstas toman en el espacio (Hunter, 1999). El estudio de sus atributos fisionómicos, dados por las abundancias y posiciones relativas de las especies (estructura cuantitativa), así como por la estratificación de la cubierta vegetal debida a las formas de crecimiento prevalecientes (estructura vertical), permite el estudio de su diversidad. Y al mismo tiempo, mediante la comparación entre comunidades, la posibilidad de determinar cuales son los factores asociados con ésta. Una inquietud que ha sido manifestada por diferentes biogeógrafos y ecólogos a lo largo de los últimos dos siglos (Trejo y Dirzo, 2002) y que hoy representa el campo de estudio de lo que se ha llamado ecología geográfica o biogeografía ecológica.

Quizá la mayor contribución metodológica para la comprensión de este fenómeno ha sido el estudio de la diversidad en diferentes escalas espaciales, enfoque propuesto originalmente por Whittaker (1960, 1972), quien caracterizó tres distintos niveles de diversidad: las diversidades alfa ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ) y gamma ( $\gamma$ ). La diversidad  $\alpha$  fue definida como el número de especies a nivel local, la diversidad  $\beta$  como la medida de qué tan diferentes son dos comunidades generalmente ubicadas a lo largo de un gradiente ambiental, en términos de la variedad (en trabajos posteriores se incluye también la abundancia) de especies que se encuentran en ellas; y la diversidad  $\gamma$  como la riqueza de especies de un paisaje o región, resultado de la combinación de los dos tipos de diversidad anteriores (Whittaker, 1972; Magurran, 1988). A través de la medición de la diversidad  $\alpha$  y  $\beta$ , podemos aproximarnos a conocer mejor los procesos

que explican los patrones de diversidad de la región en su totalidad (Arita y Rodríguez, 2002).

Gran parte de la discusión que se ha generado en cuanto a la diversidad local está relacionada con los métodos de medición, pues hasta ahora se han originado una gran cantidad de éstos sin llegar a un consenso sobre cuál es el mejor, dichos métodos van desde el simple conteo del número de especies presentes en la localidad (diversidad  $\alpha$  *sensu* Whittaker, 1960), hasta los llamados “índices de heterogeneidad”, que se diferencian entre sí en cuanto al peso que le dan a cada uno de los componentes de la diversidad: la riqueza de especies (S) y la equitatividad (abundancia relativa). Algunos de los más ampliamente usados son el de Shannon-Wiener y el de Margalef ( $D_{Mg}$ ) que dan más peso a la riqueza de especies; así como el inverso de Simpson ( $1/D$ ) que prioriza la abundancia relativa de las especies sobre la riqueza (Magurran, 1988).

Por otro lado, una serie de estudios realizados durante las últimas tres décadas con el objetivo de determinar de qué manera se relaciona la riqueza de especies con diferentes factores ambientales han encontrado correlaciones entre la riqueza local de especies y la cantidad de nutrientes (Grime, 1979), la disponibilidad de agua (Currie, 1991; Gentry, 1988; Pausas, 1994), la energía (Rosenzweig y Abramsky, 1993; Austin et al., 1996), la latitud (p. ej. Stevens, 1992), la altitud (Whittaker, 1975) y el grado de perturbación (Connell, 1978; Huston, 1994). Sin embargo, la información que han generado resulta ser válida solamente en algunos casos concretos y difícilmente puede generalizarse, entre otras cosas debido a que se trata de estudios que consideran un solo factor (Pausas y Austin, 2001).

En comparación con los estudios sobre diversidad local antes mencionados, los estudios sobre diversidad  $\beta$  han recibido poca atención entre los investigadores, a pesar de que registra una faceta fundamental del patrón espacial de la biodiversidad. Sin

embargo, las medidas de diversidad beta han sido empleadas entre otras cosas para analizar el cambio en la composición de especies a lo largo de gradientes ambientales, así como la identificación de límites biogeográficos o patrones de zonas de transición y sus implicaciones para la planeación de la conservación (Koleff *et al*, 2003), pues el entendimiento de la magnitud de los cambios en la composición de las comunidades y la manera en que se arreglan espacialmente es esencial para saber cómo se mantiene la diversidad de especies y determinar qué áreas pueden tener prioridad para ser conservadas (Whittaker, 1972; Ricklefs y Schluter, 1993).

En este caso ha sido igualmente difícil generalizar algún patrón, a pesar de que se ha sugerido que existe una relación entre el recambio espacial de las especies y la latitud (Koleff *et al*, 2003). En cuanto a la manera de medir la diversidad  $\beta$ , existen varios métodos que son útiles de acuerdo con los propósitos de cada estudio (Wilson y Shmida, 1984), sin embargo, las razones para preferir un método sobre otro no son claras. Algunos de los más comúnmente usados en este tipo de estudio son los índices de similitud como el de Sørensen, que considera las similitudes florísticas entre diferentes comunidades, así como el de Morisita-Horn, que además de la similitud florística considera las abundancias relativas de las especies.

## 1.2. Los bosques templados

*“Después que formó el mundo, Dios puso todos los cerros y montañas que le sobraron en Oaxaca”*  
Fray Francisco de Ajordán

México posee más del 12% de la biota total del mundo en un territorio de cerca de dos millones de kilómetros cuadrados (Toledo y Ordóñez, 1993), por tal motivo se le ha reconocido como uno de los países megadiversos, sólo después de Brasil, Colombia e Indonesia (Mittermeier y Mittermeier, 1992). Esta alta diversidad es producto de la gran variación topográfica y climática de su territorio, así como por su historia geológica, pues la biota moderna es resultado del contacto de más de dos biotas ancestrales que conformaron una zona biogeográficamente compleja, que además ha sido escenario de muchos eventos de especiación de los diferentes taxa (Rzedowski, 1978; Ramamoorthy *et al.*, 1993).

Entre los tipos de vegetación que se encuentran en nuestro país destacan los bosques templados por ser los más ricos en especies que cualquier otro bioma (Challenger, 1998), ya que además de ser muy diversos en especies de animales, principalmente vertebrados terrestres (Flores y Geréz, 1989), su riqueza de plantas vasculares representa el 25% de la flora fanerogámica de México (Rzedowski, 1991) a pesar de que cubre tan sólo el 16.9% del territorio nacional (IFN, 2000). Esto se atribuye a que su composición incluye en proporciones más o menos equivalentes, tanto elementos de origen boreal como meridional, así como una importante proporción de elementos endémicos (alrededor del 70%) que son resultado de la conformación de regiones que han funcionado como islas desconectadas de las cordilleras del occidente norteamericano (Rzedowski, 1978).

Las especies de pinos y encinos, que determinan de manera importante la estructura de los bosques templados de México (Nixon, 1993), han experimentado estos procesos biogeográficos a tal grado que las zonas montañosas que poseen este tipo de vegetación en nuestro país se consideran un centro primario de diversidad de pinos (*Pinus* spp) a nivel mundial y de diversidad de encinos (*Quercus* spp) en el hemisferio occidental (Nixon, 1993; Styles, 1993; Challenger, 1998). En México se encuentran cerca de 48 especies de *Pinus* (CONABIO, 1998), que representan poco menos de la mitad de las que se distribuyen en el mundo y alrededor de 160 especies de encinos, de las cuales aproximadamente 94 son endémicas (Valencia, 2001), que constituyen alrededor del 40% de la diversidad mundial (Nixon, 1993).

El uso de los bosques templados con fines agropecuarios, los incendios forestales, así como la sobreexplotación de sus recursos maderables durante décadas, ha ido reduciendo de manera muy importante lo que debió ser su distribución original (de alrededor del 25% del total del territorio nacional, Rzedowski, 1990). Además, de los bosques remanentes, más del 40% muestra síntomas de deterioro, pues son bosques secundarios en los que domina la vegetación arbustiva o herbácea (Velázquez *et al.*, 2002)

### *1.2.1 Los bosques templados de la Sierra Norte de Oaxaca*

Oaxaca, el estado que probablemente posee la mayor riqueza florística del país, con alrededor de 10,000 especies de plantas vasculares (García-Mendoza, 2004), es el tercer estado con mayor área boscosa, sólo después de Chihuahua y Durango (IFN, 2000). Este tipo de vegetación, que se distribuye principalmente en la Sierra Norte, se distingue por su alto número de elementos paleoendémicos (Lorence y García 1989), así como por su riqueza de especies de pinos y encinos, pues se han registrado hasta



ahora 14 especies y 2 variedades de pinos (Styles, 1993; Del Castillo, 2004) así como 52 especies de encinos, siendo uno de los estados con mayor diversidad de ambos géneros (Valencia y Nixon, 2004). A pesar de ser bosques escasamente estudiados (Rzedowski, 1978), se reconocen como altamente diversos y en consecuencia estructuralmente complejos, razón por la cual, de acuerdo con los criterios elaborados por CONABIO (Arriaga *et al.*, 2000) la Sierra Norte fue recientemente declarada área prioritaria para la conservación (Sierras del Norte de Oaxaca-Mixe RTP-130). En este sentido, es alarmante el hecho de que el 76.3% de los bosques templados oaxaqueños sea secundario, y más aún, que sea el estado que tiene la mayor tasa de alteración de estos ecosistemas en la última década (3.2% anual) (Trejo *et al.*, 2005).

### 1.3. Conservación basada en las comunidades en la Sierra de Juárez

*“Even with the evidence that it is our own outside interests that are ultimately responsible for the greater part of tropical deforestation, we continue to place the blame on poverty and on the land practices of the rural sector when they are only the visible symptoms of much deeper underlying problems. More important, our beliefs and assumptions blind us to the fact that, in many cases, the traditional land-use practices of the rural sector are responsible for maintaining and protecting the biodiversity of our wilderness and have often provided the genetic diversity that strengthens the world’s major food crop varieties”*  
Arturo Gómez-Pompa y Andrea Kaus

*“Les pedí [ a los viejos] que me explicaran porqué la gente de Yavesía tiene esta fuerte convicción por conservar sus recursos y cuidarlos...[Me dijeron que] si hay árboles, entonces hay pájaros y hay lluvia, y si no hay árboles, no hay lluvia, y es la lluvia la que trae el agua... y el agua es la vida”.*  
Fernando Ramos, habitante de Yavesía.

La crisis ambiental actual es consecuencia de las formas de producción de la sociedad industrial moderna y en particular del modo de producción capitalista, caracterizado por una “racionalidad económica” que busca la acumulación de capital mediante la sobreexplotación de los hombres (su fuerza de trabajo) y de la naturaleza. Esta racionalidad económica ha sido impuesta desde hace siglos en la vida cultural de los pueblos no occidentales de manera tal que la naturaleza ha dejado de ser referente en la simbolización y significación de las prácticas sociales, potencial de la riqueza material y soporte de la vida espiritual de los pueblos para convertirse en “materia prima”. Generando un tipo de desigualdad social que se manifiesta en procesos de polarización y marginación, con una pobreza estrechamente asociada a la degradación del ambiente, la destrucción de la base de recursos y la desintegración de las formaciones culturales fundadas en identidades étnicas, lenguas autóctonas y prácticas tradicionales (Leff, 2004).

En nuestro país, la adopción de este modelo de desarrollo ha derivado en políticas públicas sociales y económicas que han favorecido a los sistemas productivos empresariales sobre los tradicionales. Un ejemplo muy ilustrativo de este fenómeno

puede reconocerse en la historia de la explotación forestal en la Sierra Norte de Oaxaca, donde desde finales de la Revolución Mexicana se concedió el derecho a la explotación a empresas privadas y paraestatales como la Fábrica de Papel Tuxtepec (FAPATUX), que justificaron su intervención en la sierra basándose en una ideología sostenida en preceptos supuestamente científicos, entre los que sobresale la idea de Hardin (1968) de que la propiedad común lleva irremediabilmente al deterioro:

*”[FAPATUX hace] un uso racional e integral de los bosques, promoviendo procesos de desarrollo social, creando fuentes de trabajo permanentes y productivas en el bosque, evitando con ello que los poseedores de este recurso lo destruyan, dándole un uso inadecuado al suelo arrasando el hábitat, creando erosión y aridez”* (tomado de Bray, 1992).

Los resultados de la exploración y extracción continua (tala selectiva) realizada por ésta y otras empresas fueron un importante deterioro de los ecosistemas forestales de la región aunado a la adquisición de conciencia de los habitantes de las comunidades dueñas de las tierras (que fueron empleados por las empresas forestales) sobre el potencial económico de los recursos de sus bosques (Merino, 2004). Dichas comunidades recuperaron el control sobre sus recursos tras ampararse y derogar el decreto del presidente José López Portillo que permitía renovar indefinidamente las concesiones forestales en esta zona, y muchas de ellas optaron por crear sus propias empresas forestales comunitarias, designando áreas de conservación (que en algunos casos les retribuyen pago por servicios ambientales por captación de agua) así como proyectos ecoturísticos, razón por la cual algunas de ellas recibieron en el 2002 el Premio Nacional Forestal; tal es el caso de Ixtlán de Juárez, Santa Catarina Ixtepeji y

Calpulalpan de Méndez, que aunque presumiblemente realizan una explotación sustentable, han tenido cierta reducción en el área boscosa (Trejo, en prep).

En este contexto resulta sobresaliente la comunidad de Santa María Yavesía, que en concordancia con su ética ambiental tradicional, apoyada en instituciones comunitarias sólidas, optó por conservar su bosque creando una “reserva comunitaria” de alrededor de 6000 ha y establecer proyectos ecoturísticos a pequeña escala, que incluyen el acercamiento a la forma de vida de la comunidad, así como un plan de aprovechamiento sustentable del agua de sus ríos para su envasado y comercialización, aunado a la producción de nueces, manzanas, peras y nísperos, entre otras especies de frutales, actividad que representa su principal fuente de ingresos. De esta manera demuestran que su proyecto de “conservación comunitaria” no es más que una manera de mantener su forma de vida de campesinos zapotecas de la sierra.

## II. OBJETIVOS

### Objetivo General

Reconocer la variación en la composición florística y estructural de los bosques que se establecen en el territorio de la comunidad de Sta. Ma. Yavesía, Oax., a lo largo de un gradiente altitudinal.

### Objetivos Particulares

- Caracterizar la estructura y composición de las comunidades vegetales que se encuentran a lo largo de un gradiente altitudinal que va de los 2000 a los 3150 m s.n.m.
- Analizar los patrones de diversidad local ( $\alpha$ ) y en dicho gradiente (diversidad  $\beta$ ).
- Establecer la relación entre la variación estructural, la composición florística y la diversidad; y algunas variables ambientales, como la altitud y la exposición de las laderas.

### III. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

#### 3.1. Zona de estudio

El municipio de Santa María Yavesía está localizado en el distrito de Ixtlán, ubicado en la Región Centro–Norte del estado de Oaxaca, en la Sierra de Juárez. Abarca un territorio de 9,150 hectáreas localizadas entre las coordenadas 17°08'30"- 17°15'45"N y 96°21'15"- 96°27'45"O y colinda al norte con Santiago Xiacui, al este con Santiago Laxopa, al oeste con San Miguel Amatlán y al sur con Villa Díaz Ordaz, este último pertenece al distrito de Tlacolula (Figura 3).

#### *3.1.2. Relieve*

Comprende un área con un intervalo altitudinal que va de los 1,900 a los 3,280 m s.n.m., con tres cañadas principales y una gran cantidad de cañadas menores que convergen en la del río Yavesía, que corre en dirección noroeste y atraviesa a la comunidad ( situada alrededor de los 2000 m s. n.m.). El rápido descenso en la altitud propicia que se conforme un terreno muy accidentado en el que predominan pendientes entre 16 y 35°.

#### *3.1.3. Geología*

La Sierra Norte de Oaxaca corresponde al terreno tectonoestratigráfico Juárez o Cuicateco, constituido principalmente por rocas ígneas y sedimentarias que resultaron del desarrollo de volcanes submarinos al tiempo que avanzaba el mar durante el Jurásico Tardío-Cretácico, con una estratigrafía constituida por una alternancia de derrames basálticos, tobas, materiales volcanoclásticos y calizas (Delgado-Argote, 1988; Centeno-García, 2004).

En particular, en Santa María Yavesía se presentan dos tipos de roca de acuerdo con su origen: en la parte alta se presenta un sustrato litológico del Oligoceno Superior-Mioceno Inferior de origen ígneo extrusivo, con andesita porfídica de color gris oscuro que intemperiza en colores verde oscuro y café. Por otro lado, en la parte baja, donde se asienta el pueblo, se presentan rocas sedimentarias marinas del Cretácico Inferior, constituidas por estratos de calizas de color gris verdoso oscuro acomodadas en estratos delgados y medianos con impresiones de gasterópodos, intercaladas con lutitas calcáreas en capas medianas de color gris verdoso (SPP, 1984).

#### 3.1.4. Hidrología

En las zonas altas de la cuenca, las rocas funcionan como zonas de recarga de agua, debido a su fracturamiento y a su permeabilidad secundaria (Ramírez *et al.*, 2001), de manera que se trata de una zona de nacimiento de numerosos manantiales. Los principales ríos de la localidad, el Guacamayas y el Socorro, que confluyen en el río Yavesía, son alimentados por un gran número de escurrimientos permanentes y temporales (INEGI, 1999). Estos ríos son considerados los brazos más largos del río Papaloapan, cuyos escurrimientos vierten su contenido en dos direcciones, hacia el valle de Oaxaca (ríos Norato y Cajonos) y hacia el Golfo de México (ríos Socorro, Guacamayas y Yavesía).

#### 3.1.5. Clima

Debido a que hasta ahora no existen estaciones climatológicas en la zona de estudio, para determinar el tipo de clima se utilizaron los datos de dos de las estaciones climatológicas cercanas. La primera ubicada en la comunidad de Cuajimoloyas, a una altitud de 3150 m s.n.m., cuyo clima es similar al que existe en la parte más alta de la cuenca de Santa María Yavesía; y la segunda en

la comunidad de San Pedro Nolasco (o Xiacui), a una altitud de 1950 m s.n.m., que representa al clima ubicado en la región más baja del territorio de la comunidad.

De acuerdo con el sistema de clasificación de Köppen, modificado por García (1988), en la parte alta se presenta un clima semifrío subhúmedo con precipitación de 1,122.7 mm y temperatura media anual de 9.9°C con régimen de lluvias en verano, el cual es fresco y largo. Mientras que en la parte baja el clima es de tipo templado subhúmedo con precipitación de 1,029.7 mm y temperatura media anual de 16.8°C con régimen de lluvias en un verano que también es fresco y largo (Figuras 1 y 2).



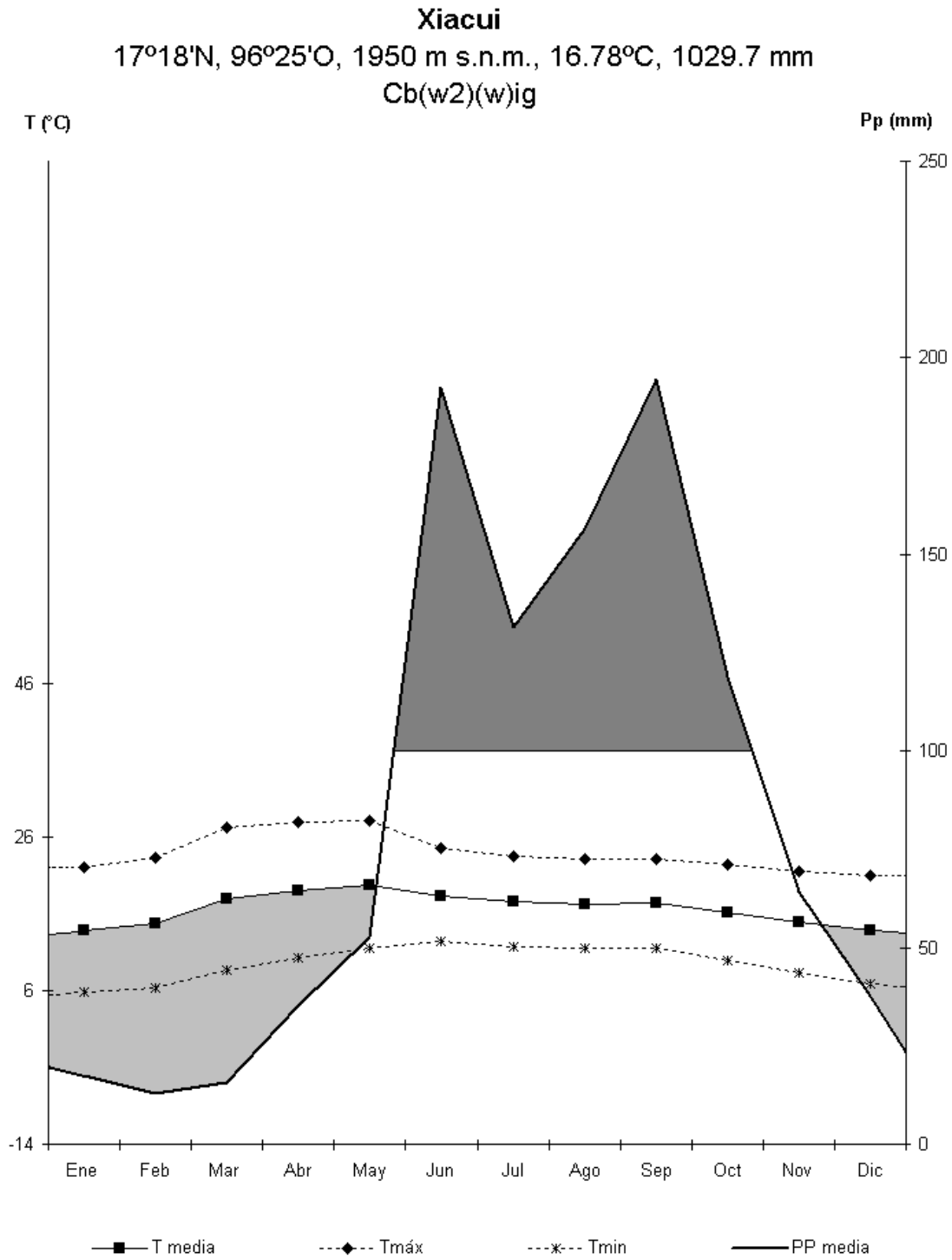


Figura 1. Diagrama ombrotérmico de la estación de San Pedro Nolasco ( o Xiacui), Oaxaca. Datos de 1961 a 1990, tomados del Servicio Meteorológico Nacional.

### Cuajimoloyas

17°06'N, 96°27'O; 3150 m s.n.m., 9.86°C, 1122.7 mm,  
Cb'(w2)(w)ig

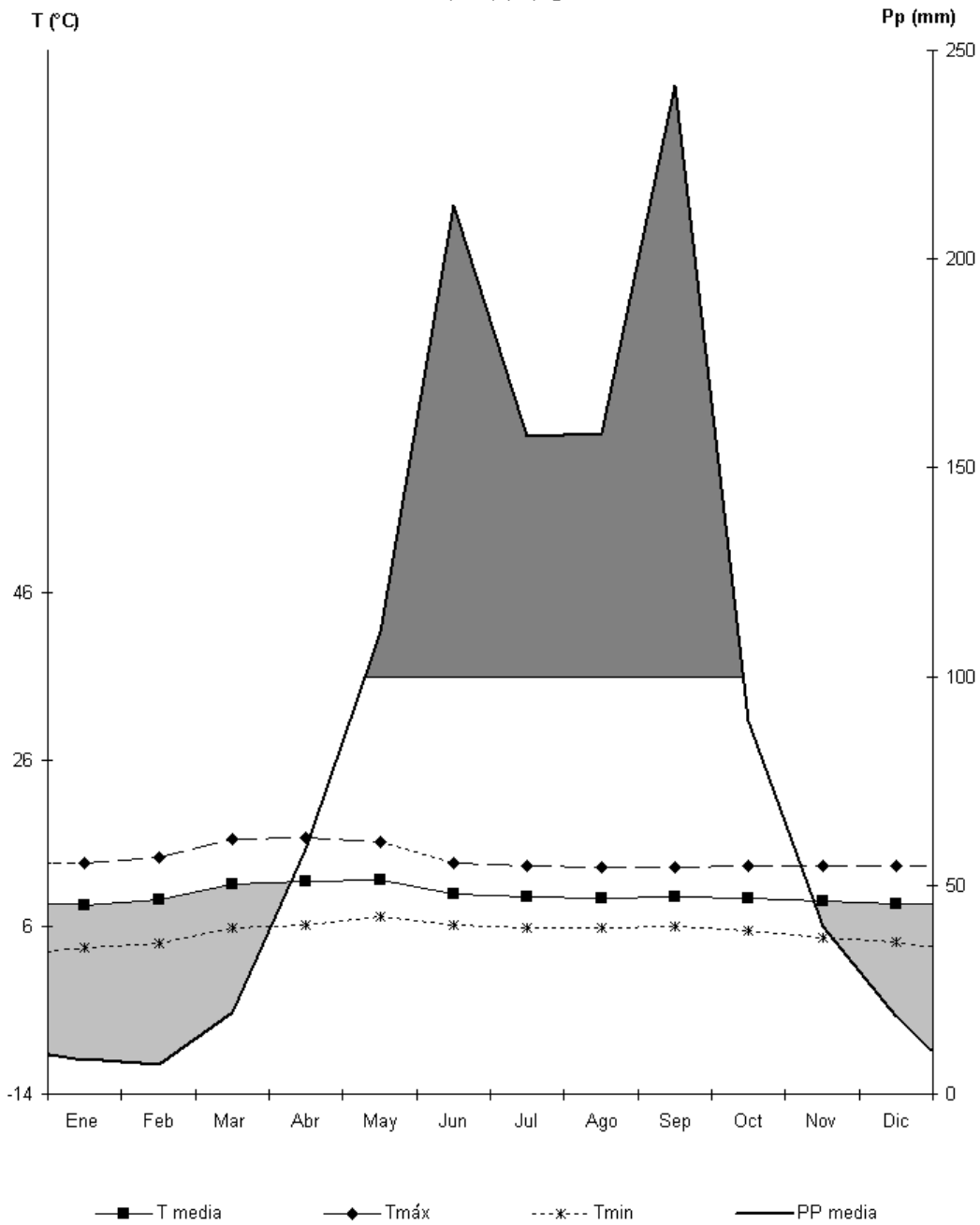


Figura 2. Diagrama ombrotérmico de la estación Cuajimoloyas, Oaxaca. Datos de 1939 al 2001, tomados del Servicio Meteorológico Nacional.

### 3.1.6. Vegetación

A lo largo del gradiente altitudinal que cubre el territorio de Yavesía se encuentran una serie de comunidades vegetales que pueden definirse por su fisionomía, estructura y fenología.

En las parte más alta se encuentran bosques dominados por *Quercus ocoteifolia*, *Abies hickelii*, *Pinus hartwegii* y *P. ayacahuite*, que en algunas zonas se entremezclan conformando asociaciones. Hacia la parte media (2500 m s.n.m.) existen bosques mixtos, en los cuales se encuentran con diferentes abundancias *P. leiophylla*, *P. patula* var. *longipedunculata*, *Q. crassifolia* y *Q. aff. rugosa* . Un poco más abajo, alrededor de los 2300 m s.n.m. hay bosques de *P. oaxacana*, *P. lawsonii*, *Q. crassifolia*, *Q. aff. rugosa*, *Q. obtusata* y *Q. acutifolia* (en este trabajo). Finalmente, hacia los 1,900 m s.n.m. existen encinares caducifolios (*Q. liebmanii*) en los que empiezan a aparecer elementos tropicales, como es el caso del género *Bursera*.

Debido a la presencia de diversos escurrimientos de agua permanentes e intermitentes existen especies que se distribuyen casi exclusivamente en este tipo de hábitats con alta humedad, tal es el caso de *Alnus jorullensis* var. *jorullensis*, *Salix paradoxa*, *Tilia mexicana* y *Telantophora andrieuxii*, entre otras, así como plantas acuáticas como *Hydrocotyle mexicana*.

Además existen parches de vegetación azonal determinados por el sustrato, principalmente en afloramientos rocosos en los que se encuentran diferentes especies de los géneros *Agave*, *Echeverria*, *Hechtia*, *Mammillaria* y *Sedum*.

## IV. MÉTODO

### 4.1. Método de muestreo

Mediante reuniones con la comisión de ecoturismo de la comunidad y la consulta de los ciudadanos que tienen mejor conocimiento del territorio se establecieron diez sitios de muestreo ubicados a diferentes altitudes a lo largo del gradiente, buscando cubrir un intervalo de 1000 m de diferencia en altitud (figura 3). Estos se localizaron sobre laderas de cerros en zonas bien conservadas; en cada uno se determinaron algunas variables físicas como la pendiente, exposición y altitud, que fueron medidas con clisímetro, brújula y altímetro, respectivamente. Se calcularon también los valores de temperatura media anual, que se obtuvieron a partir de los datos de las estaciones de Cuajimoloyas y San Pedro Nolasco mediante la generación de un gradiente térmico definido por la altitud, y a partir del cual se calcularon los valores de evapotranspiración potencial con base en el sistema de Thornthwaite (1948).

En cada sitio se aplicó el método de muestreo propuesto por Gentry (1988) y modificado por Trejo (1998) en el cual se censa el diámetro y la altura de todos los individuos con un diámetro a la altura del pecho (DAP)  $\geq 1$  cm presentes en un total de 10 transectos de 50 m x 2 m (100 m<sup>2</sup>) establecidos al azar para completar 0.1 ha. La principal ventaja de este método es la rapidez en la que se obtienen los datos estructurales, particularmente en bosques localizados en terrenos agrestes (Meave *et al*, 2006). Finalmente, las identidades taxonómicas de los ejemplares botánicos colectados en el campo fueron determinadas con la colaboración de taxónomos especialistas.

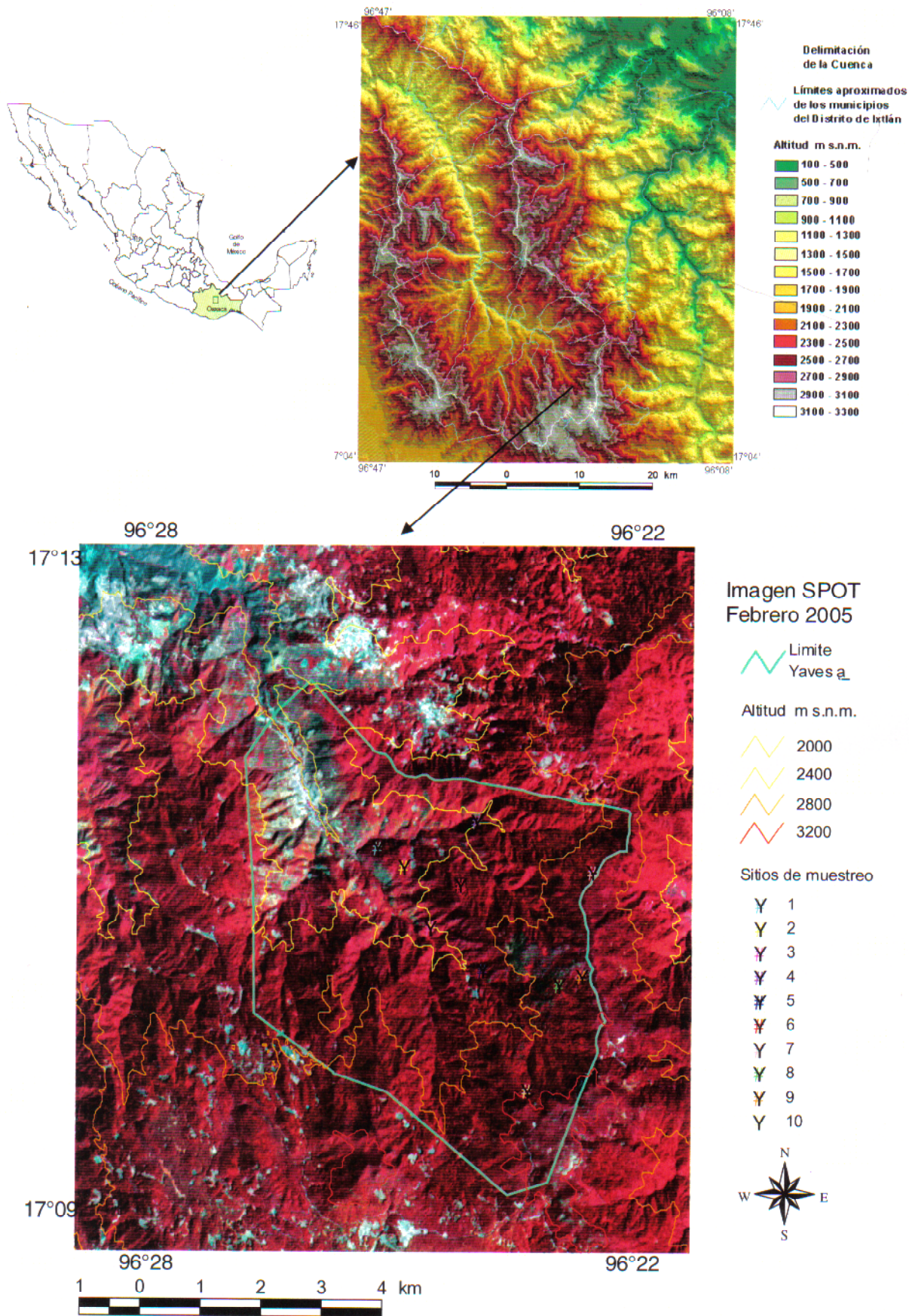


Figura 3. Localización de la zona de estudio y los sitios de muestreo.

#### 4.2. Análisis de los parámetros estructurales

Tras determinar la identidad taxonómica de los ejemplares colectados en el campo, se realizó el análisis de los parámetros estructurales, con el que se completó la descripción del arreglo espacial y de la abundancia relativa de las especies presentes en los sitios analizados.

Éstos son los siguientes:

La abundancia (o densidad), que es el número promedio de individuos de una especie por unidad de área:

$$\text{Abundancia} = \frac{\# \text{ total de individuos de una especie en todos los cuadros (del sitio)}}{\text{superficie del total de cuadros}}$$

La frecuencia, que expresa el porcentaje de unidades o subunidades de muestreo en que se presenta una especie, y se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Frecuencia} = \frac{\# \text{ de cuadros en que apareció la especie}}{\# \text{ total de cuadros}}$$

y finalmente el área basal (o dominancia), que es el área basal promedio de cada especie por unidad de área.

Ya que en estudios comparativos entre dos o más comunidades similares es más conveniente usar valores relativos (van Torenge, 1995), se calcularon los parámetros estructurales en sus valores relativos de la siguiente manera:

La abundancia (o densidad) relativa ( $A_r$ ) es el número de individuos de una especie expresada en por ciento del número total de todas las especies.

$$\text{Abundancia relativa (A)} = \frac{\# \text{ de individuos de cada especie}}{\# \text{ total de individuos}} \times 100$$

La Frecuencia relativa ( $F_r$ ) es el número de veces que aparece una especie, expresada como porcentaje del número total de veces que aparecen todas las especies.

$$\text{Frecuencia relativa (Fr)} = \frac{\# \text{ de veces que aparece la especie}}{\# \text{ de veces que aparecen todas las especies}} \times 100$$

La Dominancia relativa (Dr), que es el área total de una especie expresada en porcentaje del área basal de todas la especies.

$$\text{Domnancia relativa (Dr)} = \frac{\text{Área basal de cada especie}}{\text{Área basal de todas las especies}} \times 100$$

Finalmente, se calcula el Valor de Importancia Relativa (VIR), que es la suma de los valores de abundancia, frecuencia relativa y dominancia relativa, que resume el aporte de cada especie a la fisionomía de la comunidad vegetal (Müeller-Dombois y Ellenberg, 1974; Cruz 1974).

$$\text{Valor de Importancia (VIR)} = Ar + Fr + Dr.$$

$$\text{VIR máx} = 300\%$$

#### 4.3. Índices de diversidad

Para el análisis de la diversidad local y en el gradiente altitudinal se emplearon los datos totales de los muestreos de 0.1 ha.

Para cada sitio se obtuvo la riqueza de especies (S) y se calculó el índice de diversidad local de Shanon-Wiener ( $H'$ ):

$$H' = -\sum(p_i)(\ln p_i)$$

Donde:

$p_i$  = Proporción e individuos encontrados de la especie  $i$  (número de individuos de la especie  $i$  / número de individuos de todas las especies).

A partir del cual se obtuvo el índice de equitatividad (E):

$$E = \frac{H'}{H_{m\acute{a}x}} = \frac{H'}{\ln S}$$

Donde:

S = Número de especies encontradas en el sitio.

También se calculó el inverso del Índice de Simpson(1/D):

$$1/D = \frac{N(N-1)}{\sum n_i}$$

Donde:

N = Número de individuos de todas las especies

$n_i$  = Número de individuos de la especie i.

Así como la  $\alpha$  de Fisher:

$$S = \alpha \log (1 + (N/\alpha))$$

Donde:

S= Número de especies

N= Número de individuos

$\alpha$ = Índice de diversidad

En el caso de la diversidad  $\beta$  se utilizaron los índices de similitud de Sørensen y Morisita-Horn para explorar las relaciones florísticas y de abundancia que existen entre los sitios muestreados.

Índice de similitud de Sørensen:

$$C_s = \frac{2j}{(a+b)}$$

Donde:

j = Número de especies comunes en los dos sitios.

a = Número de especies presentes en el sitio A.



b = Número de especies presentes en el sitio B.

Índice de Morisita-Horn:

$$C_{mH} = \frac{2 \sum (a_n)(b_n)}{(d_a + d_b)(a_N)(b_N)}$$

Donde:

$a_i$  y  $b_i$  = Número de individuos de la especie  $i$  en el sitio A y B, respectivamente.

$a_N$  y  $b_N$  = Número total de individuos en el sitio A y B, respectivamente.

$$d_a = \sum a_i^2 / a_N^2$$

$$d_b = \sum b_i^2 / b_N^2$$

Todos los índices de diversidad fueron calculados utilizando el programa EstimateS versión 7.0 (Colwell, 2004).

#### 4.4. Análisis estadísticos

Para determinar el grado de (di)similitud entre los diferentes sitios como una medida de la diversidad beta se utilizó el método de Ward, un tipo de análisis de clasificación aglomerativo que agrupa jerárquicamente a los sitios de acuerdo con su grado de disimilitud (definida como el cuadrado de la distancia euclidiana), a partir de una matriz de datos cuantitativos (en este caso se usó la dominancia), a partir del cual se obtuvo un dendrograma que representa la similitud entre los diferentes sitios (van Tongeren, 1995). Para lo cual se usó el programa Statistica versión 6.0 (StatSoft, 2001).

Por otro lado, para determinar qué variables ambientales explican mejor los patrones de variación en la composición de especies se utilizaron técnicas de ordenación canónica del programa CANOCO versión 4.02 (Ter Braak y Smilauer, 1998), particularmente el análisis de

correspondencia canónica sin tendencia (DCCA), que utiliza al mismo tiempo los datos de las abundancias de las especies y de las variables ambientales. Con este se obtiene un diagrama en el que los sitios se representan como puntos y las variables como vectores (o ejes), cuya cercanía significativa (menor a 0.5) se interpreta como una correlación positiva entre la variable y la composición del sitio (Ter Braak, 1995).

## V. RESULTADOS

Los sitios muestreados a lo largo del gradiente altitudinal presentaron diferentes características físicas, las cuales se presentan en la tabla 1:

Tabla 1. Características físicas de los sitios de muestreo.

Sitio	Coordenadas	Altitud (m s.n.m.)	Pendiente (°)	Exposición (°)	Evap. Pot. (mm)*	T media anual (°C)*	Comunidad Vegetal
1	17°13'25.608"N, 96°24'57.420"O	2135	25.3	319.9	737.4	15.7	Bosque de <i>P. oaxacana</i> - <i>Q. laeta</i>
2	17°13'07.5"N, 96°24'35.136"O	2341	4.2	240.6	702.2	14.5	Bosque de <i>P. lawsonii</i> - <i>P. oaxacana</i>
3	17°12'25.344"N, 96°24'17.280"O	2347	26.8	203.7	701.2	14.5	Bosque de <i>Pinus-Quercus</i>
4	17°13'44.543"N, 96°23'40.740"O	2380	34.0	318.2	696.1	14.3	Bosque de <i>Pinus-Quercus</i>
5	17°12'01.62"N, 96°23'40.667"O	2547	26.3	219.8	671.5	13.3	Bosque de <i>Pinus</i>
6	17°12'57.384"N, 96°23'51.972"O	2580	26.4	74.7	666.9	13.1	Bosque de <i>Pinus</i>
7	17°13'11.135"N, 96°22'12.756"O	2916	11.1	316.6	624.4	11.2	Bosque <i>Quercus ocoteifolia</i>
8	17°11'43.259"N, 96°22'36.299"O	2933	11.8	320.1	622.4	11.1	Bosque de <i>Pinus</i>
9	17°11'49.740"N, 96°22'17.004"O	3060	22.7	277.2	608.1	10.3	Bosque de <i>Pinus hartwegii</i>
10	17°10'25.356"N, 96°23'01.248"O	3171	25.3	59.2	596.1	9.7	Bosque de <i>A. hickelii</i> - <i>P. ayacahuite</i>

\* Evap. Pot= Evapotranspiración potencial promedio, T. media= Temperatura media anual.

### 5.1. Composición florística

En total se encontraron 25 familias, de las cuales Asteraceae resultó ser la de mayor número de especies (21), seguida por las familias Pinaceae y Fagaceae, cada una con 12. Asimismo, sobresalen las familias Ericaceae, con cinco especies, así como

Rosaceae y Caprifoliaceae, con tres cada una. En la figura 4 se muestran las principales familias encontradas en cada sitio.

Por otro lado, los géneros mejor representados fueron *Quercus*, con 12 especies, *Pinus* con diez y *Eupatorium*, con siete.

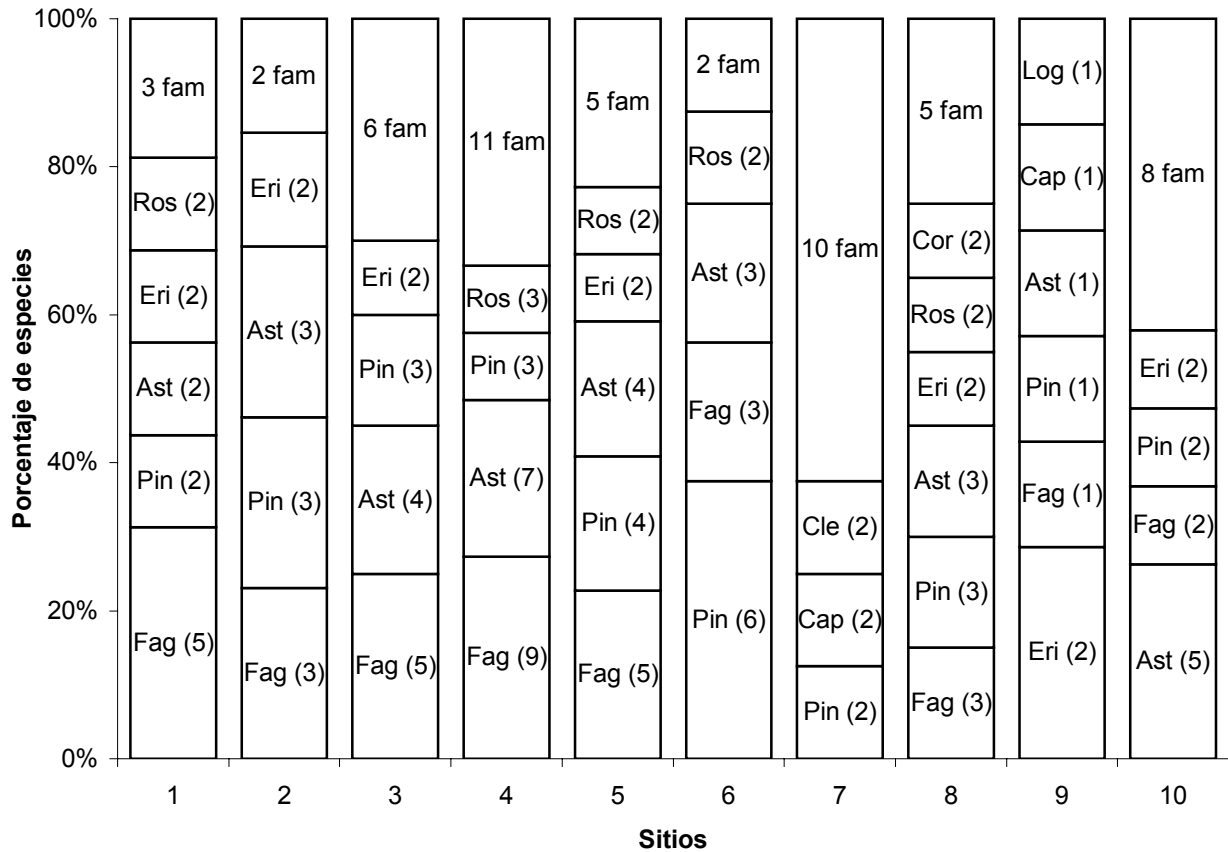


Figura 4. Familias mejor representadas por sitio, entre paréntesis el número de especies. Fag- Fagaceae, Pin- Pinaceae, Ast- Asteraceae, Eri- Ericaceae, Ros- Rosaceae, Cap- Caprifoliaceae, Cle- Clethraceae, Cor- Cornaceae, Log- Loganiaceae, Fam- Otras familias.

## 5.2. Estructura

### 5.2.1. Estructura vertical

A pesar de que ningún histograma mostró discontinuidades claras en la distribución de frecuencias que pudieran indicar la existencia de estratos naturalmente delimitados, las distribuciones de altura de los sitios muestra que existe un estrato arbustivo que

representa entre el 25 y el 40% de los individuos totales en seis de los diez sitios (1, 2, 3, 4, 8 y 10) y en el resto representa más del 15%. En éste se encuentran principalmente árboles pequeños (menores a 3 m de altura) y arbustos. Existe también un estrato constituido por árboles de 3 a 10 m de altura, que representa un estrato muy conspicuo en los sitios 1, 2, 3, 5, 6 y 7, (con entre el 40 y 50% de los individuos), que corresponde principalmente a árboles adultos de los géneros *Quercus*, *Arbutus* e individuos juveniles de *Pinus*. Finalmente, en los sitios del 5 al 10 se presenta un estrato más evidente de árboles de más de 20 m de altura (en todos los que constituye entre el 13 y 17% de los individuos, excepto en el sitio 7, en el que sobrepasa el 29%), que está conformado principalmente por individuos adultos de diferentes especies de *Pinus*, así como por *Abies hickelii* en los sitios 7 y 10, y *Quercus ocoteifolia* en el sitio 7 (tabla 2).

Tabla 2. Distribuciones de frecuencias de altura para los sitios (entre paréntesis se presentan los valores relativos y en negritas los valores más altos de cada sitio).

DISTRIBUCIONES DE ALTURA (m)

Sitio	≤ 1.49	1.5-2.9	3-4.9	5-9.9	10-19.9	20-29.9	≥ 30
1	5 (2.4)	<b>58 (28.1)</b>	39 (18.9)	50 (24.3)	37 (18.0)	17 (8.2)	0
2	8 (3.6)	54 (24.6)	<b>57 (26.0)</b>	51 (23.3)	30 (13.7)	19 (8.7)	0
3	2 (0.9)	53 (25.2)	40 (19.0)	<b>61 (29.0)</b>	45 (21.4)	9 (4.3)	0
4	0	<b>79 (35.9)</b>	46 (20.9)	31 (14.1)	43 (19.5)	21 (9.5)	0
5	2 (0.8)	55 (21.1)	53 (20.4)	<b>58 (22.3)</b>	<b>58 (22.3)</b>	33 (12.7)	1 (0.4)
6	1 (0.6)	27 (16.9)	22 (13.7)	<b>43 (26.9)</b>	40 (25)	25 (15.6)	2 (1.2)
7	3 (2.9)	20 (19.4)	4 (3.9)	20 (19.4)	<b>26 (25.2)</b>	23 (22.3)	7 (6.8)
8	5 (2.1)	<b>80 (33.2)</b>	46 (19.1)	42 (17.4)	36 (14.9)	27 (11.2)	5 (2.1)
9	2 (2.3)	11 (12.9)	8 (9.4)	16 (18.8)	<b>34 (40)</b>	14 (16.5)	0
10	7 (2.9)	<b>88 (37.1)</b>	53 (22.4)	31 (13.1)	24 (10.1)	17 (7.2)	17 (7.2)

### 5.2.2. Estructura diamétrica

En cuanto a las características diamétricas de las comunidades estudiadas, llama la atención el hecho de que en los sitios 1, 2, 4, 8 y 10 exista una gran proporción de individuos con diámetros menores a 5 cm (entre el 35 y 50%) y a 10 cm (entre el 56 y el 71%). Por otro lado, en el caso de los sitios 3 y 5, que también poseen una proporción importante de individuos menores a los 5 cm (alrededor del 30%) y a los 10 cm de DAP (alrededor del 50%), existe una alta proporción de individuos con diámetros entre 10 y 20 cm (alrededor del 30%). Los sitios 6, 7 y 9, que poseen la menor proporción de individuos de diámetros pequeños, son los que tienen la mayor proporción de árboles de más de 20 cm de DAP, con 38, 48 y 53%, respectivamente (tabla 3).

Tabla 3. Distribuciones de frecuencias diamétricas para los sitios de muestreo (entre paréntesis se presentan los valores relativos y en negritas los valores más altos de cada sitio).

DISTRIBUCIONES DIAMÉTRICAS (cm)							
Sitio	≤ 2.4	2.5-4.9	5-9.9	10-19.9	20-29.9	30-49.9	≥ 50
1	42 (20.3)	36 (17.4)	42 (20.3)	<b>50 (24.1)</b>	11 (5.3)	16 (7.7)	10 (4.8)
2	43 (19.6)	35 (16.0)	<b>46 (21.0)</b>	42 (19.2)	17 (7.8)	25 (11.4)	11 (5.0)
3	34 (16.2)	28 (13.3)	45 (21.4)	<b>61 (29.0)</b>	27 (12.8)	12 (5.7)	3 (1.4)
4	<b>63 (28.5)</b>	38 (17.2)	34 (15.4)	36 (16.3)	14 (6.3)	27 (12.2)	9 (4.1)
5	34 (13.1)	44 (16.9)	47 (18.1)	<b>82 (31.5)</b>	23 (8.8)	20 (7.7)	10 (3.5)
6	22 (13.7)	8 (5.0)	32 (20.0)	<b>37 (23.1)</b>	14 (8.7)	26 (16.2)	21 (13.1)
7	13 (12.5)	11 (10.6)	9 (8.6)	<b>21 (20.2)</b>	15 (14.4)	16 (15.4)	19 (18.3)
8	<b>70 (29.0)</b>	46 (19.1)	35 (14.5)	41 (17.0)	17 (7.05)	10 (4.1)	22 (9.1)
9	5 (5.9)	6 (7.05)	9 (10.6)	20 (23.5)	14 (16.5)	<b>24 (28.2)</b>	7 (8.2)
10	48 (20.2)	<b>71 (29.8)</b>	51 (21.4)	23 (9.7)	11 (4.6)	14 (5.9)	20 (8.4)

Cuando se desglosa la estructura diamétrica de las comunidades en la de las poblaciones de las especies con mayores valores de importancia (figura 5), se reconoce en casi todos los casos una cantidad importante de individuos adultos de *Pinus* y *Abies hickellii*, así como de *Q. ocoteifolia* en el caso del sitio 7. Por otro lado, ya que la mayoría de los encinos son de tallas menores a las de los pinos y oyameles, sus poblaciones constituyen un estrato arbóreo intermedio, aunque en el caso de los sitios 2, 4, 5, 6 se distingue la presencia de algunos individuos con diámetros mayores a los 30 cm. Finalmente, las poblaciones de especies como *Litsea neesiana* (sitio 10), *Comarostaphylis discolor* (sitio 9) y *Telantophora andrieuxii* (sitio 8), que tuvieron valores de importancia altos gracias a la gran cantidad de individuos que se encontraron, poseen diámetros pequeños, y constituyen, junto con los individuos juveniles de las especies antes mencionadas, el estrato más bajo.

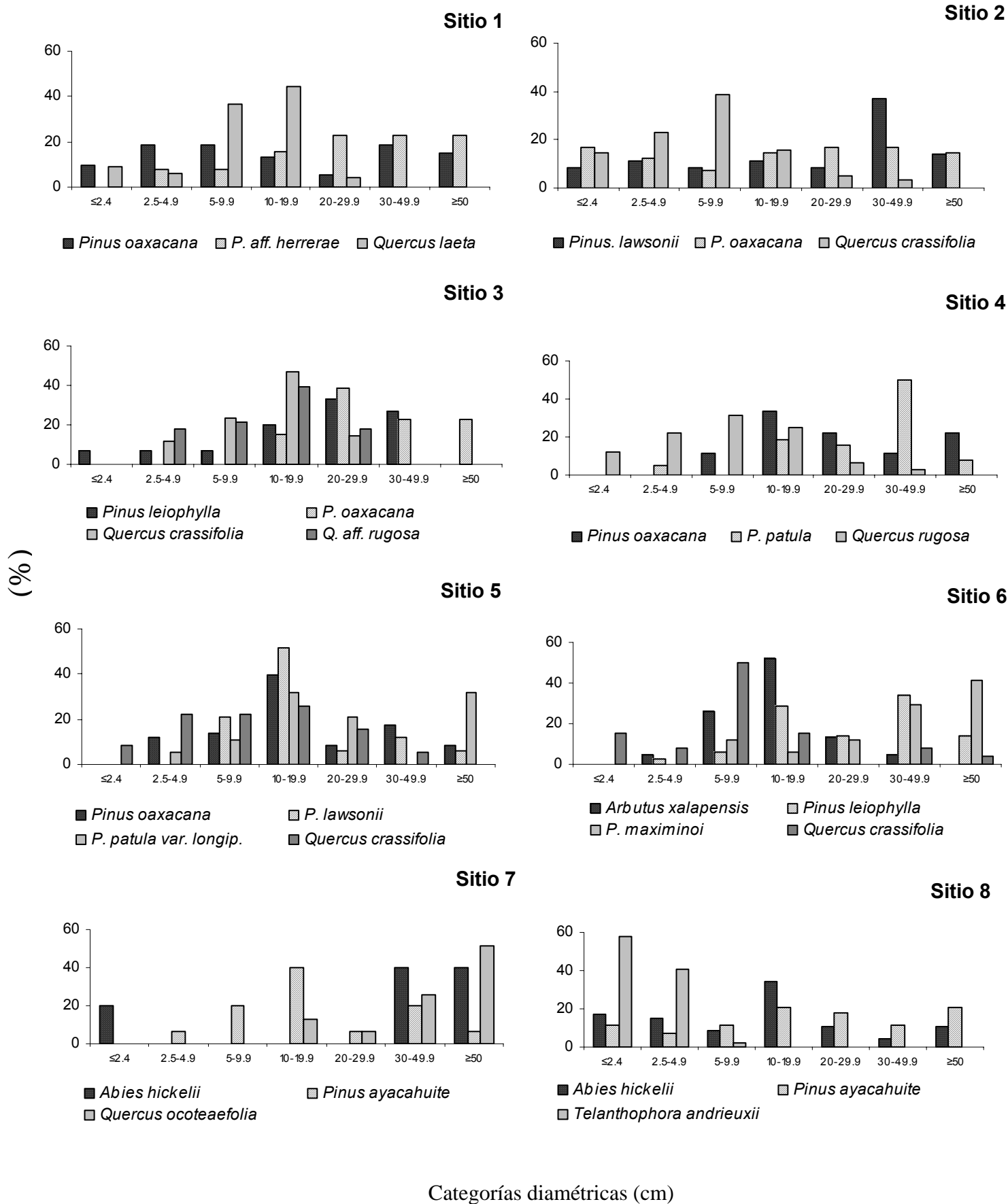
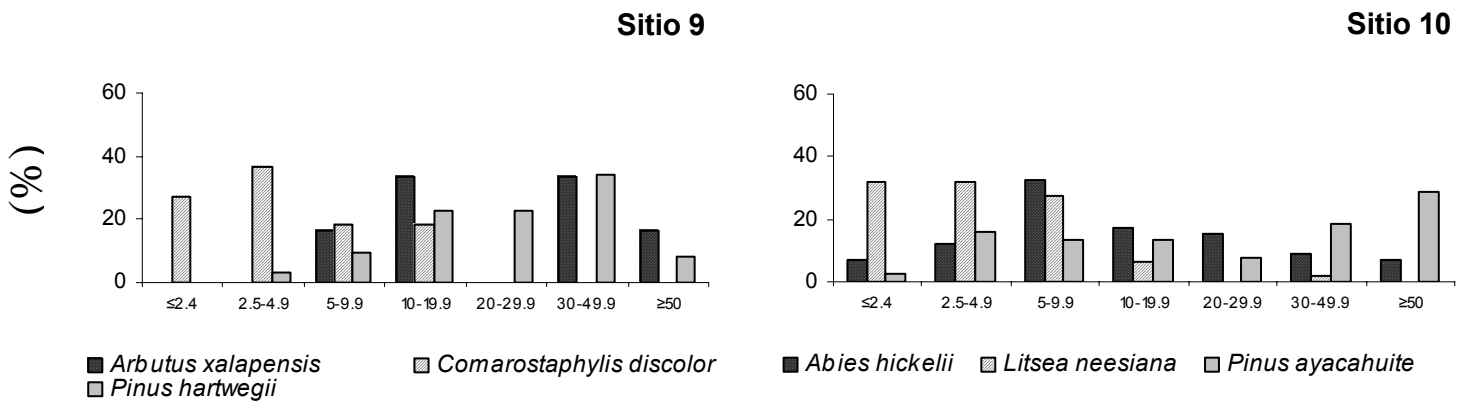


Figura 5. Estructura diamétrica de las especies más dominantes de cada sitio.





Categorías diamétricas (cm)

Figura 5. Estructura diamétrica de las especies más dominantes de cada sitio.

### 5.2.3 Estructura cuantitativa

#### Frecuencia

Las especies más frecuentes fueron en casi todos los casos árboles de los géneros *Abies* (*Abies hickelii*), *Pinus* y *Quercus*, aunque resalta el hecho de que algunas especies de arbustos se hayan encontrado con alta frecuencia en diversos sitios, tal es el caso de *Litsea neesiana* en los sitios 4, 8 y 10; *Telanthophora andrieuxii* en los sitios 8 y 10; *Comarostaphylis discolor* en los sitios 8, 9 y 10; así como *Cercocarpus macrophyllus* y *Arctostaphylos pungens* en el sitio 1 (tabla 4).

Tabla 4. Especies con mayor frecuencia relativa para cada sitio. En negritas los valores más altos.

Especie	FRECUENCIA RELATIVA									
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
<i>Abies hickelii</i>							10.6	<b>12.2</b>		<b>12.4</b>
<i>Arbutus xalapensis</i>	9.1	<b>16.4</b>	<b>11.5</b>	5.7	10.8	<b>15.3</b>		1.2	15.4	2.5
<i>Arctostaphylos pungens</i>	12.1	1.6	1.3						3.8	
<i>Cercocarpus macrophyllus</i>	10.6		1.3	2.8	1.5	1.7		1.2		
<i>Clethra konzattiana</i>							8.5			
<i>Comarostaphylis discolor</i>					1.5		2.1	9.8	19.2	8.6
<i>Litsea neesiana</i>				7.6	3.1	1.7	2.1	7.3		<b>12.4</b>
<i>Pinus ayacahuite</i>							12.8	<b>12.2</b>		<b>12.4</b>
<i>P. hartwegii</i>									<b>38.5</b>	
<i>P. aff. herrerae</i>	10.6			1.9						
<i>P. maximinoi</i>						8.5				
<i>P. tecunumanii</i>						5.1				
<i>P. lawsonii</i>		<b>16.4</b>			7.7					
<i>P. leiophylla</i>		4.9	10.3			13.6				
<i>P. oaxacana</i>	<b>15.2</b>	<b>16.4</b>	7.7	6.7	<b>15.4</b>	3.4				
<i>P. patula longipedunculata</i>			<b>11.5</b>	<b>9.5</b>	9.2	5.1		6.1		
<i>Quercus acutifolia</i>	6.1	1.6	2.6	5.7						
<i>Q. crassifolia</i>	9.1	<b>16.4</b>	<b>11.5</b>	3.8	<b>15.4</b>	<b>15.3</b>				
<i>Q. glabrescens</i>								6.1		9.9
<i>Q. laeta</i>	<b>15.2</b>									
<i>Q. obtusata</i>	1.5	14.8	11.5							
<i>Q. ocoteifolia</i>					3.1		<b>21.3</b>	4.8	7.7	
<i>Q. aff. rugosa</i>			9	<b>9.5</b>	7.7	11.9				
<i>Roldada sartorio</i>				3.8					7.7	
<i>Sambucus mexicana</i>							10.6		3.8	
<i>Telanthophora andrieuxii</i>								8.5		8.6
Σ Fr	89.5	88.5	78.2	57	75.4	81.3	68.1	69.4	96.2	66.8

### Densidad

En cuanto a la densidad, una vez más las especies arbóreas de los géneros *Abies*, *Pinus* y *Quercus* resultan ser las más importantes. Destaca el caso de *Pinus hartwegii*, que en el sitio 9 tiene una densidad relativa del 72.9%, así como el de *Q. laeta* y *Q. crassifolia*, que representan cerca de una tercera parte del total de individuos de los sitios 2 y 3, respectivamente (tabla 5). En cuanto a los arbustos, llama la atención *Telanthophora andrieuxii*, que resultó ser la especie más abundante del sitio 8.

Tabla 5. Especies con mayor densidad relativa para cada sitio. En negritas los valores más altos por sitio.

Especie	DENSIDAD RELATIVA									
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
<i>Abies hickelii</i>							5	19.9		<b>24.4</b>
<i>Arbutus xalapensis</i>	4.9	7.7	<b>18.6</b>	2.7	12.7	15.1		1.2	7.1	0.8
<i>Arctostaphylos pungens</i>	8.3	0.5								
<i>Calliandra grandiflora</i>			8.6							
<i>Cercocarpus macrophyllus</i>	5.9		0.5	2.3	0.4	0.6		0.4		
<i>Cestrum laxum</i>				5.0				1.2		0.4
<i>Clethra conzattiana</i>							10			
<i>Comarostaphylis discolor</i>					0.8		1	5.4	12.9	6.3
<i>Litsea neesiana</i>				10.1	0.8	0.6	1	8.7		18.9
<i>Lycianthes</i> sp.							14			
<i>Pinus ayacahuite</i>							15	18.7		16.8
<i>P. hartwegii</i>									<b>72.9</b>	
<i>P. lawsonii</i>		15.9			12.7					
<i>P. leiophylla</i>		1.4	7.1			<b>22.0</b>				
<i>P. maximinoi</i>						10.7				
<i>P. tecunumanii</i>						7.6				
<i>P. oaxacana</i>	25.9	19.1	6.2	4.1	<b>22.7</b>	1.3				
<i>P. patula longipedunculata</i>			6.7	<b>17.4</b>	6.2	6.9		2.1		
<i>Perottetia ovata</i>					7.3					
<i>Quercus crassifolia</i>	6.8	<b>37.7</b>	16.2	6.4	<b>22.7</b>	16.4				
<i>Q. glabrescens</i>				2.7				4.6		7.6
<i>Q. laeta</i>	<b>33.2</b>			0.5						
<i>Q. obtusata</i>	0.5	10.0	12.9							
<i>Q. ocoteifolia</i>				0.9	0.8		<b>31</b>	1.7	2.4	
<i>Q. aff. rugosa</i>			13.3	14.6	3.1	6.9				
<i>Roldada sartorio</i>				2.7					2.4	2.9
<i>Sambucus mexicana</i>							8		1.2	
<i>Telanthophora andrieuxii</i>								<b>22.0</b>		9.7
Σ Dr	85.4	92.3	90.1	69.4	90.0	88.1	85	85.9	98.8	87.8

### Dominancia

Como era de esperarse, las especies dominantes son principalmente de forma de vida arbórea. Aquí una vez más resalta *P. hartwegii* en el sitio 9, que ocupó el 82.7% del área basal total del sitio; así como *Q. ocoteifolia*, que en sitio 7 representó el 74%. Algo parecido ocurre con *P. ayacahuite* en el 10 y *P. oaxacana* en los sitios 1 y 5, respectivamente. Esto representa más de la mitad del área basal

de cada sitio (tabla 6). Otro aspecto importante es que, salvo en el caso de *Q. ocoteifolia* en el sitio 7, prácticamente ninguna otra especie de encino es dominante, esto se debe a que a pesar de que son abundantes, sus troncos no alcanzan el área basal que tienen los pinos y oyameles.

Tabla 6. Especies con mayor dominancia relativa para cada sitio. En negritas los valores más altos (%).

DOMINANCIA RELATIVA										
Especie	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
<i>Abies hickelii</i>							11.2	16.6		21.6
<i>Alnus jorullensis</i> var. <i>jorullensis</i>				0.1		0.6				1.5
<i>Arbutus xalapensis</i>	1.3	2.5	10.2	4	5.6	3.8		1.2	9.3	0.4
<i>Buddleia cordata</i>									4.4	
<i>Clethra konzattiana</i>							3.6			
<i>Comarostaphylis discolor</i>							0.2	0.8	0.8	0.9
<i>Litsea neesiana</i>				0.2				0.9		1.7
<i>Pinus ayacahuite</i>							6.5	<b>38.5</b>		<b>62.6</b>
<i>P. hartwegii</i>									<b>82.7</b>	
<i>P. aff. herrerae</i>	23.8			10.3						
<i>P. lawsonii</i>		<b>39.8</b>			13.5					
<i>P. leiophylla</i>		2.3	13.4			<b>30.7</b>				
<i>P. maximinoi</i>						26				
<i>P. tecunumanii</i>						16.2				
<i>P. oaxacana</i>	<b>52.3</b>	34.8	<b>30.2</b>	14.8	<b>50.1</b>	5.3				
<i>P. patula</i> var. <i>longipedunculata</i>			6.5	<b>42.1</b>	14.5	6.2		13.5		
<i>Prunus serotina</i> subs. <i>capuli</i>							1.1			
<i>Quercus acutifolia</i>	2.9		1.8	6.4						
<i>Q. crassifolia</i>	1.7	11.9	11.5	5.8	11.2	5.8				
<i>Q. glabrescens</i>				1.1				9.7		
<i>Q. laeta</i>	16.8			0.2						
<i>Q. laurina</i>								16.1		
<i>Q. obtusata</i>		8.2	10.3							
<i>Q. ocoteifolia</i>				0.5			<b>74</b>	0.1	2.2	
<i>Q. aff. rugosa</i>			15.5	6.5	1.5	1.1				
Σ Dom r	98.8	99.5	99.4	92.0	96.4	95.7	96.6	97.4	99.4	88.7

#### Valor de importancia relativa

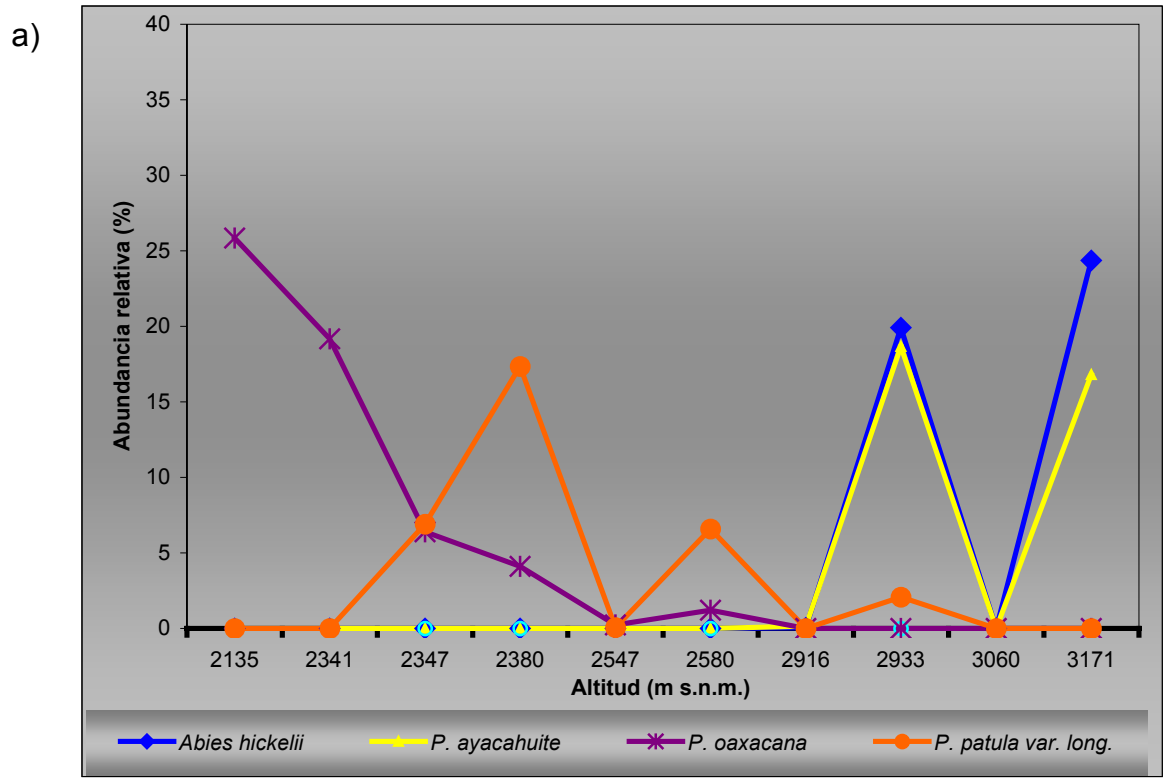
El valor de importancia, que expresa qué tanto aporta una especie a la fisonomía de la comunidad vegetal, encuentra sus valores más altos, salvo en el sitio 7, en seis especies de *Pinus*: *P. ayacahuite*, *P. lawsonii*, *P. leiophylla*, *P. oaxacana*, *P. patula* var. *longipedunculata* y *P. hartwegii*. En

el caso del sitio 7 el valor de importancia relativa más alto es el de *Q. ocoteifolia* (42%), a tal grado que podríamos caracterizar esta comunidad como una "consociación" (dominada por una sola especie) de *Q. ocoteifolia*, lo mismo ocurre en el sitio 9, en el que *P. hartwegii* tiene un valor e importancia relativa muy alto (64.7%; tabla 7).

Tabla 7. Especies con mayor valor de importancia relativa para cada sitio (ajustados al 100%). En negritas los valores más altos para cada sitio.

VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA										
Especie	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
<i>Abies hickelii</i>							9.0	16.2		19.4
<i>Arbutus xalapensis</i>	5.1	8.9	13.4	4.2	9.7	11.4		1.2	10.6	1.2
<i>Clethra conzattiana</i>							7.4			
<i>Comarostaphylis discolor</i>					0.7		1.1	5.3	10.2	5.3
<i>Lycianthes</i> sp.							6.9			
<i>Litsea neesiana</i>				6.0	1.3	0.8	1.0	5.6		11.0
<i>Pinus ayacahuite</i>							11.4	<b>23.1</b>		<b>30.6</b>
<i>P. aff. herrerae</i>	13.6			4.5						
<i>P. lawsonii</i>		<b>24.1</b>			11.3					
<i>P. leiophylla</i>		2.9	10.3			<b>22.1</b>				
<i>P. oaxacana</i>	<b>31.1</b>	23.4	<b>14.7</b>	8.5	<b>29.4</b>	3.3				
<i>P. patula</i> var. <i>longipedunculata</i>			8.2	<b>23.0</b>	10.0	6.1		7.2		
<i>P. maximinoi</i>						15.1				
<i>P. tecunumanii</i>						9.6				
<i>P. hartwegii</i>									<b>64.7</b>	
<i>Quercus acutifolia</i>	4.5	1.0	1.5	5.4						
<i>Q. crassifolia</i>	5.9	22.0	13.0	5.3	16.4	12.5				
<i>Q. glabrescens</i>				2.5				6.8		9.2
<i>Q. laeta</i>	21.7			0.6						
<i>Q. laurina</i>						1.6		8.4		0.7
<i>Q. obtusata</i>	0.8	11.0	11.6							
<i>Q. ocoteifolia</i>				1.1	1.3		<b>42.0</b>	2.2	4.1	
<i>Q. aff. rugosa</i>			12.6	10.2	4.1	6.7				
<i>Telanthophora andrieuxii</i>								10.4		6.3
<b>Σ de VI</b>	82.6	93.3	84.6	71.1	84.2	89.2	78.8	86.6	89.6	83.6

La distribución de algunas especies que representan componentes principales de las comunidades vegetales consideradas en este estudio está restringida a ciertos intervalos altitudinales (Figura 6a y b), y a lo largo de ésta presentan abundancias sumamente variables. Por un lado, resulta llamativo el hecho de que todos los encinos, excepto *Q. ocoteifolia*, sean abundantes en altitudes bajas y medias, y desaparezcan en altitudes mayores. En el caso de los pinos y oyameles también se reconocen restricciones en sus distribuciones, sólo que en este caso existen representantes del género a todo lo largo del gradiente, por ejemplo *P. oaxacana*, se distribuye principalmente en altitudes medias y bajas, mientras que *Abies hickelii*, *P. ayacahuite* y *P. hartwegii* se distribuyen únicamente en las partes más altas, de manera que en estos ejemplos se observa un claro recambio de especies a lo largo del gradiente altitudinal.



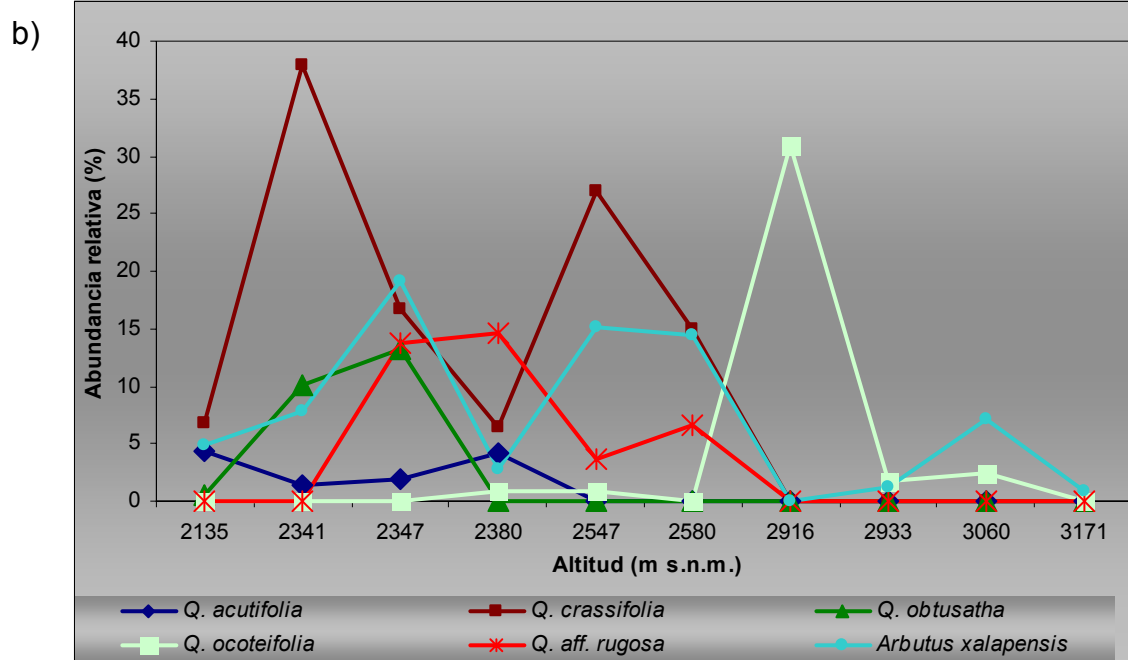


Figura 6. Distribuciones altitudinales de las principales especies de Pinaceae (a) y latifoliadas (b). En la figura 6a Se excluyó *P. hartwegii*, que solo se presentó en el sitio 9, en el cual constituye el 73% de los individuos.

### 5.3. Diversidad

#### 5.3.1. Diversidad $\alpha$

Todos los índices de diversidad  $\alpha$  registraron sus valores más altos en el sitio 4, mientras que los más bajos ocurrieron en el sitio 9 (tabla 8). En cuanto al índice de diversidad de Shanon-Wiener que prioriza la riqueza de especies sobre la abundancia, los valores obtenidos fueron de 1 a 2.9. La equitatividad, calculada a partir este índice, tiene valores muy parecidos en casi todos los sitios (0.7-0.8). En el caso del índice de diversidad de Simpson, que prioriza la abundancia sobre la riqueza de especies, resultaron ser más marcadas las diferencias de diversidad de los sitios, ya que los valores

fluctuaron entre 1.8 y 13.1. Por último, el  $\alpha$  de Fisher muestra valores similares a los que se obtuvieron a partir este último índice (tabla 8).

Tabla 8. Diferentes índices de diversidad local ( $\alpha$ ) para cada sitio. S= Riqueza de especies. H'= índice de diversidad de Shannon-Wiener. 1/D= Inverso de Simpson. EH'= índice de equitatividad de Shannon-Wiener

<b>Sitio</b>	<b>S</b>	<b>H'</b>	<b>1/D</b>	<b>EH'</b>	<b><math>\alpha</math>-Fisher</b>
<b>1</b>	16	2.0	5.1	0.7	4.1
<b>2</b>	13	1.8	4.5	0.7	3.0
<b>3</b>	20	2.4	8.6	<b>0.8</b>	5.1
<b>4</b>	<b>33</b>	<b>2.9</b>	<b>13.1</b>	<b>0.8</b>	<b>10.8</b>
<b>5</b>	22	2.2	6.9	0.7	5.7
<b>6</b>	17	2.3	8.8	<b>0.8</b>	4.7
<b>7</b>	16	2.2	6.6	<b>0.8</b>	5.4
<b>8</b>	20	2.3	7.4	<b>0.8</b>	5.2
<b>9</b>	7	1.0	1.8	0.5	1.8
<b>10</b>	19	2.2	7.1	<b>0.8</b>	4.9

### 5.3.2. Diversidad $\beta$

Los índices de similitud, que son una medida de diversidad  $\beta$  entre pares de comunidades, muestran valores bajos en la mayoría de los casos. El índice de Sørensen, que se obtiene a partir de una matriz de ausencia-presencia muestra que en más del 35% de los casos las similitudes entre los sitios son menores al 20%, y alrededor del 65% presentan similitudes menores al 30%. De acuerdo con este índice las mayores similitudes se encontraron entre los sitios 8 y 10 (71.7%), 1 y 2 (55.2%); y 2 y 3 (48.5%).

Por otro lado, el índice de similitud de Morisita-Horn, que además de la riqueza de especies considera las abundancias, subraya mucho más estas diferencias, ya que poco menos del 65% de



los valores expresan similitudes menores al 20% y poco más del 70% similitudes menores al 30% (tabla 9). En este caso las mayores similitudes se presentaron entre los sitios 8 y 10 (88.5%), 2 y 5 (86.2%); y 3 y 5 (63.6%).

Tabla 9. Índices de similitud Sørensen y Morisita-Horn entre pares de comunidades expresados en porcentajes. En negritas los valores más altos de cada sitio.

SØRENSEN										
Sitio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>1</b>	-	<b>55.2</b>	44.4	28.6	21.0	24.2	0	11.1	8.7	5.7
<b>2</b>	38.1	-	<b>48.5</b>	26.1	22.8	33.3	0	6.1	10.0	6.3
<b>3</b>	24.7	61.0	-	37.7	33.3	37.8	0	15.0	7.4	5.1
<b>4</b>	15.5	23.3	<b>51.2</b>	-	<b>43.6</b>	<b>44.0</b>	12.2	30.2	15.0	30.8
<b>5</b>	<b>46.4</b>	<b>86.2</b>	<b>63.6</b>	38.4	-	41.0	26.3	38.1	20.7	29.3
<b>6</b>	12.9	42.9	<b>62.7</b>	37.0	46.0	-	12.1	27.0	8.3	27.8
<b>7</b>	0	0	0	3.4	1.8	0.4	-	<b>44.4</b>	<b>26.1</b>	40.0
<b>8</b>	0.5	0.5	2.9	13.5	2.9	3.1	<b>30.0</b>	-	22.2	<b>71.7</b>
<b>9</b>	0.9	1.4	<b>4.0</b>	0.9	2.9	3.0	2.7	2.4	-	23.1
<b>10</b>	0.2	0.4	1.2	19.8	2.2	2.0	26.4	<b>88.5</b>	2.7	-

MORISITA-HORN

### 5.3.3. Clasificación

El dendrograma obtenido utilizando el método de Ward a partir de la matriz de dominancia (área basal) muestra dos grupos bien delimitados, el primero constituido por los sitios 7, 8 y 10, y el otro por el resto de los sitios (figura 7). Las mayores similitudes se encontraron entre los sitios 1 y 3, 5 y 2, y 8 y 10, con disimilitudes relativas (dr) de alrededor del 20-22%. Existe un grupo constituido por los sitios 1, 3 y 4, que presentan muy poca dr (26%); y uno más que conjunta estos tres sitios con el 5 y 2, con una dr del 34%. De esta manera, podemos hablar de un grupo bastante bien delimitado, pues tiene una dr del 50%, constituido por los sitios 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 9; y el otro que no lo está tanto, con dr de 82% constituido por los sitios 7, 8 y 10.

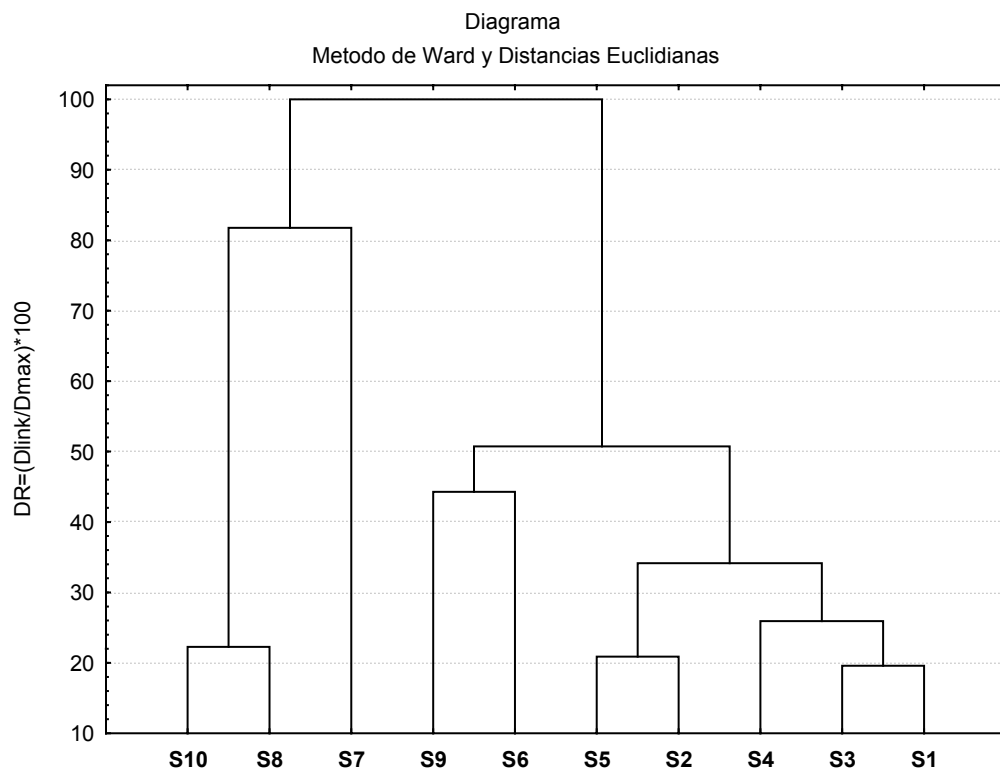


Figura 7. Dendrograma de similitud entre sitios obtenido a partir de una matriz de datos de área basal (dominancia). DR= Disimilitud relativa.

#### 5.3.4. Relación entre la composición florística y algunas variables ambientales

El diagrama de ordenación obtenido mediante el análisis de correspondencia canónica sin tendencia (DCCA) a partir de la matriz de dominancia relativa y con las variables de altitud, temperatura, evapotranspiración promedio, pendiente y exposición, produjo un grupo formado por los sitios 1, 2, 3, 4 y 5, que se asocian a los ejes de evapotranspiración y temperatura media, de manera que la similitud en estructura diamétrica y composición podría atribuirse en parte a que estos sitios se desarrollan en condiciones ambientales parecidas (figura 8). Por otro lado, la altitud es la variable que explicaría mejor la variación en la composición de los sitios 7 y 8, y en menor medida la del sitio 10, mientras que en el caso de los sitios 6 (dominado por *P. maximinoi* y *P. leiophylla*), 9 (dominado por *P. hartwegii*), su composición no se explica por ninguna de las variables ambientales medidas, sino por otros factores que no se consideraron en este estudio. Por otro lado, salvo en el caso de *P. hartwegii*, *P. maximinoi*, *P. leiophylla*, *Q. aff. rugosa* y *Q. acutifolia*; la presencia del resto de las especies podría atribuirse en algún grado a su relación con las variables de altitud, temperatura media y evapotranspiración potencial promedio, excepto por *P. patula* var. *longipedunculata* y *Arbutus xalapensis* cuya distribución está influenciada en algún grado por la exposición de la ladera.

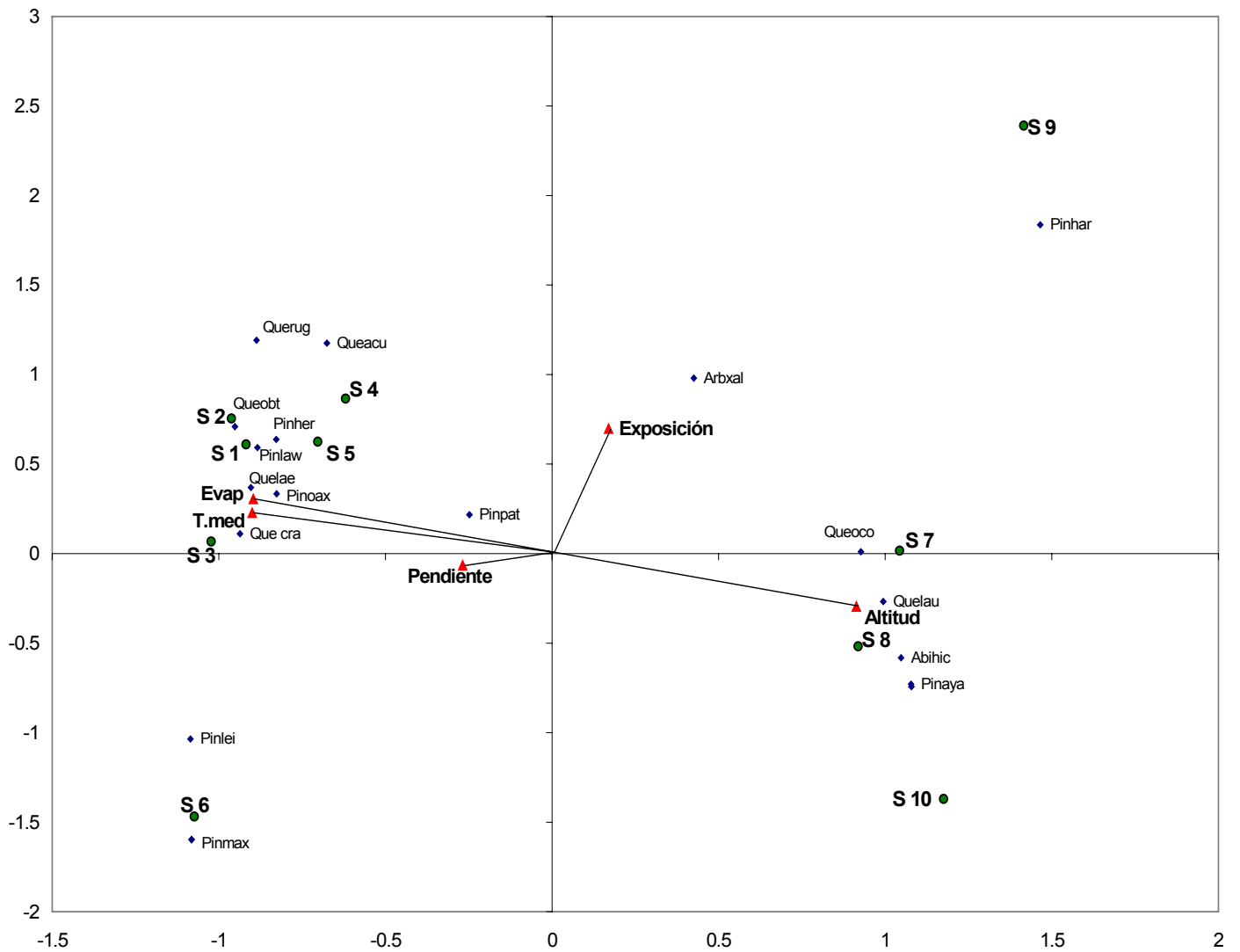


Figura 8. Diagrama de ordenación obtenido mediante el análisis canónico de correspondencia sin tendencia (DCCA) a partir de la matriz de dominancia relativa y con las variables altitud, temperatura, evapotranspiración promedio, pendiente y exposición.

## VI. DISCUSIÓN

### 6.1. Composición florística

A pesar de que el método de muestreo utilizado no considera a las plantas de tallas pequeñas, principalmente herbáceas (una forma de vida muy común entre las compuestas), los resultados obtenidos en cuanto a la composición florística de los sitios confirman el hecho de que los bosques templados, y en particular los oaxaqueños, son altamente ricos en especies de Asteraceae (Villaseñor *et.al.*, 2004).

La familia Fagaceae, representada en este estudio únicamente por el género *Quercus*, también sobresale por su excepcional diversidad, ya que en el total de 1 ha muestreada (diez sitios de 0.1 ha cada uno) se encontraron doce especies de encinos (existen por lo menos dos más en el territorio de la comunidad en donde no se ubicaron sitios de muestreo), lo que corresponde a alrededor del 23% de la diversidad del estado de Oaxaca y al 7.5% de la diversidad total del país, de acuerdo con los datos de Valencia (2001). Estos valores son iguales a los reportados por Yáñez y Valdéz (1995) para el territorio de la comunidad de Ixtlán de Juárez (que es más de dos veces mayor en superficie al de Yavesía, con 19,280 ha), y un poco menor al que reporta Arellanes (2004) para las 4,038 ha de encinares, bosques tropicales caducifolios y bosques de coníferas de la cuenca del Río Veinte en la región de los Valles Centrales (14 spp.). De las especies que se encontraron, que son de amplia distribución principalmente en la Sierra Madre Occidental y el Eje Neovolcánico Transversal, *Q. affinis* es un registro nuevo para el estado (de acuerdo con Valencia, 1995).

La familia Pinaceae, representada por los géneros *Abies* y *Pinus*, aparece también como una familia altamente diversa, constituida por las especies *Abies hickelii* y probablemente *A. guatemalensis*, ambas en peligro de extinción de acuerdo con la NOM-059-ECO-2001, así como diez especies de pinos (*Pinus* spp.) que se distribuyen principalmente en los bosques templados del centro y sur de México (Perry, 1991; Farjon y Styles, 1997), cuya diversidad corresponde a

alrededor del 71% de la de Oaxaca (Del Castillo, 2004) y cerca del 10% de la diversidad mundial (Richardson, 1998). En este sentido cabe mencionar que los individuos identificados como *P. aff. herrerae*, que de acuerdo con Del Castillo (2004) deberían de ser revisados nuevamente, ya que los reportes de esta especie en Oaxaca podrían estar basados en identificaciones incorrectas en las que se le ha confundido con *P. patula* var. *longipedunculata*, han sido confirmados recientemente como *P. herrerae* (com. pers. Fonseca).

## 6.2. Estructura

El análisis estructural basado en el tamaño y edad de los árboles (representados en este estudio por la altura y el diámetro, respectivamente), se ha utilizado en diversos estudios para reconstruir la historia reciente de un bosque, es decir, para determinar el grado de conservación o etapa sucesional en que se encuentra (Ajilou *et al.* 2003; Pineda y Sánchez-Velásquez, 1992; Rozas, 2002), con este mismo enfoque se analizan los resultados de este estudio.

Ya que la distribución y estratificación vertical de los árboles define la geometría tridimensional de las características del hábitat para aves, insectos, mamíferos, epífitas, plantas y microorganismos del suelo (MacArthur y MacArthur, 1961; Franklin, 1988), hoy se reconoce que en muchas comunidades (si bien no en todas) existe una correlación positiva entre la complejidad de la estructura vertical de la vegetación y la diversidad de especies (riqueza), un patrón que se explica bajo el supuesto de que un hábitat más complejo contiene más tipos de microhábitats (así como de recursos en general) que pueden sostener una mayor cantidad de especies diferentes (Brokaw y Lent, 1999).

En el presente estudio encontramos por un lado sitios (como el 2, 4, 8 y 10) que tienen distribuciones de clases de altura con forma de “J” invertida, con una gran cantidad de individuos de tallas pequeñas representados principalmente por especies de arbustos como *Litsea neesiana* en el sitio 4, así como *Telantophora andrieuxii* en los sitios 8 y 10, que son especies que se desarrollan principalmente en microclimas húmedos, (en particular *T. andrieuxii* representa un componente principal de la vegetación asociada a corrientes de agua; *observación personal*), en ellos también encontramos juveniles de diferentes especies de encino y pino, que constituyen una importante proporción de los individuos de estas tallas, siendo sobresaliente *Q. crassifolia* en el sitio 2. Por otro lado, en los sitios 3 y 6 existe un estrato muy importante de árboles de 5 a 20 m conformado por individuos de *Arbutus xalapensis* así como por diversas especies de encinos en ambos casos, y de individuos de *Pinus leiophylla*, *P. maximinoi* y *P. tecunumanii* en el sitio 6. Además, los sitios 1 y 5 presentan abundancias similares en las diferentes categorías de altura, lo que muestra que se trata de comunidades con una estructura vertical compleja, que sin embargo

no presentan los valores más altos de riqueza de especies. Finalmente, los sitios 7 y 9, presentan el mayor número de individuos en las clases de altura más grandes, dominadas por *Q. ocoteifolia* y *A. hickelii* en el 7 y *P. hartwegii* en el 9.

El análisis de la distribución de clases diamétricas de las diferentes especies arbóreas de una masa forestal permite evaluar su estado de conservación; en particular permite detectar la falta de regeneración o bien el envejecimiento de las masas. Asumiendo que existe una relación entre el tamaño de un árbol y su edad, la distribución de las clases diamétricas de un rodal refleja su estructura demográfica y, por tanto, su historia reciente. De esta forma, cuando se encuentran huecos en los histogramas de ciertas clases de tamaño, se puede inferir que corresponden a determinadas épocas de crisis en la dinámica de la población forestal (Ajbilou, 2003).

En cuanto a la estructura demográfica de las especies dominantes de cada uno de los sitios muestreados, encontramos que tienen historias distintas, pues existen por un lado bosques de pino como los de los sitios 4 y 5, que presentan una gran cantidad de individuos de una misma cohorte, lo que probablemente se debe a un disturbio que tuvo lugar en el pasado, como puede ser la caída de uno o varios árboles grandes. También encontramos bosques como el de *Quercus ocoteifolia* del sitio 7 que corresponde a un bosque maduro con muy poco reclutamiento, probablemente debido a que ha estado sometido a pastoreo, que a pesar de ser de baja intensidad pudo haber tenido algún efecto sobre las poblaciones de árboles. Algo parecido ocurre en el bosque de *Pinus hartwegii* del sitio 9, que aunque pudo haber estado favorecido por un incendio ocurrido hace varias décadas, hoy tiene poco reclutamiento de árboles nuevos. Por otro lado encontramos sitios (como el 2, 3 y 6) en los cuales existe una gran cantidad de individuos de *Q. crassifolia* de tallas pequeñas, la cual siendo una especie tolerante a la sombra podría estar comprometiendo el reclutamiento de las especies dominantes de pinos intolerantes a la sombra, como *P. lawsonii* y *P. oaxacana* en el caso del sitio 2, *P. leiophylla* y *P. oaxacana* en el 3 y *P. leiophylla* y *P. maximinoi* en el 6. En el sitio 1 encontramos un bosque de *P. oaxacana*-*Q. laeta* que parece estar en buen estado de conservación, ya que existe reclutamiento de ambas especies que se presentan en estratos muy bien delimitados. Por último, los sitios 8 y 10 también muestran un buen estado de



conservación, pues se encuentran establecidos árboles adultos de *Abies hickelii* y *P. ayacahuite* con la presencia de individuos más pequeños de diferentes cohortes.

La presencia de una mayor cantidad de individuos de grandes tallas y diámetros en los sitios 6-10 puede deberse a que los primeros cinco sitios corresponden a bosques mixtos con muchos individuos de encino, que tienen tallas pequeñas y medianas. Mientras que del sitio 6 en adelante se encuentra una mayor dominancia de coníferas, que son especies de mayor tamaño adaptadas a condiciones de menor temperatura y mayor humedad, así como de una especie singular de encino (*Q. ocoteifolia*), que también alcanza grandes tamaños.

## 6.3. Diversidad

### 6.3.1. Diversidad $\alpha$

Una ventaja del método de muestreo utilizado en este estudio es que ha sido empleado en diferentes áreas del mundo, por lo tanto los datos obtenidos son comparables con muchos otros de diversas comunidades forestales, en especial de América (Gentry, 1988; Trejo, 1998).

La diversidad local ( $\alpha$ ) de los sitios muestreados en los bosques de la comunidad de Sta. María Yavesía es similar a la que se ha encontrado en bosques templados del hemisferio norte con características climáticas similares, en los cuales se utilizó el mismo método de muestreo (tabla 10). Sin embargo, es sobresaliente el caso del bosque de *Pinus patula* var. *longipedunculata*-*Quercus* aff. *rugosa* (sitio 4), que presenta los valores de riqueza de especies y  $\alpha$ -Fisher más altos que los de cualquier otro debido principalmente a su excepcional diversidad de encinos (Tabla 10).

Tabla 10. Sitios muestreados con el método de Gentry (2.5 DAP). En negritas se muestran los tres valores mayores para cada parámetro. Los datos que no corresponden al presente estudio fueron tomados de Phillips y Miller (2002).

Sitio	Coordenadas	Precip. (mm)	Altitud (m s.n.m.)	Núm especies	Núm. individuos	Núm. familias	$\alpha$ -Fisher	Área basal (m <sup>2</sup> )	Comunidad Vegetal
Kitlope watershed, Canadá	53°04'N, 127°49'O	2100	20	9	55	5	3.58	<b>16.28</b>	Bosque de coníferas ( <i>Picea sitchensis</i> , <i>Tsuga heterophylla</i> , <i>Thuja plicata</i> , <i>Abies</i> spp.)
Mt. St. Hilaire, Montreal, Canadá	45°37'N, 73°35'	750	no disponible	12	152	6	3.06	5.58	Bosque de <i>Fagus grandifolia</i> , <i>Acer saccharum</i> , <i>Tsuga canadensis</i>
Cedar Bluffs, Indiana, E.U.A.	39°46'N, 86°09'O	1000	215	25	175	<b>15</b>	7.98	3.54	Bosque de latifoliadas ( <i>Acer saccharum</i> , <i>Ulmus rubra</i> , <i>Fraxinus americana</i> , <i>Quercus prinoides</i> )
Couvre River State Park, Missouri, E. U.A.	39°01'N, 91°00'O	930	140	<b>29</b>	<b>231</b>	<b>15</b>	<b>8.76</b>	3.96	Bosque de latifoliadas ( <i>Acer saccharum</i> , <i>Ostrya virginiana</i> , <i>Quercus alba</i> )
Tyson Reserve Missouri, E.U. A.	38°30'N, 90°31'O	932	150	<b>26</b>	165	11	<b>8.68</b>	2.29	Bosque de encino ( <i>Quercus</i> spp.)
Cary Arboretum, N.Y., E.U. A.	46°50'N, 73°45'O	1020	210	20	118	10	6.91	3.38	Bosque mixto ( <i>Ostrya virginiana</i> , <i>Quercus rubra</i> , <i>Acer rubrum</i> , <i>Pinus strobus</i> )
Montgomery place, NY, E.U. A.	43°10'N, 77°37'O	875	210	18	117	12	5.94	6.61	Bosque mixto ( <i>Tsuga canadensis</i> , <i>Acer saccharum</i> , <i>Fagus grandifolia</i> , <i>Fraxinus americana</i> )
Heuston Woods, Ohio, E.U. A.	39°33'N, 84°43'O	1000	200	24	172	<b>14</b>	7.58	6.05	Bosque de latifoliadas ( <i>Acer saccharum</i> , <i>Fraxinus americana</i> , <i>Fagus grandifolia</i> )
Tidroute, Pensilvania, E.U. A.	41°42'N, 79°24'O	1000	310	20	94	11	7.78	7.35	Bosque de <i>Tsuga canadensis</i> (con <i>Acer rubrum</i> y <i>Fraxinus americana</i> )
Motozintla; Chiapas, México	15°20'N, 92°12'O	500	1,600	16	107	9	5.21	4.76	Bosque de <i>Quercus</i> spp.- <i>Pinus pseudostrobus</i>
Alacher Lohe, Alemania	48°04'N, 11°30'E	866	530	21	<b>248</b>	11	5.48	3.35	Bosque de latifoliadas ( <i>Tilia platyphylla</i> , <i>Fraxinus excelsior</i> , <i>Quercus robur</i> , <i>Acer pseudoplatanus</i> )
Süderhackstedt, Alemania	54°36'N, 09°17'E	695	20	15	188	10	3.83	4.25	Bosque de latifoliadas ( <i>Fagus sylvatica</i> , <i>Fraxinus excelsior</i> )
Yavesía, Oax. México S1	17°13'N, 96°24'O	1030	2135	12	168	6	2.95	6.72	Bosque de <i>P. oaxacana</i> - <i>Q. Laeta</i>
Yavesía, Oax. México S2	17°13'N, 96°24'O	1030	2341	8	181	4	1.71	8.96	Bosque de <i>P. lawsonii</i> - <i>P. oaxacana</i>
Yavesía, Oax. México S3	17°12'N, 96°24'O	1030	2347	17	174	9	4.66	<b>4.75</b>	Bosque de <i>Pinus</i> spp.- <i>Quercus</i> spp.
Yavesía, Oax. México S4	17°13'N, 96°23'O	1030	2380	<b>29</b>	161	13	<b>10.32</b>	8.06	Bosque de <i>Pinus patula</i> var. <i>longipedunculata</i> - <i>Quercus rugosa</i>
Yavesía, Oax. México S5	17°12'N, 96°23'O	1030	2547	18	<b>229</b>	9	4.57	<b>9.84</b>	Bosque de <i>Pinus</i> spp
Yavesía, Oax. México S6	17°12'N, 96°23'O	1030	2580	12	139	5	3.15	11.50	Bosque de <i>Pinus</i> spp
Yavesía, Oax. México S7	17°13'N, 96°22'O	1085	2916	14	88	11	4.69	11.90	Bosque <i>Quercus ocoteifolia</i>
Yavesía, Oax. México S8	17°11'N, 96°22'O	1085	2933	19	174	11	5.43	13.12	Bosque de <i>Pinus</i> spp
Yavesía, Oax. México S9	17°11'N, 96°22'O	1085	3060	7	81	6	1.83	5.84	Bosque de <i>Pinus hartwegii</i>
Yavesía, Oax. México S10	17°10'N, 96°23'O	1085	3171	16	190	11	4.16	11.57	Bosque de <i>A. hickelii</i> - <i>P. ayacahuite</i>

### 6.3.2. Diversidad $\beta$

*“Es más fácil describir un patrón que explicarlo”*  
Anne Magurran

Los índices de similitud muestran valores bajos en la mayoría de los casos, lo que indica una alta diversidad beta. Estos resultados son relevantes para la biología de la conservación, ya que uno de los criterios de designación de áreas protegidas que ha adquirido mayor auge en últimos tiempos es el de conservar “intersecciones biogeográficas”, es decir, zonas con alta heterogeneidad ecológica que en consecuencia poseen un alto recambio de especies a través de gradientes geográficos (zonas de alta diversidad beta; Spector, 2002). Por lo tanto, un diseño de redes de áreas protegidas que representen todo el intervalo de variación geográfica, geológica y climática (Harrison e Inouye, 2002), como el que de hecho se tiene en la actualidad, logra un alto grado de representatividad y complementariedad, uno de los aspectos más importantes para la conservación *in situ*.

Como se mencionó, el estudio de los factores que determinan la existencia de especies particulares en un sitio dado, ha estado dirigido principalmente por dos corrientes, la primera, denominada “biogeografía ecológica”, se fundamenta en el estudio de la historia evolutiva de los diferentes taxa y propone que la diversidad es resultado de la historia biogeográfica del lugar. Mientras que la segunda, una corriente mucho más reciente proveniente de la ecología (de poblaciones), llamada “ecología geográfica”, postula básicamente que la diversidad local es resultado de las interacciones ecológicas que ahí se mantienen.

La discusión mantenida entre estas dos corrientes ha llevado a la conclusión de que la composición y estructura de las comunidades locales no puede ser completamente entendida si no se toma en cuenta su relación con los ensamblajes regionales y, por tanto, con la historia evolutiva de los grupos de especies, al tiempo que se ha reconocido que las interacciones ecológicas locales en algunos casos determinan las características de los ensamblajes regionales de especies, los cuales por mucho tiempo se consideraron un producto único de procesos macroevolutivos (Arita y Rodríguez, 2002). De esta manera, hoy se considera que los patrones de diversidad son

ocasionados por una gran variedad de procesos ecológicos y evolutivos, eventos históricos y circunstancias geográficas (Ricklefs y Schluter, 1993) que difícilmente pueden ser cuantificados, hecho que sin duda limita los alcances de los estudios de diversidad pero que al mismo tiempo ha llevado a replantear los métodos con el fin de tratar de cubrir estas limitaciones. Por esta razón se ha reconocido la importancia de utilizar nuevas herramientas metodológicas que consideren una multitud de variables al mismo tiempo (análisis multivariados), en lugar de los análisis de una sola variable que tradicionalmente se habían empleado (p. ej. regresión lineal). Al mismo tiempo se ha subrayado la importancia de utilizar variables relacionadas directamente con el crecimiento de los organismos (plantas), como la evapotranspiración potencial (Currie, 1991), en lugar de variables como la latitud y altitud, que a pesar de ser fácilmente cuantificables y muy comúnmente usadas en esta clase de estudios, no son ecofisiológicamente significativas para los organismos (Pausas y Austin, 2001).

A pesar de ello, el presente trabajo confirma que el clima definido altitudinalmente es uno de los determinantes primarios del cambio en la composición de especies y la estructura de las comunidades en montañas conservadas (Whittaker, 1975). Al mismo tiempo, considero que este campo de la ecología está muy lejos de ser agotado, ya que se trata de la comprensión de un fenómeno que es resultado de una multitud de factores que actúan de manera sinérgica, y por lo tanto resulta muy complicado determinar el peso relativo de cada factor, prueba de esto es que en diferentes trabajos se han encontrado correlaciones entre la diversidad de especies y diversas variables ambientales que son contradictorias, lo que limita la capacidad de generalizar y comprender las causas de estas relaciones.

Vale la pena señalar en este punto que las distribuciones de las especies encontradas en este estudio a lo largo del gradiente altitudinal muestran una respuesta individual a las características (abióticas) del medio, lo que es consistente con diversos estudios realizados en montañas de climas templados (Whittaker, 1956, 1960; Peet, 1980, Vázquez y Givnish, 1998) y respalda la llamada "hipótesis individualista", propuesta por Gleason (1991), que sostiene que la estructura y

composición de las comunidades vegetales está determinada por superposición de las distribuciones de las especies individuales, dada por la respuesta ecofisiológica de éstas a las características físicas y biológicas del medio. Asimismo, existe una clara afinidad de algunas especies de pinos y encinos por ciertas características ambientales definidas principalmente por la temperatura y disponibilidad de agua (evapotranspiración potencial), pues especies como *P. hartwegii*, *Q. ocoteifolia* y *A. hickelii* están restringidas a las zonas más elevadas, en las que existe una mayor disponibilidad de agua, mientras que *Q. aff. rugosa*, *Q. crassifolia* y *P. oaxacana*, se distribuyen únicamente en las zonas medias y bajas, en las que existe una mayor evapotranspiración y por lo tanto una menor disponibilidad de agua, así como una mayor temperatura. En cuanto a la variación en la abundancia de estas especies a lo largo de su intervalo de distribución, podría ser atribuida a interacciones ecológicas como la competencia, así como a la variación de la composición química del suelo, entre otras variables que no fueron consideradas en este estudio.

#### 6.4. Reflexión sobre la conservación en comunidades indígenas

Hay una serie de percepciones acerca del ambiente comunes entre la mayoría de la población urbana, incluyendo a los biólogos y ecólogos, que se sostienen en nociones culturales característicamente occidentales, tales como la dicotomía entre lo humano y lo natural, que han servido para sostener la falsa idea de que existen “ambientes prístinos” que no están influenciados por las actividades humanas. Este tipo de nociones, sumadas a los estudios ecológicos que se refieren a “comunidades clímax” y conceptos tales como “equilibrio ecológico”, cuyas hipótesis han sido tomadas como verdades en tanto reafirman la ideología, han sido usadas como base teórica de la biología de la conservación durante las últimas décadas (Gómez-Pompa y Kaus, 1992).

De esta manera, basándose en los modos de análisis que imperan en la sociedad global contemporánea (el pensamiento racional y el análisis científico) este tipo de ideas acerca de la naturaleza han sido impuestas sobre las cosmovisiones de las comunidades no occidentales, que al mismo tiempo han sido reconocidas como las culpables del deterioro ambiental, ya que la idea de que la propiedad común lleva al deterioro, introducida por Hardin (1968), a pesar de ser muy simplista e ignorar el hecho de que las comunidades poseen instituciones que regulan el acceso a los recursos de acuerdo con una serie de normas preestablecidas, es asumida sin cuestionamiento alguno entre la mayoría de las personas que definen las políticas de conservación.

Al mismo tiempo, la integración en el discurso conservacionista de aproximaciones instrumentalistas y economicistas que limitan el valor de las especies biológicas a los bienes y servicios que proveen actual o potencialmente para los seres humanos (en particular para los occidentales), confirma el hecho de que la mayor parte de los esfuerzos de conservación que se han llevado a cabo hasta ahora parten de nociones etnocéntricas que terminan en prácticas colonialistas en las que se excluyen las percepciones e intereses de las poblaciones locales.

En contradicción con este tipo de conservación, el punto de vista de la conservación basada en las comunidades parte de la noción de que la mayor parte de la diversidad que todavía existe se

encuentra en zonas habitadas por comunidades indígenas y/o campesinas, las cuales han manejado, conservado e incluso creado algo de la biodiversidad que valoramos tanto. Al mismo tiempo reconoce los procesos históricos y sociales que han ocasionado la marginación de las comunidades indígenas y campesinas, y respalda las reivindicaciones que han surgido de los movimientos indígenas “ambientalistas” (de los cuales Yavesía es un ejemplo más) para preservar su patrimonio natural y cultural, fomentando el fortalecimiento de las instituciones locales en lugar de su marginación. Partiendo del cuestionamiento de algunas de nuestras nociones fundamentales y contradictorias respecto al ambiente natural, se pretende lograr un manejo de recursos que se origine de la integración de percepciones ambientales alternativas y de investigación científica (Gómez-Pompa y Kaus, 1992).

Esta perspectiva considera a las culturas tradicionales como un “recurso” en tanto que son un acervo de conocimiento de la biodiversidad y de prácticas productivas sustentables acumulado durante cientos o miles de años; y como una “herramienta” que puede ayudar a producir el cambio masivo necesario en la percepción humana del ambiente, mediante la recuperación de la simbolización y significación del mundo natural que se ha perdido con el racionalismo económico propio de las sociedades occidentales modernas (Keymeyer, 1994).

El reconocimiento de los derechos de las comunidades indígenas de usufructuar sus recursos naturales debe ir de la mano de la recuperación y el enriquecimiento del conocimiento tradicional, de la reapropiación productiva de sus economías locales con base en la revalorización de sus prácticas ancestrales y del ejercicio de un tipo de conservación de la biodiversidad por y para las comunidades indígenas (Leff, 2004; Western y Wright, 1994), algo que puede facilitarse mediante la vinculación de los científicos con las comunidades indígenas. El presente trabajo es un modesto esfuerzo en este sentido.



## VII. CONCLUSIONES

Los bosques localizados en el territorio de la comunidad de Santa María Yavesía poseen una estructura que en términos generales describe comunidades en buen estado de conservación, pues la mayoría de ellas están muy estratificadas, debido a la diversidad de formas de vida presentes y al mismo tiempo las poblaciones de las especies dominantes tienen reclutamiento de nuevos individuos. Sin embargo, el hecho de que en algunas zonas se haya introducido ganado bovino puede tener algún efecto negativo sobre la regeneración de algunas especies, como es el caso de *Q. ocoteifolia*.

La distribución de muchas especies se encuentra restringida a ciertos intervalos altitudinales, mostrando una respuesta individual a las características (bióticas y abióticas) del medio, lo que es consistente con diversos estudios en montañas de climas templados. El cambio en la composición de especies entre los sitios se explica parcialmente por las variables asociadas a la altitud, principalmente la temperatura y evapotranspiración, sin embargo, queda claro que el patrón observado en este (y cualquier otro) estudio sólo puede ser explicado considerando muchas otras variables asociadas a la distribución de las especies, como son las interacciones bióticas y la historia de uso, entre otras.

A pesar de que con excepción de un sitio, no encontramos una diversidad local excepcionalmente alta, la diversidad beta, expresada como el grado de disimilitud entre los sitios, sí lo es. Este hecho, sumado a la gran diversidad de Pinaceae, Fagaceae y Asteraceae encontradas, resalta la importancia de esta zona para seguir siendo conservada. La comunidad de Santa María Yavesía conserva los recursos comunes de acuerdo con una ética ambiental tradicional que se reafirma en sus instituciones comunitarias, lo que la convierte en un ejemplo de conservación exitoso basado en las comunidades que debe ser apoyado fomentando el diálogo entre la investigación científica y el conocimiento tradicional en favor de los intereses de la comunidad, que ha probado mantener desde hace muchos años una relación sustentable con el ecosistema.

## Literatura citada

- Ajbilou, R., T. Marañón, y J. Arroyo. 2003. Distribución de clases diamétricas y conservación de bosques en el norte de Marruecos. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales*. **12**:111-123.
- Arellanes, Y. 2004. Patrones de la vegetación arbustiva y arbórea en la cuenca hidrográfica de los valles centrales de Oaxaca. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Investigaciones en Ecosistemas. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- Arita, H. y P. Rodríguez. 2002. Ecología geográfica y macroecología. En: Morrone, J. J., O. Flores y J. Llorente, (eds). *Biogeografía*. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- Arriaga, L., J.M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (coordinadores). 2000. *Regiones Terrestres Prioritarias de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México, D.F.
- Austin, M.P., J. Pausas y A. Nicholls. 1996. Patterns of tree species richness in relation to environment in South Eastern New South Wales. *Austral Ecology*. **21**:154-164.
- Austin, M. P. 1999. The potential contribution of vegetation ecology to biodiversity research. *Ecography*. **22**, 465-485.
- Bray, D.B. 1992. La utilización racional de los bosques desafía a las comunidades a renovarse a sí mismas. La lucha por el bosque: Conservación y desarrollo en la Sierra de Juárez. *Bosques* 48. México D.F.
- Brokaw, N. y R. Lent. 1999. Vertical structure. En: Hunter, M. L.(editor). *Maintaining biodiversity in forest ecosystems*. Cambridge University Press. Reino Unido.
- Centeno-García, J. 2004. Configuración Geológica del Estado. En: García-Mendoza, M.J. Ordóñez y M. Briones-Salas (eds.). *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México-Fondo Oaxaqueño para la conservación de la Naturaleza-World Wildlife Found. México, D.F.
- Colwell, R. K. 2004. EstimateS: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Simple, version 7.0. Univ, de Connecticut, E.U.A.
- CONABIO, 1998. La diversidad biológica de México: Estudio de país, 1998. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F.
- Connell, J. H. 1978. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science* **199**:1302-1310.
- Cruz, L. M. 1974. *Manual de laboratorio de ecología vegetal*. Universidad de El Salvador, San Salvador.
- Currie, D.J. 1991. Energy and large-scale patterns of animal and plant species richness. *American Naturalist*. **137**:27-49.

- Del Castillo, R.F., J.A. Pérez de la Rosa, G. Vargas Amado y R. Rivera García. 2004. Coníferas. En: García-Mendoza, M.J. Ordóñez y M. Briones-Salas (eds.), *Biodiversidad de Oaxaca* (pp.141-158). Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México-Fondo Oaxaqueño para la conservación de la Naturaleza-World Wildlife Found. México, D.F.
- Delgado-Argote, L.A. 1988. Geología preliminar de la secuencia volcano sedimentaria y serpentinitas asociadas del Jurásico (?) del área de Cuicatlán-Concepción Pápalo, Oaxaca. *Revista del Instituto de Geología*, Universidad Nacional Autónoma de México **7**:127-135.
- Farjon, A. y B.T. Styles. 1997. Flora Neotropica. Monograph 75: *Pinus* (Pinaceae). New York Botanical Garden, E.U.A.
- Flores, O. y P. Gerez. 1989. *Conservación en México: Síntesis sobre Vertebrados Terrestres, Vegetación y Uso del Suelo*. INIREB/ Conservation International. Xalapa, México.
- Franklin, J. 1998. Structural and Functional diversity in temperate forests. En: Wilson, E. O. (comp.). *Biodiversity*. National Academic Press. Washington, D.C.
- García, E. 1988. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen* (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). CETENAL. México, D.F.
- García-Mendoza. A.J. 2004. Integración del conocimiento florístico del Estado. En: A.J. García-Mendoza, M.J. Ordóñez y M. Briones-Salas (eds.). *Biodiversidad de Oaxaca* (Pp.305-325). Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México-Fondo Oaxaqueño para la conservación de la Naturaleza-World Wildlife Found. México, D.F.
- Gentry, A.H. 1988. Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Annals of the Missouri Botanical Garden* **75**:1-34.
- Gleason, H. A. 1991. The individualistic concept of plant association. En: Real L. A., J.H. Brown(eds.). *Foundations of ecology. Classic papers with commentaries*. Univ. of Chicago Press. Chicago, E.U.A. pp.98-117.
- Gómez Pompa, A. y A. Kaus. 1992. Taming the wilderness myth. En; J. B. Callicot y M. P. Nelson (eds.) *The great wilderness debate*. The University of Georgia Press, E. U. A..
- Grime, J.P. 1979. *Plant strategies and vegetation proceses*. G. Wiley y Sons. Chichester.
- Hardin, G. 1968. The Tragedy of the Commons. *Science*, 162:1243-1248.
- Harrison, S. y B. Inouye, B. 2002. High beta diversity in the flora of californian serpentine "islands". *Biodiversity and Conservation*. 11:1869-1876.
- Hunter, M.L. 1999. Biological diversity. En: Hunter, M. L.. (editor). *Maintaining Biodiversity in Forest Ecosystems*. Cambridge University Press. Reino Unido, Cambridge.
- Huston, M.A. 1994. Biological diversity. The coexistence of species on changing landscapes. Cambridge University Press, Cambridge.
- IFN. 2000. La condición actual de los recursos forestales en México: resultados del Inventario Forestal Nacional 2000. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, Número 43, pp. 183-203.

- INEGI, 1999. Carta topográfica. Tlalixtac de Cabrera. E14-D48. Escala 1:50,000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México, D.F.
- Jiménez, J., O. Aguirre y H. Kramer. 2001. Análisis de la estructura horizontal y vertical en un ecosistema multicohortal de pino-encino en el norte de México. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales*. **10**: 255-365.
- Kent, M. y P. Coker. 1992. *Vegetation description and analysis. A practical approach*. Belhaven Press. Londres.
- Keymeyer, C. 1994. Cultural Traditions and Community-based conservation. En: Western D., M. Wright y S. Strum (eds.). *Natural Connections: Perspectives in Community-based Conservation*. Island Press, Washington, D.C.
- Kint, V., N. Lust, R. Ferris y A. F. M. Olsthoorn. 2000. Quantification of forest stand structure applied to scots pine (*Pinus sylvestris* L.) forests. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales*. Fuera de serie **1**: 147-163.
- Koleff, P., K. J. Gaston y J. J. Lennon. 2003. Measuring beta diversity for presence-absence data. *Journal of Animal Ecology*. **72**:367-382.
- Leff, E. 2004. *Racionalidad Ambiental*. Fondo de Cultura Económica. México, D.F.
- Lorence, D. H. y A. García-Mendoza. 1989. Oaxaca, México (pp.253-269) En: Campbell, D.G. y H.D. Hammond (eds.). *Floristic Inventory of Tropical Countries*. New York Botanical Garden Publ. Bronx.
- MacArthur R. y J. MacArthur. 1961. On Bird Species Diversity. *Ecology* **42**: p. 594.
- Magurran, A.E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press. Princeton, Nueva Jersey.
- Meave, J. A., A. Rincón y M. A. Romero-Romero. 2006. Oak Forests of the Hyper-Humid Region of La Chinantla, Northern Oaxaca Range, Mexico. En: M. Kappelle (Ed.) *Ecology and Conservation of Neotropical Montane Oak Forests*. Ecological Studies, Vol. 185. Springer-Verlag, Berlín, Alemania.
- Merino, L. 2004. *Conservación o deterioro: El impacto de las políticas públicas en las instituciones comunitarias y en los usos de los bosques en México*. SEMARNAT, INE, CCMSS, México.
- Mittermeier, R.A. y C.G. Mittermeier. 1992. La importancia de la diversidad biológica de México. (Pp. 63-73). En: *México ante los Retos de la Biodiversidad* (Sarukhán J. y R. Dirzo, compiladores). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D. F.
- Müeller-Dombois, D. y H. Ellenberg. 1974. *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. John Wiley and Sons. Nueva York, E.U.A.
- Nixon, K.C. 1993. The genus *Quercus* in Mexico. En: Ramamoorthy, T.P., R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.). *Biological diversity of Mexico. Origins and distribution*. Oxford University Press. Oxford.
- Pausas, J.G. 1994. Species richness patterns in the understorey of Pirenean *Pinus sylvestris* forest. *J. of Veg. Sci.* **5**:517-524.

- Pausas, J. y M, Austin. 2001. Patterns of plant species richness in relation to different environments: An appraisal. *Journal of Vegetation Sciences*. **12**:153-166.
- Peet, R. K. 1980. Forest vegetation of the Colorado Front Range. *Vegetatio* **45**:3-75.
- Perry, J.P. Jr. 1991. *The Pines of Mexico and Central America*. Timber Press, Portland, Or.
- Phillips, O. y J.S. Miller. 2002. *Global patterns of Plant Diversity: Alwyn H. Gentry's Forest Transect Data Set*. Missouri Botanical Garden Press. E.U.A. San Louis 319 pp.
- Pineda y Sánchez-Velásquez. 1992. Efecto de la corta selectiva sobre la estructura de un bosque de pino-encino (*Pinus-Quercus*). *Tiempos de Ciencia* **27**: 69-77.
- Ramamoorthy T.P., R. Bye, A. Lot y J. Fa. 1993. Biological Diversity of México. Origins and Distribution. Oxford University Press XXXIX. 812 p.
- Ramírez R., F. Ramos y A. Ríos. 2001. Estudio de Ordenamiento Territorial Comunitario en Santa María Yavesía. Proyectos de Desarrollo Sierra Norte de Oaxaca, A.C.-WWF, México, D.F. 67 pp.
- Richardson, D.M. 1998. *Ecology and Biogeography of Pinus*. Cambridge University Press. Reino Unido.
- Ricklefs, R.E. y D. Schluter. 1993. Species Diversity: Regional and Historical Influences. En: Rickelers, R. E. y D. Schluter, D. (eds.). *Species Diversity in Ecological Communities*. Univ. Chicago Press, Chicago.
- Rosenzweig, M. L. y Z. Abramsky. 1993. How are diversity and productivity related? (Pp.52-65). En: *Species Diversity in Ecological Communities*. Univ. Chicago Press, Chicago.
- Rozas, V. 2002. Estructura y patrones de regeneración del roble y el haya en un bosque maduro del litoral occidental de Cantabria. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales*. (1):107-135.
- Rozzi R., R. Primack, P. Feinsinger, R. Dirzo y F. Massardo. 2001. ¿Qué es la biología de la conservación?. En: Primack R., R. Rozzi, Feinsinger, R. Dirzo y F. Massardo. *Fundamentos de conservación biológica*. FCE. México D.F.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Ed. Limusa. México.
- Rzedowski, J. 1990. Vegetación Potencial. Atlas Nacional de México, Sección Naturaleza. Hoja IV.8.2. Vol II. Mapa escala 1:4,000 000. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- Rzedowski, J. 1991. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Acta Botánica Mexicana*. **14**: 3-21.
- Secretaría de Programación y Presupuesto. 1984. Carta Geológica. Oaxaca. E14-9. Escala 1:250,000. INEGI. México, D.F.
- Spector, S. 2002. Biogeographic crossroads as priority areas for biodiversity conservation. *Conservation Biology*. **16**:1480-1487.
- StatSoft, Inc. 2001. STATISTICA (data análisis software system), versión 6.

- Stevens, G.C. 1992. The elevational gradient in altitudinal range: an extension of Rapoport's latitudinal rule to altitude. *American Naturalist*. **140**:893-911.
- Styles, B.T. 1993. Genus *Pinus*: a mexican purview. En: Ramamoorthy, T.P., R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.). *Biological diversity of Mexico. Origins and distribution*. Oxford University Press. Oxford.
- Ter Braak, C. J. F. 1995. Ordination. En: Jongman, R.H.G., C.J.F. Ter Braak y O.F.R. van Tongeren (eds.). *Data Analysis in Community and Landscape Ecology*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Ter Braak, C. J. F. y P. Smilauer. 1998. CANOCO for Windows versión 4.02. Center for Biometry Wageningen. Wageningen, Holanda.
- Toledo, V.M. y M.J. Ordóñez. 1993. El panorama de la biodiversidad en México: una revisión de los hábitats terrestres. (Pp. 739-758) En: Ramamoorthy, T.P., R. Bye, A. Lot, y J. Fa (eds.). *Diversidad Biológica de México. Orígenes y distribución*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- Thorntwaite. 1948. An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Review*. **38**: 55-96.
- Trejo, R.I. 1998. Distribución y diversidad de selvas bajas en México: Relaciones con el clima y el suelo. Tesis de doctorado en Ciencias (Biología). Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.
- Trejo, R. I. y R. Dirzo. 2002. Floristic diversity of mexican seasonally dry tropical forests. *Biodiversity and Conservation*. **11**: 2048-2063.
- Trejo, R.I., I. Ramírez Ramírez, J. Hernández Lozano, A. P. Mendez Linares. 2005. I.9 Vegetación y uso de suelo, Informe Técnico del proyecto: Integración del Sistema Nacional de Información para el Desarrollo Territorial: Caracterización del Territorio, SEDESOL-IGG Universidad Nacional Autónoma de México. Pp. 271-300.
- Vázquez, J. 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.
- Valencia, S. 1995. Contribución al conocimiento del Género *Quercus* (Fagaceae) en el estado de Guerrero, México. Número 1. Contribuciones del Herbario de la Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- Valencia, S. 2001. El género *Quercus* (Fagaceae) en México. En: Simposio sobre Sistemática y Conservación de la Flora de México. XV Congreso Mexicano de Botánica. Querétaro, México.
- Valencia, S. y K.C. Nixon. 2004. Encinos. En: García-Mendoza, M.J. Ordóñez y M. Briones-Salas (eds.), *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México-Fondo Oaxaqueño para la conservación de la Naturaleza-World Wildlife Found. México, D.F.

- Van Tongeren, O.F.R. 1995. Cluster analysis. En: Jongman, R.H.G., C.J.F. Ter Braak y O.F.R. van Tongeren (eds.). *Data Analysis in Community and Landscape Ecology*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Velázquez, A., J.F. Maas, R. Mayorga, J.R. Díaz, C. Alcántara, R. Castro, T. Fernández, J.L. Palacio, G. Bocco, G. Gómez, L. Luna, I. Trejo, J. López, M. Palma, A. Peralta, J. Prado y F. González-Medrano. 2002. Estado actual y dinámica de los recursos forestales de México. *Biodiversitas*. Año 6. Num. 41. Boletín Bimestral de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Villaseñor, J.L., E. Ortiz y V. Juárez. 2004. Asteraceae. En: García-Mendoza, M.J. Ordóñez y M. Briones-Salas (eds.). *Biodiversidad de Oaxaca* (pp.219-225). Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México-Fondo Oaxaqueño para la conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund. México, D.F.
- Western, D. y M. Wright. 1994. The background to community-based conservation. En: Western D., M. Wright y S. Strum (eds.). *Natural Connections: Perspectives in Community-based Conservation*. Island Press, Washington, D.C.
- Whittaker, R.H. 1956. Vegetation of the Great Smoky Mountains. *Ecological Monographs*. **26**:1-80.
- Whittaker, R.H. 1960. Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. *Ecological Monographs*. **30**: 279-338.
- Whittaker, R. H. 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon* **21**: 213-51.
- Whittaker, R. H. 1975. *Communities and ecosystems*. MacMillan, Londres.
- Wilson, M. V. y A. Schmida. 1984. Measuring beta diversity with presence-absence data. *Journal of Ecology*. **72**:1055-1064.
- Yáñez, L. y J. Valdez. 1995. Los encinos de la comunidad de Ixtlán de Juárez, Oaxaca. En: Memorias del III Seminario Nacional sobre utilización de Encinos. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León, Nuevo León.

**APÉNDICE I.** Lista de especies encontradas.

**Amarylidaceae**

*Fourcraea longaevea* Karw. & Zucc.

**Apocinaceae**

*Mandevilla oaxacana* (A. DC.) Hemsl.

**Araliaceae**

*Oreopanax xalapensis* (Kunth) Decne.  
& Planch.

**Asteraceae**

Asteraceae 1

*Alloispermum integrifolium* (DC.) H.

Rob.

*Baccharis* sp.

*Brickellia* sp.

*Eupatorium areolare* DC.

*Eupatorium sordidum* Less.

*Eupatorium* sp2

*Eupatorium* sp3

*Eupatorium* sp4

*Eupatorium* sp5

*Eupatorium* sp6

*Eupatorium* sp7

*Liabum* sp.

*Lonicera mexicana* (Kunth) Rehder

*Roldana sartorio* (Sch. Bip. Ex Hemsl.)

*Rumfordtia floribunda*

*Senecio* sp.

*Stevia* sp.

*Telanthophora andrieuxii* (DC.) H. Rob.

& Brettell

*Verbesina* sp.

*Vernonia* sp.

*Vigueria* sp.

**Berberidaceae**

*Berberis lanceolata* Benth.

**Betulaceae**

*Alnus jorullensis* var. *jorullensis* HBK.

**Caprifoliaceae**

*Sambucus mexicana* C. Presl ex DC.

*Viburnum acutifolium* Benth.

*Viburnum* sp.

**Celastraceae**

*Perottetia ovata*

*Quetzalia occidentales* (Loes. Ex.

Donn. Sm.) Lundell

**Clethraceae**

*Clethra konzattiana* L.M. González

*Clethra galeottiana* Briq.

**Cornaceae**

*Cornus disciflora* DC.

*Garrya laurifolia* Hartw. Ex Benth.

**Ericaceae**

*Arbutus xalapensis* Kunth

*Arctostaphylos pungens* Kunth

*Comarostaphylis discolor* (Hook.) Diggs

**Fabaceae**

*Desmodium konzattii* Greenm.

**Fagaceae**

*Quercus acutifolia* Née



*Q. candicans* Née  
*Q. greggii* (A. DC.) Trel.  
*Q. affinis* Scheidw.  
*Q. castanea* Née  
*Q. crassifolia* Humb. & Bonpl.  
*Q. glabrescens* Benth.  
*Q. laeta* Liebm.  
*Q. laurina* Bonpl.  
*Q. obtusata* Bonpl.  
*Q. ocoteifolia*  
*Q. aff. rugosa*  
*Q. sp.*

#### **Labiatae**

*Salvia* sp.

#### **Lauraceae**

*Litsea neesiana* (Schauer) Hemsl.

#### **Leguminosae**

*Calliandra grandiflora* (L'Hér.) Benth.  
Leguminosae 1

#### **Loganiaceae**

*Buddleia cordata* Kunth  
*Buddleia parviflora* Kunth

#### **Myrsinaceae**

*Heberdenia penduliflora* (A. DC.) Mez

#### **Onagraceae**

*Fuchsia* sp.

#### **Pinaceae**

*Abies aff. guatemalensis* Rehder  
*Abies hickelii* Flous & Gausson  
*Pinus ayacahuite* C. Ehrenb. Ex Schltldl.

*P. hartwegii* Lindl.  
*P. aff. herrerae* Martínez  
*P. lawsonii* Roetzl ex Gordon  
*P. leiophylla* Schiede ex Schltldl. & Cham.  
*P. maximinoi* H.E. Moore  
*P. montezumae* Lamb.  
*P. tecunumanii* Eguiluz & J.P. Perry  
*P. oaxacana* Mirov.  
*P. patula* var. *longipedunculata* Loock ex Martínez

#### **Rhamnaceae**

*Ceanothus coeruleus* Lag.

#### **Rosaceae**

*Amelanchier denticulada* (Kunth) K. Koch  
*Cercocarpus macrophyllus* C. K. Schneid.  
*Holodiscus argenteus* (L. F.) Maxim.  
*Prunus brachybothrya*  
*Prunus serotina* subsp. *capuli*

#### **Salicaceae**

*Salix paradoxa* Kunth

#### **Solanaceae**

*Cestrum laxum* Benth  
*Lycianthes* sp.

#### **Symplocaceae**

*Symplocos* sp.

#### **Tiliaceae**

*Tilia mexicana* Schltld

**APÉNDICE 2.** Matriz de especies-sitios. Las "X" indican la presencia de la especie en el sitio.

Especies	Sitio									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Abies aff. guatemalensis</i>	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-
<i>Abies hickelii</i>	-	-	-	-	-	-	X	X	-	X
<i>Agnus jorullensis</i> var. <i>jorullensis</i>	-	-	-	X	-	X	-	-	-	X
<i>Alloispermum integrifolia</i>	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-
<i>Amelanchier denticulata</i>	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Arbutus xalapensis</i>	X	X	X	X	X	X	-	X	X	X
<i>Arctostaphylos pungens</i>	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-
Asteraceae 1	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Baccharis</i> sp.	-	X	X	X	-	-	-	-	-	-
<i>Berberis lanceolata</i>	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-
<i>Brickellia</i> sp.	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-
<i>Buddleia cordata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-
<i>Buddleia parviflora</i>	-	-	X	X	-	-	-	-	-	-
<i>Calliandra grandiflora</i>	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ceanothus coeruleus</i>	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cercocarpus macrophyllus</i>	X	-	X	X	X	X	-	X	-	-
<i>Cestrum laxum</i>	-	-	-	X	-	-	-	X	-	X
<i>Clethra konzattiana</i>	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-
<i>Clethra galeottiana</i>	-	-	-	-	-	-	X	X	-	-
<i>Comarostaphylis discolor</i>	-	-	-	-	X	-	X	X	X	X
<i>Cornus disciflora</i>	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-
<i>Desmodium konzattii</i>	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eupatorium areolare</i>	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eupatorium sordidum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X
<i>Eupatorium</i> sp2	-	-	-	X	-	X	-	-	-	-
<i>Eupatorium</i> sp3	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-
<i>Eupatorium</i> sp4	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-
<i>Eupatorium</i> sp5	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-
<i>Eupatorium</i> sp6	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-
<i>Eupatorium</i> sp7	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Fourcraea longaevea</i>	-	-	X	-	X	-	-	-	-	-
<i>Fuchsia</i> sp.	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-
<i>Garrya laurifolia</i>	-	-	-	X	X	-	-	X	-	X
<i>Heberdenia penduliflora</i>	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-
<i>Holodiscus argenteus</i>	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-
Leguminosae 1	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Liabum</i> sp.	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-
<i>Litsea neesiana</i>	-	-	-	X	X	X	X	X	-	X
<i>Lonicera mexicana</i>	-	-	-	-	-	-	-	X	-	X
<i>Lycianthes</i> sp.	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-
<i>Oreopanax xalapensis</i>	-	-	-	-	X	-	X	X	-	X
<i>Pinus ayacahuite</i>	-	-	-	-	-	-	X	X	-	X
<i>P. hartwegii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-
<i>P. aff. herrerae</i>	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-

APÉNDICE 2. (continuación)

Especies	Sitio									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>P. lawsonii</i>	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-
<i>P. leiophylla</i>	-	X	X	-	-	X	-	-	-	-
<i>P. maximinoi</i>	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-
<i>P. montezumae</i>	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-
<i>P. tecunumanii</i>	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-
<i>P. oaxacana</i>	X	X	X	X	X	X	-	-	-	-
<i>P. patula</i> var. <i>longipedunculata</i>	-	-	X	X	X	X	-	X	-	-
<i>Perottetia ovata</i>	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-
<i>Prunus brachybothrya</i>	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-
<i>Prunus serotina</i> subsp. <i>capuli</i>	-	-	-	X	X	X	X	-	-	X
<i>Quercus acutifolia</i>	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-
<i>Q. candicans</i>	-	-	X	X	-	-	-	-	-	-
<i>Q. greggii</i>	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-
<i>Q. affinis</i>	-	-	-	X	X	-	-	-	-	-
<i>Q. castanea</i>	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Q. crassifolia</i>	X	X	X	X	X	X	-	-	-	-
<i>Q. glabrescens</i>	-	-	-	X	-	-	-	X	-	X
<i>Q. laeta</i>	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-
<i>Q. laurina</i>	-	-	-	-	-	X	-	X	-	X
<i>Q. obtusata</i>	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-
<i>Q. ocoteifolia</i>	-	-	-	X	X	-	X	X	X	-
<i>Q. aff. rugosa</i>	-	-	X	X	X	X	-	-	-	-
<i>Q. sp.</i>	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-
<i>Quetzalia occidentalis</i>	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-
<i>Roldana sartorii</i>	-	-	-	X	-	-	-	-	X	X
<i>Rumfordtia floribunda</i>	-	-	-	X	X	-	-	-	-	-
<i>Salix paradoxa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X
<i>Salvia</i> sp.	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-
<i>Sambucus mexicana</i>	-	-	-	-	-	-	X	-	X	-
<i>Senecio</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	X	-	X
<i>Stevia</i> sp.	-	X	-	X	-	X	-	-	-	-
<i>Symplocos</i> sp.	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-
<i>Telanthophora andrieuxii</i>	-	-	-	-	-	-	-	X	-	X
<i>Tilia mexicana</i>	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-
<i>Verbesina</i> sp.	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-
<i>Vigueria</i> sp.	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-
<i>Vernonia</i> sp.	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Viburnum acutifolium</i>	-	-	-	-	-	-	X	X	-	X
<i>Viburnum</i> sp.	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-