



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

Relación entre la diversidad estructural y la diversidad taxonómica en comunidades vegetales leñosas de una región tropical estacionalmente seca

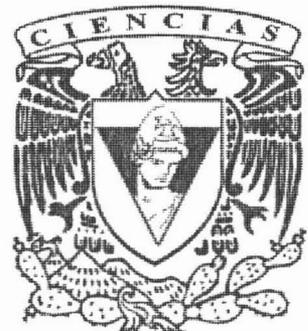
T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I Ó L O G O

P R E S E N T A:

JOSÉ ANTONIO SIERRA HUELSZ



FACULTAD DE CIENCIAS
UNAM

DIRECTOR DE TESIS: DR. JORGE ARTURO MEAVE DEL CASTILLO

2005

m. 344483





UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcionado.

NOMBRE: José Antonio Sierra Huelz
FECHA: 25/05/05
FIRMA:

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

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo escrito:
Relación entre la diversidad estructural y la diversidad taxonómica en
comunidades vegetales leñosas de una región tropical estacionalmente seca
realizado por José Antonio Sierra Huelz

con número de cuenta 40001644-7 , quien cubrió los créditos de la carrera de: Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis
Propietario Dr. Jorge Arturo Meave del Castillo

Propietario Dr. Víctor Joaquín Jaramillo Lucue

Propietario Dr. Carlos Martorell Delgado

Suplente Dra. Patricia Balvanera Levy

Suplente M. en Ecol. Bás. Eduardo Alberto Pérez García

Eduardo A. Pérez G.

Consejo Departamental de Biología

FACULTAD DE CIENCIAS

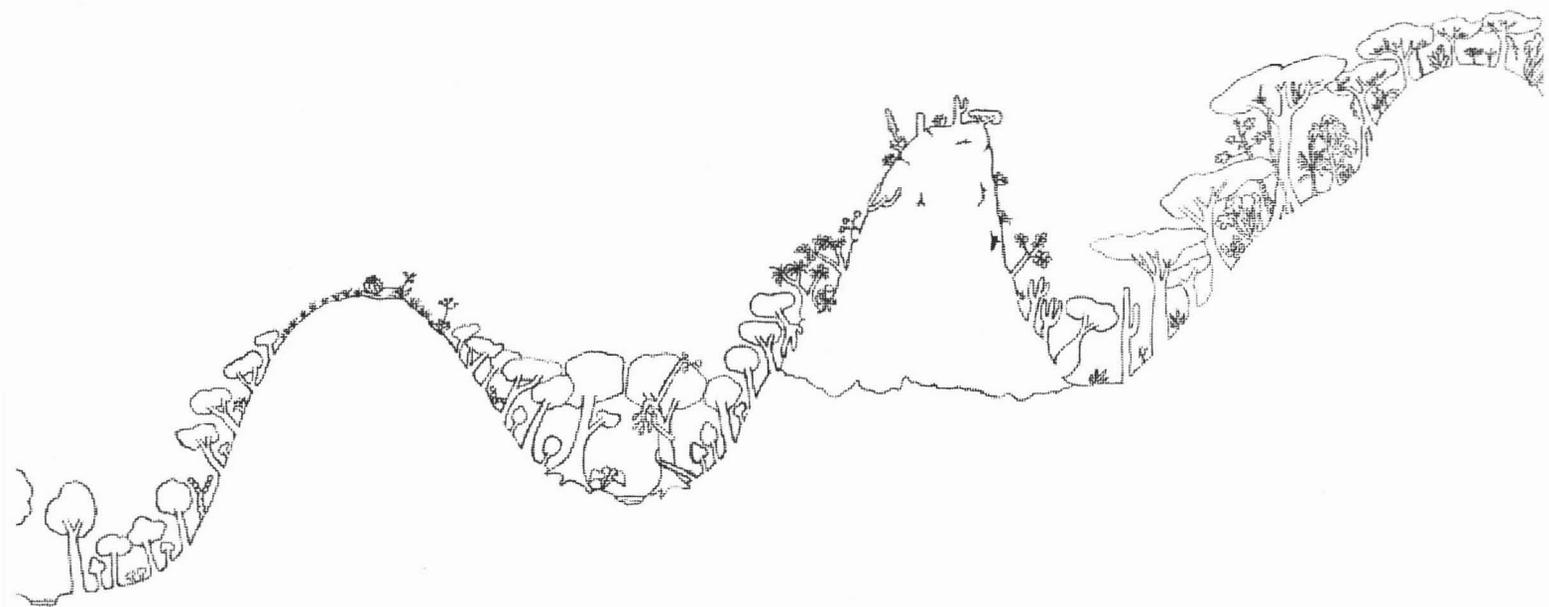
M. en C. Juan Manuel Rodríguez Chávez



A mis papas por traerme y quererme

A mis amigos por ser y estar

A mi Abue



*..troncos negros que sostenían profundos océanos de verde ...
masa de universos vivientes y minúsculos, cosmos vegetal en
donde la materia se halla completamente absorbida por la forma.*

M. Tournier

MUCHAS GRACIAS:

A Jorge Meave por su apoyo, dedicación y sobre todo por confiar en mí.

A Eduardo Pérez por compartir conmigo Nizanda, apoyarme constantemente e incluso por sus comentarios.

A ellos por contagiarme su pasión por las plantas.

A Carlos Martorell por sus comentarios siempre ricos y sus buenas vibras.

Muy agradecido estoy con el Dr. Víctor Jaramillo y la Dra. Patricia Balvanera por su tiempo y su minuciosa revisión, los cuales me enriquecieron.

Al buen Dr. Frans Bongers cuyos comentarios tuvieron un gran impacto en la concepción de este trabajo.

A mi cuasisinonal Alberto Gallardo por sus datos y su entusiasmo.

A la Bibis por la alegría de ser tu hijín. Sin tu cariño y apoyo esta tesis sería una utopía.

爸爸: 我要非常谢谢你, 由你的爱, 由你的支持, 你的儿子. 安东.

A Emiliano y Genaro, sin su amistad y la hospitalidad "Cruz", la cuesta hubiera sido doblemente empinada. Carnal, gracias.

Al Jarvis mi gran amigo.

A mi carnala la Ny por seguir compartiendo las lunas y las selvas.

A la Lai por todo el cariño y los talleres de cositas. El cácaro te saluda.

AAAbril por enseñarme a aflojar las caderas (seguiré intentando).

A Mariana por muchas cosas.

Muchas gracias a Ana y Paula (a pesar del queso somos amigos), Aletz (por el agua de lata y otras leyendas), al Toñito GP. (por la TT&Co.).

A los guayabos con los que he compartido algo más que el río, el cerro y las barrancas; su amistad siempre ha sido inspiradora y refrescante. Mel, Armando (gracias *binni guishi*), Mau, Gus, Chulis y Memelas.

A Rosa por su amistad y amistades (*Neotoma* y *Gopherus*).

Al Fab, la Liber y la Caro, por su cariño y todas las plantas que me determinarán.

A Adina, Ixchel y Hugo por el gusto de compartir esta maceta con ustedes. Sus porras, ayuda y cariño han hecho que este paso sepa mucho más rico.

A mis compañeros y amigos del laboratorio de ecología, especialmente a Marco Romero por mantener el buen humor y rescatarme todos los días de Bill Gates. A Iván peinadito por la buena sorpresa de su amistad. Al buen Oswi (su poesía), Yuri, Paty, Nancy, Irene, Julio A. y a todos que en el lab molesté y no se molestaron.

Muy especialmente a Dino y Julio por presentarme a los *yagas*, los *guitchis* y los *guishis*. Sin su ayuda el monte hubiera sido un acertijo mucho más complicado.

A *Na* Clau por el *ngupi*, los totopos, y la hamaca. Sin su sonrisa y el chocomil al final de cada jornada, Nizanda no sería tan bella.

A toda la *binni guishi* Dr. Maybe; Lulu *gué*; el Caimán; Iván Ch. (P. d. Patatín); Nino; Liz, Paty, Abi y Chato Reyes; y el Gui, por su apoyo, compartir el monte y los pinolillos. A los moreliates Ana Laura y Pablo P.P. que ya nos veremos en otros montes.

A mis maestros del taller Tere, Zenón, Silvia, Consuelo, y claro Jorge, por el gusto con el que me transmitieron la ecología.

A todos los que quiero y deberían estar aquí.

Agradezco al fondo sectorial CONACYT-SEMARNAT (Proyecto C01-0267) por el financiamiento de este trabajo y la beca que recibí. De la misma manera, mi gratitud para la Dirección de General del Personal Académico de la Universidad Nacional Autónoma de México que me otorgó un complemento de beca a través del proyecto PAPIIT-IN221503.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	
1.1 Presentación	1
1.2 Estructura de la vegetación	2
1.3 Diversidad estructural de la vegetación	3
1.3.1 Evaluación cuantitativa de la diversidad estructural	5
1.4 Objetivos	
2. ÁREA DE ESTUDIO	
2.1 Localización	9
2.2 Geología, geomorfología y suelos	9
2.3 Clima	10
2.4 Flora	10
2.5 Vegetación	10
2.5.1 Selva baja caducifolia	11
2.5.2 Selva mediana	12
2.5.3 Matorral subinermes	12
2.5.4 Bosque de galería	13
2.5.5 Matorral xerófilo	13
3. MÉTODOS	
3.1 Diseño de parcelas	15
3.2 Análisis de datos	16
3.2.1 Datos estructurales	16
3.2.2 Estimadores de diversidad taxonómica	17
3.2.3 Índice de diversidad estructural	18
3.3 Asociación entre las variables estructurales primarias	22
3.4 Efecto de la densidad sobre las variables estructurales primarias	22
3.5 Diferenciación entre tipos de vegetación	23
3.6 Efecto de la densidad y las variables estructurales primarias sobre el STVI	23
3.7 Relación entre estructura y diversidad taxonómica	23
3.8 Relaciones entre estratos	24

4. RESULTADOS	
4.1 Compilación de datos	25
4.2 Asociación entre las variables de talla máxima	25
4.3 Efecto de la densidad sobre variables estructurales primarias	26
4.4 Diferenciación entre tipos de vegetación	26
4.5 Efecto de la densidad y las variables estructurales primarias sobre el STVI	30
4.6 Relación entre la estructura y la diversidad taxonómica	31
4.7 Relaciones entre estratos	33
4.8 Relaciones entre el estrato alto y la diversidad taxonómica total	36
5. DISCUSIÓN	
5.1 Diversidad estructural: el problema de su significado y medición	39
5.2 Talla de la vegetación y diversidad estructural	42
5.3 Diversidad estructural y diversidad taxonómica	44
5.4 Talla de la vegetación y diversidad taxonómica	46
5.5 Consideraciones finales	48
LITERATURA CITADA	51
APÉNDICE I Valores de estructura y diversidad de las parcelas	57
APÉNDICE II Listado florístico de las parcelas	63

RESUMEN

La diversidad estructural (D.E.) de la vegetación es un concepto reciente en ecología. La D.E. refiere a la variación de los tamaños, las formas y la ubicación de los individuos en una comunidad vegetal. En la teoría ecológica frecuentemente se ha dado por hecho que existe una relación entre la D.E. y la diversidad taxonómica; sin embargo, ésta nunca ha sido comprobada ni evaluada explícitamente para la vegetación tropical. En este trabajo se exploró la relación entre la D.E. (medida como la variación de tallas de los individuos de una parcela) y la taxonómica (riqueza de especies e índices de diversidad), utilizando como sistema de estudio a la vegetación de la región Nizanda (SE de Oaxaca, México). Ésta es una región tropical estacionalmente seca en la que existen comunidades vegetales de estructura y composición diversa. Se compiló información estructural y de composición florística de 101 parcelas de 100 m², correspondientes a cinco tipos de vegetación: matorral xerófilo, matorral subinermé, selva baja caducifolia, bosque de galería y selva mediana. Cada planta con diámetro a la altura del pecho (DAP) ≥ 1 cm fue determinada taxonómicamente y se midió su altura, sus diámetros de copa y su DAP (estrato alto). Dentro de estas parcelas se establecieron subparcelas de 4 m², en las que se contaron e identificaron las plantas ≥ 30 cm, pero < 1 cm de DAP (estrato bajo). Se obtuvo la densidad, el número de especies, el índice H' de Shannon y el parámetro α de Fisher para cada estrato y para el conjunto de ambos. Para el estrato alto se obtuvo el área basal, la cobertura y el índice de diversidad estructural basado en varianza (STVI) para la altura, los diámetros de la copa y el DAP. No se encontró ninguna correlación lineal significativa entre el STVI y la diversidad taxonómica, ni tampoco entre las variables estructurales simples y la diversidad taxonómica. No obstante, al graficar estas últimas, se observaron ciertos umbrales en la distribución de los datos: no se presentaron parcelas poco desarrolladas estructuralmente que presentaran una diversidad taxonómica alta, lo cual sugiere la existencia de factores que limitan ambas variables. Los resultados de este estudio no apoyan la existencia de una relación entre la diversidad taxonómica y la D.E., y tampoco se encontró relación entre la D.E. y el tamaño de la vegetación. La contribución del enfoque de la D.E. a la solución de preguntas de la teoría en ecología de comunidades es todavía incierta, y la exploración futura de este tema requiere bases conceptuales más sólidas, mejores herramientas metodológicas, y poner a prueba estas relaciones en diversos ambientes.

ABSTRACT

The concept of 'vegetation structural diversity' (S.D.) is of recent appearance in ecology. This term is defined as the variation of individual sizes, forms and spatial arrangements within a plant community. In ecological theory the relationship between S.D. and taxonomical diversity has been frequently taken for granted. Nonetheless, this assumption has never been confirmed, nor evaluated for tropical vegetation. In this study I explored the relationship between S.D. (measured as among-individual size variation within a stand) and taxonomical diversity (species richness and diversity indices) in the region of Nizanda (Oaxaca, México). This is a seasonally dry tropical region characterized by a diverse array of plant communities largely differing in physiognomy, structure and floristic composition. Structural and floristic data were obtained for 101 plots (100 m² each) representing five plant communities: tropical dry forest, riparian forest, semi-evergreen tropical forest, xerophytic scrub, and semi-spiny scrub. Total height, two crown diameters, diameter at breast height (DBH) and taxonomical identity were recorded for each plant with a DBH \geq 1 cm (upper stratum). In smaller (4 m²) subplots within the large ones, plants > 30 cm high but with DBH < 1 cm were recorded and their taxonomical identity noted (lower stratum). Density, richness, Shannon Index (H'), and Fisher's α were calculated as indicators of taxonomical diversity for each stratum individually, and for the two of them together. Basal area, cover, and a variance-based structural diversity index (STVI) for height, crown diameter, and DBH were obtained for each plot. No significant linear correlation was obtained between STVI and taxonomical diversity, nor between simple structural variables and taxonomical diversity. However, a pattern on data distribution was noted: there are no structurally well developed plots possessing a high taxonomic diversity. This suggests the existence of factors that are limiting for both variables. These results do not support the existence of a relationship between taxonomical diversity and S.D., nor between S.D. and vegetation size. The contribution of the S.D. approach to community ecology is still uncertain; future exploration of this subject requires more solid conceptual bases, improved methodological tools and the evaluation of these relationships in a wider range of environments.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Presentación

La crisis ambiental de los últimos años ha impulsado el estudio de los diversos componentes de la diversidad biológica en sus en diferentes ámbitos y escalas (Huston, 1996; Dallmeier y Comiskey, 1998). En este contexto, el estudio de las relaciones entre los distintos componentes de la diversidad biológica ha cobrado gran interés para la ecología (Purvis y Hector, 2000; Naeem, 2001).

A lo largo de la historia de la ecología de comunidades vegetales, la estructura, la composición y la diversidad de especies han sido algunos de sus principales objetos de estudio. La variación de estas características ha sido ampliamente estudiada (*i.e.* Gentry, 1982; Richards, 1996; White y Hood, 2004), a partir de lo cual se han formulado diversas hipótesis acerca de la naturaleza de las comunidades vegetales (*i.e.* Weaver y Clements, 1929; Connel, 1978; Hubbell, 2001). Sin embargo, la relación entre la diversidad de las especies que la componen y la estructura que éstas forman ha sido poco explorada.

A pesar del gran número de estudios de estructura y composición realizados en una multitud de comunidades, y de que en términos teóricos se ha considerado importante la relación entre la estructura de la vegetación (en particular su talla) y la diversidad de especies que la componen (Huston, 1996), relativamente pocos autores han explorado esta relación (Hall y Swaine, 1976; Huston, 1980; Salas, 2002). Generalmente las explicaciones dadas a esta relación han tenido más que ver con el ambiente que con la dinámica de la comunidad misma. Sin embargo, a pesar de que se cuenta con esta clase de datos para un gran espectro de comunidades, los trabajos que han examinado esta relación generalmente incluyen uno o pocos tipos de vegetación, por lo que su interpretación es limitada.

Como un enfoque alternativo en el estudio de las comunidades vegetales, recientemente surgió el concepto de “diversidad estructural”. Bajo este concepto se engloba un conjunto de medidas cuantitativas cuyo fin es evaluar la heterogeneidad de la estructura de una comunidad. Aunque varios de estos índices de diversidad estructural han sido desarrollados como herramientas metodológicas para el manejo forestal (Jaehne y Dohrenbusch, 1997; Staudhammer y Le May, 2001), dichas medidas han sido también ampliamente utilizadas como predictores de la diversidad biológica. Sin embargo, los

estudios de este tipo se han concentrado en el papel que tiene la heterogeneidad del hábitat generado por la estructura de las plantas sobre la diversidad de animales y de plantas epífitas (MacArthur y MacArthur, 1961; Romero-Alcaraz y Ávila, 2000; Nadkarni *et al.*, 2001; Nieder, 2001; Berg, 2002; McCleary y Mowat, 2002; Brose, 2003), dejando a un lado la posible relación entre diversidad estructural de la vegetación y la diversidad taxonómica de las mismas plantas. Esta relación no ha sido debidamente evaluada, a pesar de que en la literatura ecológica clásica su existencia ha sido dada por hecho (Ricklefs, 1996; Richards, 1996).

En este contexto, el presente este trabajo explora esta relación, utilizando como modelo de estudio a la vegetación de un paisaje complejo de una región tropical estacionalmente seca del sur de México, la cual comprende comunidades vegetales de estructura y composición diversa.

1.2 Estructura de la vegetación

La estructura de la vegetación es un concepto que tiene diversas definiciones. Una de las más incluyentes es la que la concibe como el arreglo espacial de todas las partes vegetales de un rodal, como son las ramas, los tallos, las hojas y los brotes (Fahey, 2001). De esta manera, la estructura de un bosque está determinada principalmente por el conjunto de las arquitecturas, los tamaños (Ferguson y Archibald, 2002) y la posición de cada individuo en el rodal (Kint *et al.*, 2003).

A pesar de que la estructura de la vegetación es un concepto bastante amplio, generalmente ésta ha sido cuantificada en términos de las tallas de sus componentes, y se ha resumido en función de su altura y del área cubierta por el conjunto de sus copas y sus tallos (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974; Barbour *et al.*, 1999; Kent y Coker, 2003). Estas medidas, que pueden ser aglutinadas como estimaciones de desarrollo estructural, han sido relacionadas con la diversidad taxonómica de la comunidad.

Se considera que la relación observada entre el desarrollo estructural y la diversidad de especies es una expresión de la disponibilidad de recursos, la favorabilidad de las condiciones del sitio y los niveles de exclusión competitiva (Huston, 1996). En especial, la altura de la vegetación ha sido relacionada con la disponibilidad de agua, y a su vez las dos han sido relacionadas con la diversidad vegetal. Por ejemplo, en las selvas secas de la costa sur de Oaxaca se encontró una relación positiva, aunque débil, entre la diversidad de

especies y la altura del dosel (Salas, 2002), y en las selvas húmedas de Costa Rica se observó que las comunidades más diversas en especies presentan alturas intermedias (Huston, 1980). Este último patrón ha sido atribuido al hecho de que en sitios muy favorables, las especies de mayor altura son las mejores competidoras y por lo tanto capaces de excluir a otras (Huston, 1996).

1.3 Diversidad estructural de la vegetación

Más allá de las medidas de desarrollo estructural, la estructura de la vegetación tiene otras propiedades que han sido poco exploradas. En este sentido, uno de los enfoques más promisorios para el estudio de la vegetación es el de la diversidad estructural. En realidad, éste es un concepto novedoso que todavía no ha sido definido claramente, a pesar de que existen diversos índices que la miden y de que la literatura teórica se refiere a ella con cierta frecuencia (Huston, 1996; Richards, 1996; Ricklefs, 1996). De manera general, la diversidad estructural de la vegetación ha sido definida, aunque a veces tácitamente, como la diversidad y variación de las formas, los tamaños y las posiciones de las plantas y sus partes en una parcela o rodal.

La diversidad de arquitecturas, tamaños y posiciones del conjunto de plantas, es decir, la diversidad estructural de la vegetación, contribuye a la heterogeneidad de condiciones microambientales en un sitio; esto se traduce en la diversidad de hábitat disponible para los organismos (MacArthur y MacArthur, 1961; Romero-Alcaraz y Ávila, 2000; Nadkarni *et al.*, 2001; Nieder, 2001; Berg, 2002; McCleary y Mowat, 2002; Brose, 2003). Estas ideas han sido puestas a prueba para varios organismos, relacionando la diversidad estructural de la vegetación con su diversidad taxonómica. Ejemplos de ello son las aves (MacArthur y MacArthur, 1961; Berg, 2002), los coleópteros (Romero-Alcaraz y Ávila, 2000; Brose, 2003), las plantas epífitas (Nadkarni *et al.*, 2001; Nieder, 2001), y la fauna en general (McCleary y Mowat, 2002). Estos estudios han permitido reconocer a la diversidad estructural como un componente importante de la diversidad biológica (Fahey, 2001).

Aunque se ha propuesto que en el caso de las plantas que forman la estructura de la vegetación también debería existir una relación positiva entre la diversidad taxonómica y la diversidad estructural de la vegetación (Ricklefs, 1996; Richards, 1996), ésta no ha sido comprobada. La explicación más sencilla para la existencia de esta relación parte de la idea

de que cada especie posee rasgos morfológicos, arquitecturales y tallas potenciales característicos. Así, la presencia de una mayor diversidad de especies en una comunidad implicaría una mayor variación de formas y tamaños de sus componentes y, por lo tanto, se traduciría en una comunidad vegetal de estructura más diversa.

La posible relación entre diversidad estructural y diversidad de especies también puede ser asociada a la heterogeneidad de las condiciones ambientales generadas por la estructura. Sin embargo, en el caso de las plantas que forman la estructura, dicha relación tendría consecuencias que rebasan la mera disponibilidad de hábitat. El principal aspecto que hace que dicha relación sea diferente es justamente que esta estructura es generada por los organismos cuya diversidad está siendo evaluada; esta característica está dado por la condición de las plantas como generadoras autogénicas de heterogeneidad, lo que significa que debido a su carácter sésil, su crecimiento y desarrollo altera la estructura del propio organismo como parte del ambiente que está modificando (Pickett *et al.*, 2000). Otro aspecto que hace particular la relación de una planta con la estructura de la vegetación, es que todas las plantas requieren la misma clase de recursos, por lo que la competencia puede moldear la estructura de cada individuo y, consecuentemente, el de la comunidad (Fitter y Hay, 2002). Sin embargo, a pesar de que los recursos necesarios para el crecimiento de las plantas son por lo general los mismos, la variación de las cantidades requeridas por cada especie es importante (Vázquez-Yanes *et al.*, 1990; Fitter y Hay, 2002; Marod *et al.*, 2004). Además, hay que considerar que la presencia de estructuras vegetales crea condiciones que permiten la existencia de otras especies en la comunidad.

Dadas las características particulares de las plantas mencionadas arriba, la existencia de una relación positiva entre la diversidad estructural de la vegetación y la diversidad de especies se puede explicar a través de la retroalimentación biológica de la heterogeneidad (Pickett *et al.*, 2000). En primer lugar, los patrones estructurales de la comunidad vegetal, por ejemplo el arreglo espacial de sus componentes, la superposición de copas, la densidad foliar, las estructuras radiculares y la conectividad de las copas a través de las lianas, generan patrones complejos de disponibilidad de recursos; esto se logra por medio de la modulación de los flujos de luz, agua y nutrientes (Pickett *et al.*, 2000; Jones *et al.*, 1997; Bongers y Sterck, 1998), así como la modificación de la disponibilidad de espacio. Así, la diversidad estructural (también llamada complejidad estructural) genera una amplia variación de condiciones y recursos que hacen posible la coexistencia de especies con diferentes morfologías y requerimientos.

En segundo lugar, así como las especies vegetales pueden requerir condiciones diferentes para su germinación, crecimiento y desarrollo, éstas también generan distintas condiciones microambientales para otras. De hecho, la heterogeneidad del ambiente lumínico es un buen ejemplo de este efecto (Vázquez-Yanes *et al.*, 1990; Jones *et al.*, 1997, Picket *et al.*, 2000, Watling y Press, 2000; Marod *et al.*, 2004). La arquitectura, la talla y la fenología de los árboles del dosel determinan la cantidad de luz que llega a los árboles juveniles y del subdosel, influyendo así en su arquitectura (Bongers y Sterck, 1998). La complejidad de la matriz vegetal en un sitio está relacionada con las condiciones lumínicas en términos de cantidad, periodicidad y espectro en un determinado punto del sotobosque; esto favorece a su vez el reclutamiento diferencial de plántulas, determinando a la larga la diversidad de los árboles que crecerán en el sitio (Bongers y Sterck, 1998). A pesar de la lógica que subyace estas relaciones, la evidencia empírica que las demuestra aún es parcial (Jones *et al.*, 1997).

Otro factor que podría contribuir indirectamente a la retroalimentación de la heterogeneidad es la presencia de animales dispersores. Como se mencionó atrás, una mayor diversidad estructural de la vegetación aumenta la disponibilidad y variedad de hábitat disponible para animales dispersores, como murciélagos y aves (MacArthur y MacArthur, 1961; Berg, 2002; McCleary y Mowat, 2002). A su vez, la variedad de éstos incrementa la probabilidad de que la comunidad vegetal reciba diásporas de nuevas especies e incremente su propia diversidad. Así, la relación entre la diversidad de la estructura vegetal y la diversidad animal puede retroalimentar indirectamente la diversidad taxonómica de la propia comunidad vegetal.

1.3.1 Evaluación cuantitativa de la diversidad estructural

En la descripción cuantitativa de la diversidad estructural han sido incluidas variables como la diversidad de formas de vida y crecimiento, el número de estratos, el grado de traslape de las copas, la variación en las distancias a vecinos y la distribución de los individuos en clases de tamaño (MacArthur y MacArthur, 1961; Kint *et al.*, 2003; Neumann y Staringer, 2001; Staudhammer y LeMay, 2001; Ricota *et al.*, 2002). Además, se ha desarrollado un gran número de índices que intentan resumir distintas características estructurales de un rodal en un solo valor (Tabla 1). Sin embargo, en realidad pocos de ellos sintetizan adecuadamente la diversidad de estas variables. En general, podemos reconocer a los que sí logran este fin como índices de diversidad estructural. Desafortunadamente, con

frecuencia éstos son confundidos con otro tipo de índices que integran datos de muy diversa índole, tales como tallas máximas, densidades de individuos, riqueza y diversidad de especies, los cuales pueden agruparse bajo el término de índices de desarrollo del rodal. Si bien estos últimos tienen utilidad en el manejo forestal, su significado biológico no es claro, como en el caso de los índices propuestos por Holdridge (1996) y Jaehne y Dohrenbusch (1997).

Dada la amplitud que abarca el concepto de diversidad estructural, el presente estudio se enfoca exclusivamente en un componente de ella, concretamente la variación de los tamaños de las plantas en parcelas de vegetación. Esta decisión obedece tanto a razones prácticas, pues los datos necesarios para el análisis estaban disponibles o podían conseguirse con relativa facilidad, como teóricas, ya que esta variación puede tener implicaciones importantes en términos de la diferenciación en el uso que las especies hacen del espacio.

Hasta el momento, al parecer sólo se ha publicado un estudio en el que se evalúa explícitamente la relación entre ambas diversidades –taxonómica y estructural– de la vegetación (Neumann y Starlinger, 2001); es interesante, sin embargo, que dicho estudio no logró comprobar esta relación. En ese trabajo, basado en datos de 20 parcelas de 0.25 ha en bosques templados de Austria, se correlacionaron varios índices de diversidad de especies, por un lado, y de desarrollo del rodal y de diversidad de la distribución horizontal (CE, CI, PI y GI, ver Tabla 1), por el otro. A pesar de esos resultados, la pregunta sobre dicha relación permanece abierta: por una parte, los índices utilizados en ese estudio son cuestionables, y por otra, permanecía la necesidad de evaluar esta relación en sistemas tropicales, para los cuales fue propuesta en un principio (Richards, 1996).

Tabla 1.1. Índices de diversidad estructural y de desarrollo de rodal.

Autor	Nombre	Características evaluadas
Clark y Evans (1954)	CE	Divergencia de un rodal de bosque con respecto a la de un rodal con una distribución totalmente aleatoria (Poisson)
MacArthur y MacArthur (1961)	FHD	Distribución del follaje en capas verticales.
Cox (1971, en Neumann y Starlinger, 2001).	CI	Variación de la densidad de tallos entre submuestras.
Holdridge <i>et al.</i> (1971, en Holdridge, 1996)	CI	Alturas máximas, densidad de tallos, área basal y número de especies.
Von Gadow (1993, en Kint <i>et al.</i> , 2003).	TH _i	Diferenciación de alturas entre vecinos.
Jaehne y Dohrenbusch (1997)	B	Variación de especies, DAP, distancia, copas.
Latham <i>et al.</i> (1998)	TSTRAT	Estratificación basándose en análisis de clasificación de variables estructurales (altura, DAP, diámetro de copa).
Von Gadow (1998, en Neumann y Starlinger, 2001).	GI	Estructura horizontal, considerando la media de los ángulos entre cada árbol y sus vecinos.
Neumann y Starlinger (2001)	H'	Probabilidad de elegir al azar un individuo de cierta clase de tamaño (índice de Shannon).
Neumann y Starlinger (2001)	VE	Equitatividad en la distribución del follaje en capas verticales.
Staudhammer y Le May (2001)	STVI	Varianza de cualquier atributo de tamaño, pudiéndose integrar diversas variables estructurales.
Kint <i>et al.</i> (2003)	γ_2 (h)	Variación espacialmente explícita de una variable estructural utilizando teoría geoestadística y variogramas.

1.4 Objetivos

El objetivo general del presente estudio fue determinar, en un conjunto de comunidades vegetales presentes en una región tropical estacionalmente seca, si existía una relación entre la diversidad estructural y la diversidad taxonómica.

Como objetivos particulares se plantearon los siguientes:

- Determinar si el desarrollo estructural y las diversidades estructural y taxonómica tienen patrones generalizables entre los diferentes tipos de vegetación.
- Evaluar la relación entre la diversidad estructural de la vegetación y la diversidad taxonómica de las plantas del estrato alto (arbustivo-arbóreo).
- Determinar si el desarrollo estructural, la diversidad estructural y la diversidad del taxonómica del estrato alto, están relacionadas con la riqueza y la diversidad de las plantas del sotobosque.
- Evaluar el comportamiento del índice de diversidad estructural como función de la talla de la vegetación comprendida en el conjunto de comunidades estudiadas.

2. ÁREA DE ESTUDIO

2.1 Localización

El estudio se realizó en los alrededores del poblado de Nizanda, el cual se localiza en la vertiente pacífica del Istmo de Tehuantepec, en el municipio de Asunción Ixtaltepec, distrito de Juchitán (Oaxaca, México; 16° 39' 30" N, 95° 00' 40" O). La región de Nizanda comprende una superficie aproximada de 10,000 ha (Pérez-García *et al.*, 2001).

2.2 Geología, geomorfología y suelos

Nizanda se encuentra en el límite sur-occidental de la subprovincia fisiográfica Depresión Istmica de Tehuantepec (Ortiz-Pérez *et al.*, 2004). En la región convergen varios sistemas montañosos y fisiográficos: por el norte limita con la vertiente atlántica de las tierras bajas del Istmo de Tehuantepec, al oeste con la Sierra Mixe, al este con la Sierra de Tolistoque, y al sur con la Planicie Costera del Golfo de Tehuantepec (Pérez-García *et al.*, 2001; Ortiz-Pérez *et al.*, 2004). El rasgo geomorfológico dominante son lomeríos de baja altitud (de aprox. 250 m), con laderas medianamente pronunciadas, desarrolladas sobre una geología de rocas metamórficas (al parecer filitas), moldeadas principalmente por erosión hídrica (Pérez-García *et al.*, 2001). En sus cimas los suelos son someros y pedregosos, pero éstos se hacen más profundos hacia el piedemonte y los pequeños valles situados entre las colinas. Este paisaje ondulado está cortado de manera abrupta por la presencia de varios cerros muy escarpados, orientados de noroeste a sureste, formados por afloramientos de roca caliza del Cretácico Inferior, en los que el sustrato rocoso suele estar muy expuesto, sobre todo en las partes más altas. El Cerro Verde, que es el más alto de ellos, alcanza una elevación aproximada de 500 m. La variación altitudinal de la región abarca un intervalo que va de poco menos de 100 m en el cauce bajo del Río Verde, hasta cerca de 750 m en la cima de Cerro Naranja (también conocido como La Ceiba; INEGI, 1981). En el Cerro Naranja y las zonas aledañas a éste se presentan rocas metamórficas del Mesozoico. Por último, la Planicie Costera del Pacífico está conformada por sedimentos continentales del Cuaternario, más profundos (>1 m) y arenosos, aunque a veces presentan texturas más finas (SPP, 1981; L. Solari, com. pers.).

2.3 Clima

A pesar de la carencia de una estación meteorológica en Nizanda, se puede inferir el tipo climático regional a partir de información cartográfica y de estaciones meteorológicas cercanas. El clima es cálido subhúmedo, con lluvias en verano, y corresponde a la fórmula climática $Aw_0(w)igw''$ (García, 1988); la temperatura media anual es de alrededor de 27°C y la precipitación total anual fluctúa entre 900 y 1,000 mm. En la región se observa un conspicuo gradiente de precipitación descendente de norte a sur. Es probable que en los cerros más altos la precipitación sea mayor, especialmente en el Cerro Naranjo, donde la precipitación horizontal parece ser importante debido a la frecuente incidencia de neblina. Un patrón similar existe para las temperaturas, las cuales muestran un gradiente decreciente de noroeste a sureste (SPP, 1984a, b).

2.4 Flora

Pérez-García *et al.* (2001) reportaron para la región de Nizanda un total de 746 especies de plantas distribuidas entre 458 géneros y 119 familias, aunque datos más recientes indican que la cifra actual es mayor a 900 especies, e incluso se estima que el listado pueda llegar a 1,000 especies (Pérez-García *et al.*, en prensa). La región de Nizanda tiene una localización particular desde el punto de vista biogeográfico; en ella el parteaguas continental que separa las vertientes atlántica y pacífica es tan bajo que permite la existencia de uno de los pocos corredores interoceánicos de tierras bajas del continente. Estas características geográficas, aunadas a la heterogeneidad de las condiciones edáficas y microclimáticas, favorecen la presencia de taxa vegetales típicos tanto de zonas áridas, como de tropicales húmedas y secas.

2.5 Vegetación

Pérez-García *et al.* (2001) propusieron que en la región de Nizanda el sustrato y la disponibilidad de agua son los principales factores ambientales que determinan la diferenciación florística y estructural de las comunidades vegetales presentes en ella. Dichos autores reconocieron siete tipos de vegetación: selva baja caducifolia, selva mediana, bosque de galería, matorral espinoso, sabana, vegetación acuática y subacuática, y matorral xerófilo. A partir de la publicación de su trabajo se ha continuado con las excursiones de colecta y se ha estudiado la estructura y composición de distintos tipos de vegetación de la región. López-Olmedo (2001) hizo una caracterización de las sabanas,

Lebrija-Trejos (2001) analizó la vegetación ribereña (bosque de galería y selva mediana), Pérez-García (2002) estudió la vegetación de los afloramientos calizos (matorral xerófilo y selva baja caducifolia), mientras que Gallardo (2004; Gallardo-Cruz *et al.*, 2005) analizó la selva baja caducifolia del Cerro Verde. A continuación se presentan las principales características de los tipos de vegetación presentes en Nizanda (según la clasificación de Pérez-García *et al.* [2001], excepto el matorral espinoso, que fue considerado como matorral subinermé), que fueron incluidos en el presente trabajo.

2.5.1 Selva baja caducifolia

La selva baja caducifolia (SBC) es el tipo de vegetación predominante y más heterogéneo de la región (Pérez-García *et al.*, 2001). Generalmente su dosel presenta una altura de 9 m, aunque en algunos sitios llega a tener elementos emergentes que llegan a 17 m (Gallardo-Cruz *et al.*, 2005). En la región, la SBC se presenta en altitudes desde 100 m hasta alrededor de 500 m en la cima del Cerro Verde. Las variaciones fisiológicas y de composición más notables están asociadas a características litológicas, fisiográficas y edáficas. Se han identificado dos variantes principales de la selva baja caducifolia, cuyas diferencias están marcadas por las características del sustrato.

En primer lugar se distingue la selva baja caducifolia sobre roca caliza, la cual se desarrolla en la transición entre el matorral xerófilo y la selva baja caducifolia sobre suelo. La SBC sobre roca incluye especies arbóreas rupícolas (*e.g.* *Ficus* spp.), arborescentes (*e.g.* *Beaucarnea recurvata*), así como plantas capaces de crecer en suelos rocosos poco desarrollados (*Jacaratia mexicana* y *Pseudobombax ellipticum*). El sotobosque está dominado por numerosas cactáceas, orquídeas y aráceas. En este tipo de vegetación son notables los elementos endémicos como *Agave nizandensis* y *Encyclia nizandensis* (Pérez-García *et al.*, 2001; Pérez-García y Meave, 2004).

En la otra variante, la selva baja caducifolia sobre suelo, tienen especial importancia estructural *Bursera* spp., *Euphorbia schlechtendalii*, *Pilosocereus collinsii* y *Capparis verrucosa* (Gallardo-Cruz *et al.*, 2005). También son comunes especies de las familias Fabaceae, Mimosaceae y Bignoniaceae, entre otras. En el sotobosque son comunes especies de Cactaceae, Fabaceae, Apocynaceae y Theophrastaceae. Las trepadoras en general son muy frecuentes; entre las hierbas son comunes las familias Asclepiadaceae y Convolvulaceae, y entre las especies leñosas lo son las familias Bignoniaceae, Malpighiaceae y Sapindaceae (Pérez-García *et al.*, 2001).

2.5.2 Selva mediana

La selva mediana (SM) se desarrolla en los sitios con mayor humedad de la región. En general su dosel tiene una altura de 15 a 20 m, con algunos árboles emergentes que rebasan 25 m. Las selvas medianas en Nizanda presentan un amplio espectro fenológico que abarca desde las selvas subcaducifolias hasta las perennifolias, dependiendo de la disponibilidad de agua del sitio.

En Nizanda, las selvas medianas crecen tanto a lo largo de los cauces de arroyos (selva ribereña), como en las porciones de mediana y alta elevación en el Cerro Naranjo. Aparentemente existe una diferenciación florística importante entre estas dos variantes, lo cual podría estar dado en parte por las distintas condiciones ambientales y los regímenes de disturbio a los que están sujetas cada una. Las primeras están sujetas a las crecidas de los arroyos, los cuales afectan principalmente a los individuos del sotobosque (Lebrija-Trejos, 2001), mientras que las selvas del Cerro Naranjo crecen sobre un sustrato muy inestable, debido a la fuerte pendiente y a lo gravoso del sustrato, y a elevaciones mayores.

Las selvas medianas ribereñas se desarrollan a lo largo del curso alto de los arroyos. Dependiendo del grado de permanencia del cuerpo de agua y de la situación topográfica del sitio, se presentan selvas medianas ribereñas tanto subcaducifolias como subperennifolias. Las especies de mayor importancia estructural para esta vegetación son *Andira inermis*, *Cynometra oaxacana*, *Piper* sp., *Astronium graveolens*, *Thouinidium decandrum*, *Lonchocarpus* spp. (Lebrija-Trejos, 2001).

Las selvas medianas del Cerro Naranjo se presentan a altitudes superiores a 300 m. En la parte baja de su distribución ésta es subcaducifolia, pero por encima de 450 m adquiere un carácter subperennifolio. Especies características de esta comunidad son *Brosimum alicastrum*, *Manilkara zapota*, *Garcinia intermedia*, *Faramea occidentalis*, y *Chamaedorea* spp., principalmente.

2.5.3 Matorral subinerme

Esta comunidad fue descrita por Pérez-García *et al.* (2001) como matorral espinoso. Sin embargo, la mayor parte de sus elementos son inermes y se comparten con otras selvas bajas de la zona, por lo que en el presente trabajo se le consideró como matorral subinerme. Esta comunidad se desarrolla sobre un suelo poco desarrollado con gravas de filita. Este tipo de vegetación presenta un dosel continuo de alrededor de 3 m de altura, teniendo elementos que alcanzan 5 m. Se presenta en la transición entre las selvas bajas

sobre suelo derivado de filitas y la sabana, en posiciones topográficas cercanas a las cimas de las lomas. Como elementos arbóreos característicos de esta comunidad podemos mencionar a *Amphipterygium adstringens*, *Exostema caribaeum* y *Mimosa goldmanii* (Pérez-García *et al.*, 2001). En las partes cercanas a las sabanas *Byrsonima crassifolia* es el elemento arbóreo más común (López-Olmedo, 2001).

2.5.4 Bosque de galería

El bosque de galería (BG) se distribuye potencialmente en las riberas del cauce bajo del Río Verde, donde se encuentran los suelos más profundos. Sin embargo, en la actualidad su distribución está muy fragmentada, ya que esta área ha sido la más afectada por las actividades agrícolas. Los remanentes del bosque de galería se caracterizan por la dominancia de *Astianthus viminalis*, *Thounidium decandrum* y *Enterolobium cyclocarpum*. El BG presenta un dosel más o menos abierto, en general de menor altura que las selvas medianas, con alturas máximas de 18 m (Lebrija-Trejos, 2001).

2.5.5 Matorral xerófilo

En la región, el matorral xerófilo (MX) se presenta a manera de manchones aislados sobre paredes y escarpes calizos, teniendo como principales elementos a los crasicaulés áfilos. Los MX están constituidos fundamentalmente por un estrato bajo (< 1m), en el que las especies más frecuentes son *Agave ghiesbreghtii*, *Hechtia* spp. y *Mammillaria* spp. En el MX existe un estrato arbóreo-arbustivo bajo y discontinuo, en el que son comunes especies como *Comocladia engleriana*, *Pseudosmodingium multifolium*, *Plumeria rubra* y *Cephalocereus nizandensis*. Este tipo de vegetación y la SBC sobre roca son las que presentan más endemismos en la región (Pérez-García *et al.*, 2001; Pérez-García y Meave, 2004).

3. MÉTODOS

3.1 Diseño de las parcelas

El diseño metodológico del trabajo se orientó hacia la obtención de la mejor representación posible de la variación estructural y de la composición que presentan las comunidades vegetales leñosas de la región de Nizanda. Para ello, se compilaron datos de 101 parcelas de vegetación de 100 m²; para 83 de ellas los datos habían sido obtenidos en trabajos previos, mientras que 18 parcelas fueron establecidas y muestreadas durante el presente estudio. Las 26 parcelas de vegetación ribereña estudiadas por Lebrija-Trejos (2001) tenían forma rectangular (20 × 5 m) y estaban dispuestas en forma paralela al río; en su interior se trazaron cuatro cuadros de 2 × 2 m para el registro de plantas pequeñas. A diferencia de éstas, las 75 parcelas restantes fueron cuadros de 10 m de lado, en cuyo interior se trazaron cinco cuadros de 2 m de lado (ver figura 3.1). En las parcelas de 100 m² se identificaron y midieron las plantas con diámetro a la altura del pecho (DAP) ≥ 1 cm. En conjunto, estas plantas fueron denominadas estrato alto (EA) y de ellas se tomaron datos de altura, DAP y dos diámetros de copa (mayor y menor). En las parcelas de 4 m² se identificaron taxonómicamente las plantas con altura > 30 cm, con DAP < 1 cm; a este conjunto se le denominó estrato bajo (EB).

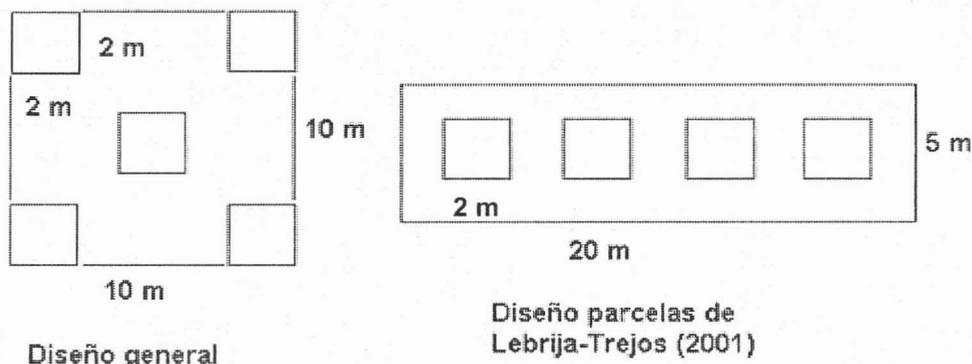


Figura 3.1. Diagrama esquemático de las parcelas utilizadas para obtener datos estructurales y de composición para el presente estudio.

Las parcelas utilizadas en los estudios previos fueron elegidas bajo diversos criterios, dependiendo de los objetivos particulares de cada trabajo. Para Gallardo-Cruz

(2004), la presencia de selva baja caducifolia sobre suelo (SBCs), la cota altitudinal, la orientación de ladera y la ausencia de afloramientos superficiales de roca caliza fueron los criterios de selección de sus 30 sitios de muestreo en el Cerro Verde. Lebrija-Trejos (2001) estudió la vegetación ribereña en Nizanda, para lo cual realizó muestreos a lo largo del curso del Río Verde, tanto en selva mediana (SM) como en bosque de galería (BG); él seleccionó 26 sitios (18 en SM y 8 en BG) en los que la vegetación tuviera el mejor estado de conservación posible. En el caso del trabajo de Pérez-García (2002), el autor eligió 27 sitios de muestreo en zonas de afloramientos calizos, colocándolos de modo que quedaran representados equitativamente el matorral xerófilo (MX), la selva baja caducifolia sobre roca (SBCr) y la selva baja caducifolia sobre suelo (SBCs).

Los criterios de selección de las parcelas añadidas al conjunto anterior que se estudiaron específicamente para este trabajo fueron, por un lado, que la vegetación tuviera un buen estado de conservación, y por el otro, que su ubicación espacial permitiera abarcar la mayor variación estructural y de composición posible. Se incluyeron cinco parcelas en matorral subinermes (MI), cinco parcelas en selva mediana (SM) en las laderas y barrancas del Cerro Naranja, y ocho parcelas en selva baja caducifolia sobre suelo derivado de rocas metamórficas.

3.2 Análisis de datos

Para cada parcela era necesario contar con datos de densidad (número de individuos), riqueza (número total de especies), tanto para cada estrato por separado como para el conjunto de los dos, cobertura total y área basal total del estrato alto, así como los valores mínimo, máximo, promedio, el intervalo y la varianza de la altura, los diámetros de copa y el diámetro a la altura del pecho (DAP), o varios de éstos en caso de plantas policaulescentes. Una vez que se conjuntaron estos datos, se conformó una matriz única para el análisis. Para algunos conjuntos de datos fue necesario realizar el cálculo de los valores de área basal y de cobertura, ya que éstos no estaban disponibles.

3.2.1 Datos estructurales

Las variables estructurales utilizadas para el análisis fueron: altura (ALT = altura total de la planta, en m); diámetros de copa (DC , considerando dos ejes, el diámetro mayor [d_1] y el menor [d_2], en m); DAP (aprox. a 1.3 m del suelo, en cm); área basal (AB = definida como la suma de las áreas basales de todos los individuos de la parcela, en cm^2); y cobertura (C =

suma de las áreas cubiertas por cada planta, en m²).

El área basal (AB) se obtuvo mediante la fórmula:

$$AB = \frac{\pi}{4} \sum_{i=1}^N D_i^2$$

donde: D_i es el DAP de cada tallo.

Para el cálculo de la cobertura (C) se usó la fórmula:

$$C = \frac{\pi}{4} \sum_{i=1}^N (d_1 + d_2)^2$$

donde: d_1 es el diámetro de copa mayor y d_2 el menor.

3.2.2 Estimadores de diversidad taxonómica

La diversidad taxonómica fue evaluada mediante tres indicadores de amplia utilización en la literatura ecológica: riqueza, índice H' de Shannon y el coeficiente α de la serie logarítmica (α de Fisher). Estos indicadores son complementarios, ya que enfatizan distintos aspectos de la diversidad. La riqueza o densidad de especies fue definida como el número de especies en la parcela o estrato. El índice de Shannon (H') refleja tanto la equitatividad en la distribución de los individuos por especie, como el número de éstas; H' es fuertemente dependiente del tamaño de muestra (Magurran, 1988). Este índice se calculó con la fórmula:

$$H' = - \sum_{i=1}^S (p_i) \ln(p_i)$$

donde: p_i es la proporción del total de especies (S) que representa la especie i .

El coeficiente α de Fisher es poco sensible al número de individuos en la muestra y es un buen indicador del número de especies raras en la comunidad (Magurran, 1988). El coeficiente α de se obtiene generalmente mediante un proceso iterativo empleando la siguiente ecuación:

$$\frac{N}{S} = \frac{\left(e^{\frac{S}{\alpha}-1} \right)}{\frac{S}{\alpha}}$$

donde: N es el número de individuos en la parcela, y

S es el número de especies en la parcela.

En este trabajo se calculó con el programa Biodiversity ProBeta1 (Lambshhead *et al.*, 1997).

3.2.3 Índice de diversidad estructural

Para evaluar la diversidad estructural de las 101 parcelas de vegetación de Nizanda se utilizó un índice de diversidad estructural (STVI por sus siglas en inglés: *structure index based on variance*), cuyo cálculo se basa en la varianza de las variables estructurales involucradas (Staudhammer y LeMay, 2001). Hasta ahora el STVI no puede considerarse como una herramienta de uso común en ecología. De hecho, aparentemente el único trabajo donde se le ha utilizado es precisamente en el que fue propuesto. Por ser central para los fines del presente trabajo, las características de este STVI se exponen con mayor detalle a continuación.

El STVI refleja la distribución de los individuos de un rodal o de una parcela en el intervalo correspondiente a una cierta variable. El valor del STVI para una variable de las plantas de una parcela será mayor entre más equitativa sea la distribución de las plantas en dicho intervalo. Las principales ventajas del STVI con respecto a otros índices como el de Shannon, que también se ha utilizado para este propósito (Neumann y Starlinger, 2001; Staudhammer y LeMay, 2001), son su sensibilidad a diferencias pequeñas en los datos estructurales y el hecho de que no requiere la categorización de los datos en clases, lo que lo hace de fácil aplicación.

La varianza es máxima cuando la distribución de los datos es totalmente bimodal y cero cuando la distribución es completamente unimodal. Sin embargo, la mayor diversidad se presenta cuando los datos están homogéneamente distribuidos a lo largo de su intervalo, no para una distribución bimodal. El STVI es un algoritmo basado en la varianza del conjunto de los datos, para ello se primero determina el tipo de distribución de éstos (uni o bimodal) al compararla con la varianza máxima para la distribución unimodal (fórmula 2):

$$S_{\max}^2 = \frac{(b - a)^2}{4} \dots\dots\dots\text{fórmula (1)}$$

$$S_U^2 = \frac{(b-a)^2}{12} \dots\dots\dots\text{fórmula (2)}$$

donde: S_{\max}^2 = varianza máxima para una distribución completamente bimodal
 S_U^2 = varianza máxima para una distribución unimodal
 b = límite superior del intervalo, y a = límite inferior del intervalo

Si la varianza a comparar es igual a o menor que la varianza máxima unimodal (fórmula 2) se utiliza la fórmula 3 caso (a); por el contrario, si la varianza a comparar es mayor, se utiliza la fórmula 3 caso (b).

$$STVI = \begin{cases} 1 - \left(\frac{S_U^2 - S_k^2}{S_U^2} \right)^{p_1} & \dots\dots\dots\text{fórmula 3, caso (a)} \\ 1 - \left(\frac{S_k^2 - S_U^2}{m \times S_{\max}^2 - S_U^2} \right)^{p_2} & \dots\dots\dots\text{fórmula 3, caso (b)} \end{cases}$$

caso (a), cuando $S_k^2 \leq S_U^2$, y caso (b), cuando $S_k^2 > S_U^2$

donde: $p_1 = 2.4094$, $p_2 = 0.5993$, $m = 1.1281$, S_k^2 = varianza de la parcela k

Posteriormente, el STVI asigna valores de diversidad normalizados en un intervalo de 0 a 1, donde 0 representa la ausencia de varianza (todos los datos con el mismo valor), 1 representa una distribución totalmente homogénea en el intervalo total (máxima varianza unimodal) y 0.10 es el valor para una distribución totalmente bimodal. La figura 3.2 muestra el comportamiento del STVI como función de la varianza, a partir de un conjunto ficticio de datos en el que se manipuló la distribución de los valores en el intervalo total y se mantuvo constante el número de individuos (N= 1000).

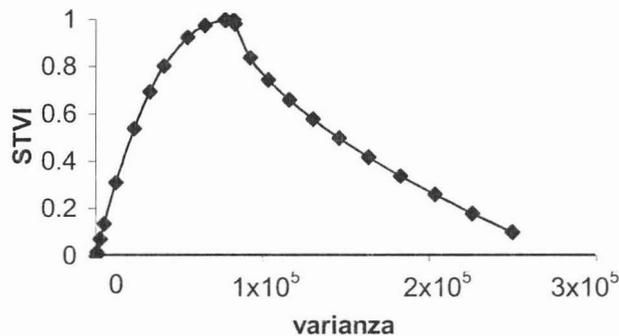


Figura. 3.2 Simulación del STVI como función de la varianza. Basado en Staudhammer y LeMay (2001).

No se encontraron reportes publicados sobre la sensibilidad del STVI al tamaño de muestra. Por ello, también se hicieron simulaciones, manteniendo constante la distribución de los datos en un intervalo y manipulando sólo el número de datos (N) (figuras 3.3 y 3.4).

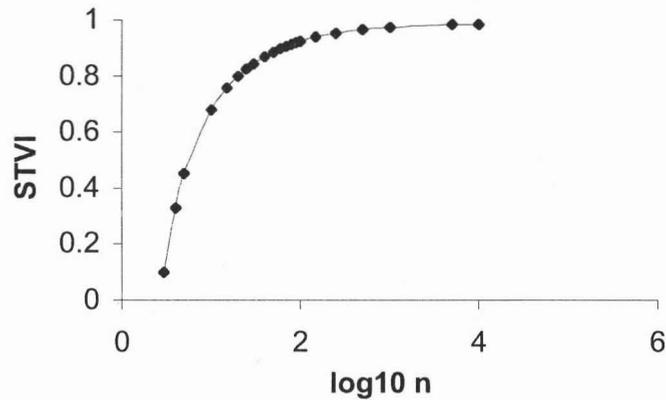


Figura 3.3. Simulación del STVI como función del número muestral (n), para la distribución unimodal de varianza máxima.

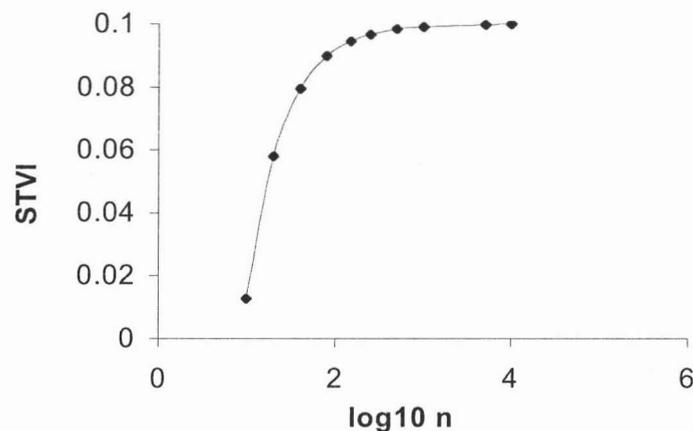


Figura 3.4. Simulación del STVI como función del número muestral (n), para la distribución bimodal máxima.

Dadas las densidades de las parcelas y para mantener cierta confiabilidad del STVI, se decidió utilizar únicamente los datos de parcelas con más de 30 individuos en el estrato alto (>1 cm DAP). Con 30 individuos, en las simulaciones con distribución constante se obtuvieron $STVI > 80\%$ de los valor teórico para esa distribución. El uso de muestras $N < 30$ implica cierta subestimación de la diversidad estructural; sin embargo, este criterio fue

necesario dadas las bajas densidades de las parcelas analizadas, siendo 82 individuos la mayor densidad para el estrato alto. Posteriormente se realizaron pruebas con el fin de contrastar el STVI con la valoración visual; para ello se realizaron simulaciones y se obtuvieron los STVI para las alturas reales de perfiles de vegetación. En estos casos, la valoración visual coincide con el valor relativo entre los dos STVI. A continuación se muestra un ejemplo gráfico para perfiles de vegetación reales (figura 3.5).

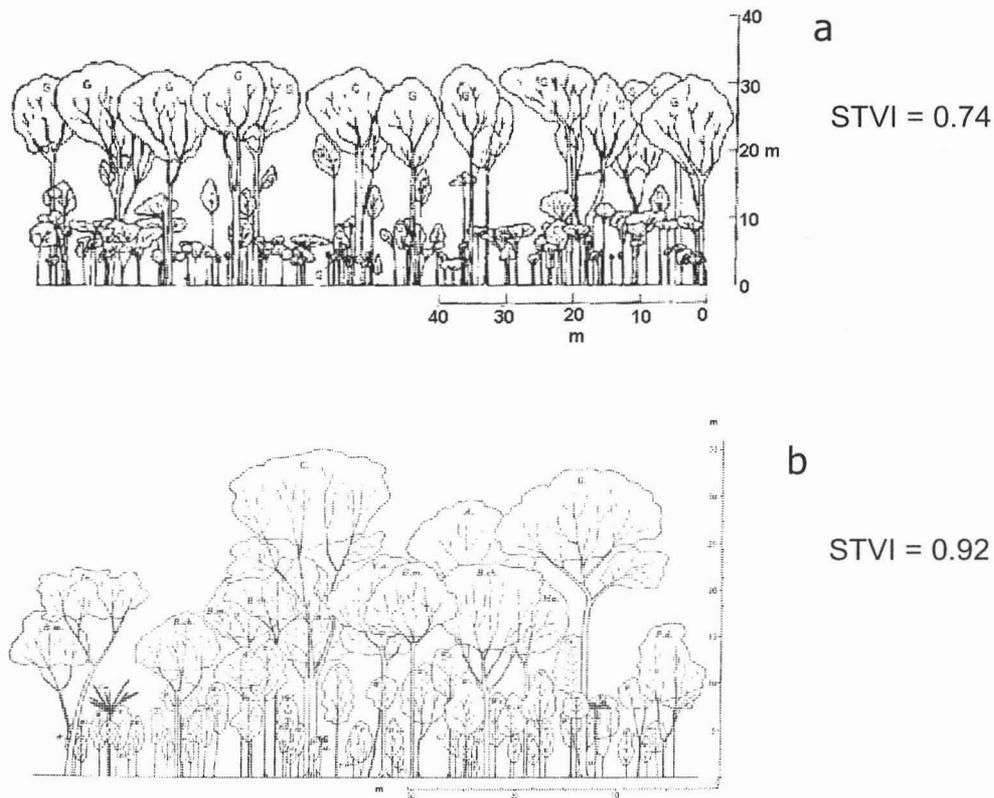


Figura 3.5. Comparación de la estimación visual de la diversidad de la estructura vertical en dos comunidades de selva tropical y la evaluación de la misma a través del STVI basado en las alturas. Se aprecia a simple vista que en (a) se trata de una distribución claramente bimodal, mientras que en (b) las alturas se distribuyen más homogéneamente en su intervalo. (a) Asociación de *Gilbertodendron deweurei*, Ngula, Zaire (actual República Democrática del Congo), tomado de Louis (1947, en Richards, 1996). En este caso, el STVI (0.74) se calculó a partir de las alturas de 50 árboles y arbustos (intervalo: 3.8 – 33 m). El segundo caso (b), se trata de una asociación *Carapa-Eschweilera* en Trinidad, tomado de Beard (1946, en Richards, 1996); el STVI (0.92) se calculó a partir de las alturas de 59 árboles y arbustos (intervalo: 3.3 – 35 m).

El STVI fue creado y ha sido probado para comparar la diversidad estructural de parcelas de un solo tipo de vegetación y ubicadas en una misma región. Para ello, Staudhammer y LeMay (2001) parecen haber definido un intervalo único que incluyese toda la variación de los datos de las parcelas a comparar. Este planteamiento implica ciertos juicios que deben tenerse en cuenta antes de utilizar el mismo procedimiento. Si se aplica el STVI basado en el mismo intervalo de tamaños en parcelas con intervalos muy diferentes, el índice refleja (dependiendo de la diferencia de los intervalos entre parcelas) tanto la distribución de los datos de una parcela a través de su propio intervalo, como las diferencias de intervalos entre parcelas. Si se calibra el índice para el intervalo de cada parcela, el valor del STVI dependerá únicamente de la distribución de los individuos en dicho intervalo. En el presente trabajo se exploraron estas dos formas de utilizar el STVI, el índice ponderado por el intervalo del conjunto ($STVI_C$) y el índice ponderado por el intervalo de cada parcela ($STVI_P$); esto permitió evaluar su relación con las diferentes variables estructurales e índices de diversidad taxonómica.

3.3 Asociación entre las variables estructurales primarias

Para evaluar la asociación entre las variables estructurales primarias se realizaron análisis de correlación lineal entre las tres variables de talla máxima por parcela (ALT_{max} , DC_{max} y DAP_{max}). Este análisis permitió obtener una idea aproximada del grado de redundancia entre estas variables estructurales.

3.4 Efecto de la densidad sobre las variables estructurales primarias

Antes de proceder a examinar la relación de los índices de diversidad estructural con los de diversidad taxonómica, se analizaron las relaciones entre los valores de densidad de cada parcela y sus correspondientes indicadores de diversidad taxonómica. Este análisis inicial se realizó debido a la posibilidad de que tanto una variable estructural como una de diversidad estuvieran fuertemente correlacionadas con la densidad, de modo que una correlación significativa entre ellas, calculada posteriormente, en realidad fuera un artefacto dada por la relación entre las diversidades con la densidad.

3.5 Diferenciación entre tipos de vegetación

La diferenciación entre tipos de vegetación en este análisis se hizo considerando los siguientes tipos de vegetación: matorral xerófilo (MX), selva baja caducifolia con matorral subinermes (SBC + MI; unidos aquí debido a su estrecha afinidad florística), y selva mediana (BG + SM). Para evaluar la diferenciación estructural y taxonómica entre tipos de vegetación se aplicó un análisis de varianza no paramétrico (prueba de Kruskal-Wallis); las variables dependientes fueron los valores máximos de las variables de talla de las plantas (ALT_{max} , DC_{max} y DAP_{max}), C , AB , densidad del estrato alto (N_{EA}) y el STVI, tanto para el intervalo general como para el intervalo de cada parcela. Como variables de diversidad taxonómica dependiente del tipo de vegetación se evaluó el número de especies (S), el índice H' de Shannon y el α de Fisher. En los casos en los que la prueba de Kruskal-Wallis mostró diferencias entre tipos de vegetación, se procedió a evaluar las diferencias entre pares de tipos de vegetación mediante la prueba U de Mann-Whitney. Todos los análisis se hicieron para el estrato alto, pero algunos se repitieron para el estrato bajo (densidad y los de diversidad taxonómica), y para el conjunto de los dos estratos.

3.6 Efecto de la densidad y las variables estructurales primarias sobre el STVI

Para una mayor comprensión del comportamiento del STVI y de su significado e interpretación, es necesario examinar cómo éste varía respecto a la densidad de las parcelas y a los valores máximos de las variables estructurales primarias, los cuales representan la amplitud del intervalo de cada variable estructural para cada parcela. Para ello, se analizaron las relaciones de las dos variantes del STVI con ALT_{max} , DC_{max} y DAP_{max} .

3.7 Relación entre estructura y diversidad taxonómica

Esta fase del análisis condujo a la parte medular de los resultados. Primero se calcularon todas las correlaciones entre las variables estructurales primarias y las de diversidad taxonómica (S , H' y α) del mismo estrato alto. Después se evaluaron las correlaciones entre las variables de diversidad taxonómica y los índices de diversidad estructural calculados con distintas variables (ALT , DC , DAP), y el promedio de los STVI basados en estas tres variables, tanto calibrados para el conjunto de todas las parcelas como para el de cada una. Así mismo, se evaluó el efecto de las variables estructurales, tanto las primarias como el STVI, sobre la diversidad taxonómica del conjunto de los dos estratos (EA+EB).

3.8 Relaciones entre estratos

Una última cuestión por explorar con este análisis era la posible relación entre las características estructurales y de diversidad taxonómica del estrato alto, y los atributos de diversidad taxonómica del estrato bajo. Para ello se realizaron análisis de regresión lineal simple entre variables calculadas para cada uno de los dos estratos. Como variables independientes del estrato alto se utilizaron las siguientes: N_{EA} , C , AB , S , H' de Shannon, α de Fisher, ALT_{max} , DC_{max} , DAP_{max} , y los STVI por intervalo general y por intervalo de parcela. Las variables dependientes correspondientes al estrato bajo fueron densidad del estrato bajo (N_{EB}), S , H' de Shannon y α de Fisher.

4. RESULTADOS

4.1 Compilación de datos

Para el estrato alto del conjunto de las parcelas (plantas con $DAP \geq 1$ cm), se compiló información taxonómica y estructural (ALT , DC , y DAP) correspondiente a 4,017 árboles y arbustos. En el estrato bajo (plantas < 1 cm de DAP y > 30 cm de altura) se obtuvo información taxonómica de 5,926 plantas (apéndice II). Para el conjunto de los dos estratos (9,943 plantas), se determinaron 510 morfoespecies, de las cuales 366 fueron determinadas a nivel de especie, 22 a nivel de género, 99 a nivel de familia y 23 fueron consideradas como desconocidas.

En las regresiones entre valores máximos de las variables de talla (ALT_{max} , DC_{max} y DAP_{max}) y S se reportan datos para las 101 parcelas. Sin embargo, los análisis relacionados con el STVI se hicieron únicamente para 69 parcelas en las que se registraron más de 30 plantas en el estrato alto. Los datos estructurales y los índices para las diversidades estructural y taxonómica por parcela se reportan en el apéndice I.

4.2 Asociación entre las variables de talla máxima

Como se observa en la figura 4.1 las tres variables de talla máximas están correlacionadas significativamente, el coeficiente de determinación más alto se presenta para la relación

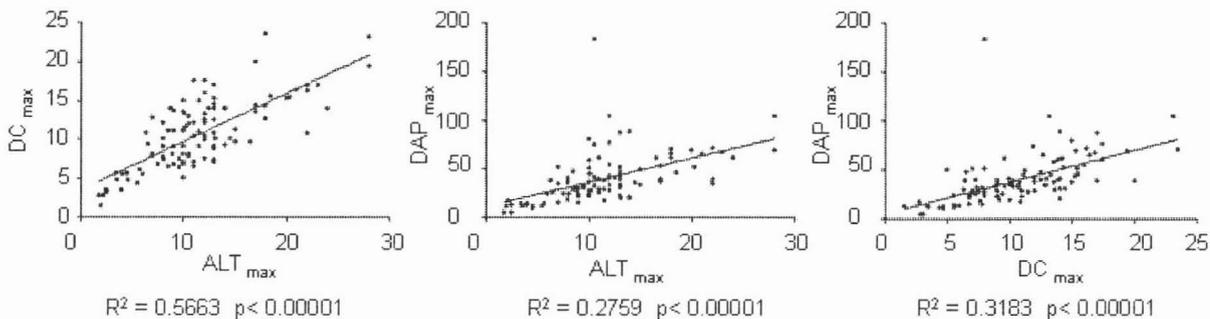


Figura 4.1. Correlaciones entre las variables de talla máxima por parcela. ALT_{max} = altura máxima (m), DC_{max} = diámetro de copa máxima (m) y DAP_{max} = diámetro a la altura del pecho máximo (cm).

entre altura máxima y diámetro de copa máxima, seguido de la relación diámetro de copa máximo y diámetro a la altura del pecho.

4.3 Efecto de la densidad sobre variables estructurales primarias

No se presentó asociación entre la densidad del estrato alto de las parcelas (N_{EA}) y las variables estructurales primarias (COB , AB , ALT_{max} , DC_{max} y DAP_{max}) (tabla 4.1). En la figura 4.2 se observa un ejemplo de ello, puede observarse que no se presentan parcelas con alto desarrollo estructural (ALT_{max} en este caso) y muy bajas densidades.

Tabla 4.1 Regresión entre variables de desarrollo estructural y la densidad del estrato alto.

Densidad estrato alto	Desarrollo estructural	R^2	P
N_{EA}	ALT_{max}	0.0004	n. s.
N_{EA}	DC_{max}	0.0068	n. s.
N_{EA}	DAP_{max}	0.0062	n. s.
N_{EA}	AB	0.0034	n. s.
N_{EA}	COB	0.0082	n. s.

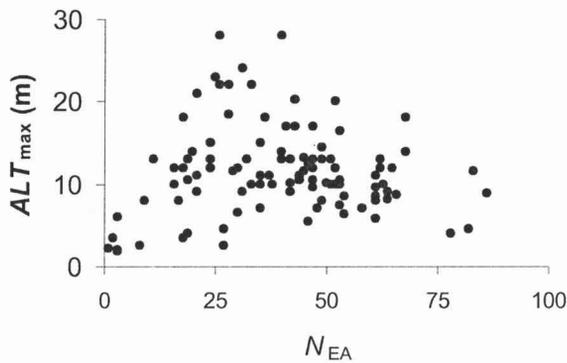


Figura 4.2. Diagrama de dispersión que muestra la altura máxima de la parcela en función de la densidad del estrato alto.

4.4 Diferenciación entre tipos de vegetación

Las variables estructurales primarias (AB , COB y tallas máximas) presentaron una marcada diferenciación entre los tres tipos de vegetación, en orden creciente de estas variables se encuentran el matorral, la selva baja y la selva mediana (tabla 4.2).

Tabla 4.2. Comparación de las variables estructurales primarias entre tres tipos de vegetación. Para cada tipo de vegetación se muestran los promedios ± 1 EE. Los valores de χ^2 y de P corresponden a la comparación para cada variable (i.e. por renglón); las letras diferentes en superíndice indican diferencias significativas de acuerdo a una comparación por pares.

Variable	Tipo de vegetación			χ^2	P
	M	SBC	SM		
ALT _{max}	3.1 ^c \pm 1.3	10.3 ^b \pm 2.9	16.4 ^a \pm 5.5	28.80	<0.0001
DC _{max}	3.9 ^c \pm 1.5	9.6 ^b \pm 3.3	14.7 ^a \pm 3.4	33.89	<0.0001
DAP _{max}	12.7 ^c \pm 5.9	36.8 ^b \pm 26.0	53.9 ^a \pm 19.0	25.99	<0.0001
AB	0.05 ^c \pm 0.06	0.41 ^b \pm 0.29	0.70 ^a \pm 0.39	22.62	<0.0001
COB	33 ^c \pm 39	327 ^b \pm 105	551 ^a \pm 200	29.75	<0.0001

Tabla 4.3. Comparación de los índices de diversidad estructural (STVI) calculados con base en diferentes variables estructurales, entre tres tipos de vegetación. Para cada tipo de vegetación se muestran los promedios ± 1 EE. Los valores de χ^2 y de P corresponden a la comparación para cada variable (i.e. por renglón); las letras diferentes en superíndice indican diferencias significativas de acuerdo a una comparación por pares.

Variable	Tipo de vegetación		χ^2	P
	SBC	SM		
<i>STVI conjunto total</i>				
ALT	0.1748 ^b \pm 0.0974	0.5100 ^a \pm 0.2505	12.04	0.0005
DC	0.1536 ^b \pm 0.0812	0.4147 ^a \pm 0.1720	12.04	0.0005
DAP	0.0416 ^b \pm 0.0578	0.0889 ^a \pm 0.0661	7.76	0.0053
Prom	0.1233 ^b \pm 0.0612	0.3379 ^a \pm 0.1472	12.04	0.0005
<i>STVI cálculo por parcela</i>				
ALT	0.8625 \pm 0.1049	0.8623 \pm 0.0909	0.003	n. s.
DC	0.7299 \pm 0.1501	0.7759 \pm 0.1073	0.003	n. s.
DAP	0.6430 \pm 0.1748	0.6631 \pm 0.1104	0.003	n. s.
Prom	0.7452 \pm 0.0986	0.7671 \pm 0.0721	0.003	n. s.

Los STVI_C (ponderados con el intervalo total de las parcelas) presentaron este mismo comportamiento, es decir, en todos los casos, incluyendo los promedios de los STVI_C calculados a partir de las diferentes variables estructurales, los valores más altos correspondieron a SM, los más bajos a M, y los intermedios a SBC; en fuerte contraste, los

STVI_P (ponderados por parcela) no difirieron significativamente entre ninguno de los tipos de vegetación analizados (tabla 4.3).

Para el estrato alto se observaron diferencias significativas entre tipos de vegetación para la densidad (N_{EA}) y para los indicadores de diversidad taxonómica (S_{EA} , H'_{EA} y N_{EA}), presentándose para todos el mismo patrón (figura 4.3a). Los valores más altos correspondieron a la SBC, seguida de la SM y por último del MX. En el estrato bajo también se observaron diferencias significativas entre tipos de vegetación tanto para la densidad (N_{EB}) como para los indicadores de diversidad taxonómica, sin embargo se presentó un diferente patrón. Las más altas densidades se presentaron en el MX y la SM los cuales no fueron estadísticamente distinguibles separándose la SBC. En lo que a los indicadores de diversidad taxonómica (S_{EB} , H'_{EB} y N_{EB}) respecta, los valores se presentaron en la SM, seguida de la SBC y el MX por último (figura 4.3b). Un patrón diferente se encontró al conjuntar los datos de ambos estratos. Para la densidad (N_{tot}) de éste conjunto (EA+EB) no se presentaron diferencias entre los tipos de vegetación. La mayor riqueza (S_{tot}) y el valor más alto del indicador α de Fisher se presentaron en la SBC y la SM, entre los cuales no se encontraron diferencias significativas, difiriendo se éstas el MX. En el caso del índice de Shannon (H'_{tot}) se encontraron diferencias significativas entre los tres tipos de vegetación siendo los valores más altos para la SBC, seguidos de la SM y por último el MX.

Tabla 4.4. Comparación de la densidad y los indicadores de diversidad taxonómica para el conjunto de los dos estratos (EA+EB), entre tres tipos de vegetación. Para cada tipo de vegetación se muestran los promedios ± 1 EE. Los valores de χ^2 y de P corresponden a la comparación para cada variable (i.e. por renglón); las letras diferentes en superíndice indican diferencias significativas de acuerdo a una comparación por pares.

Variable	Tipo de vegetación			χ^2	P
	M	SBC	SM		
N_{tot}	91.11 ^a \pm 26.96	94.13 ^a \pm 94.13	90.74 ^a \pm 40.87	3.05	n. s.
S_{tot}	11.56 ^b \pm 2.30	29.70 ^a \pm 6.84	28.35 ^a \pm 11.24	14.26	.0008
H'_{tot}	1.83 ^c \pm 0.32	2.90 ^a \pm 0.33	2.66 ^b \pm 0.54	14.26	.0008
α_{tot}	3.73 ^b \pm 1.29	16.06 ^a \pm 5.91	17.03 ^a \pm 10.59	11.71	.0029

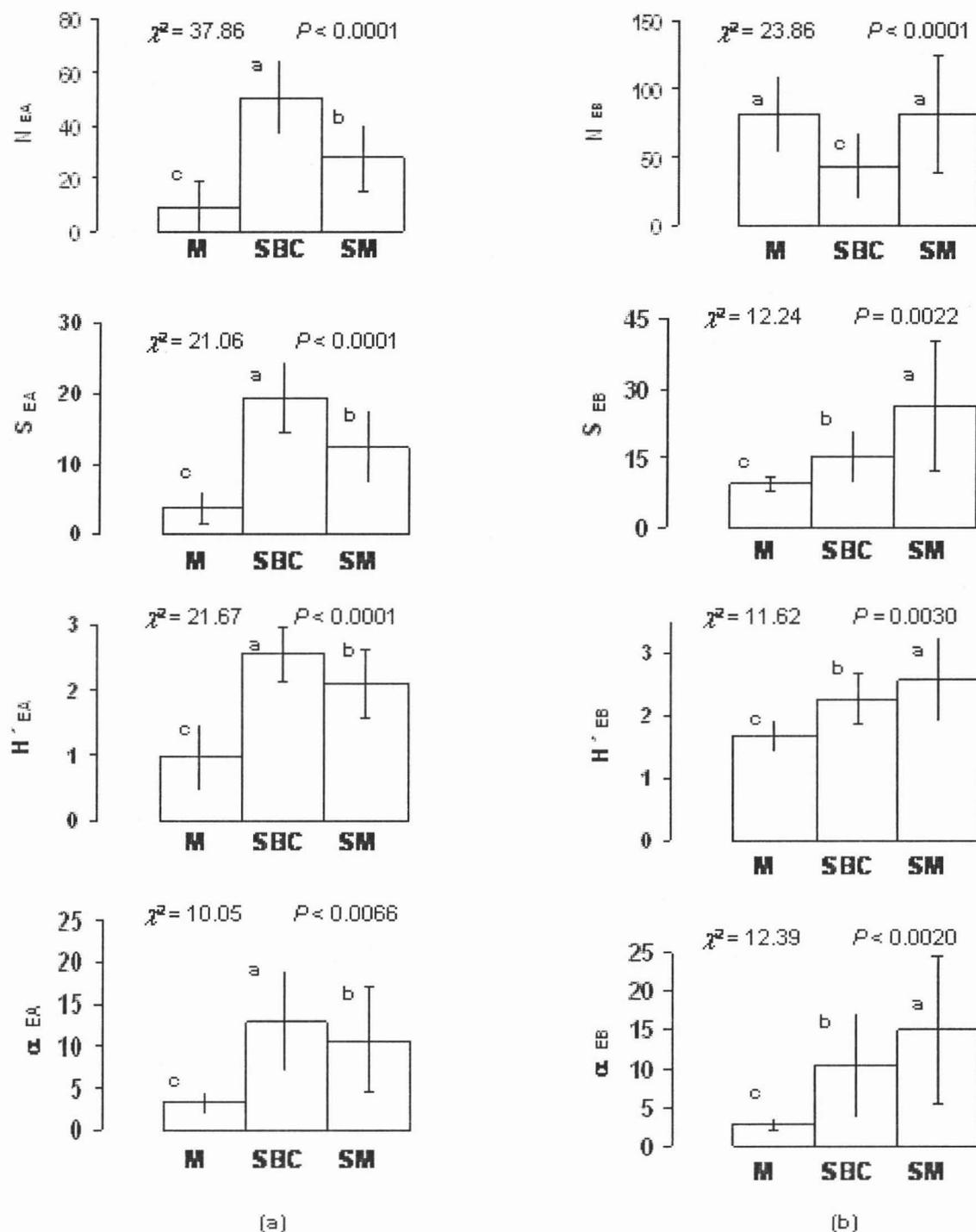


Figura 4.3 Comparación de los índices de diversidad estructural (STVI) calculados con base en diferentes variables estructurales, entre tres tipos de vegetación. Para cada tipo de vegetación se muestran los promedios ± 1 EE. Los valores de χ^2 y de P corresponden a la comparación para cada variable (i.e. por renglón); las letras diferentes en superíndice indican diferencias significativas de acuerdo a una comparación por pares.

4.5 Efecto de la densidad y las variables estructurales primarias sobre el STVI

Los análisis de regresión de los STVI calculados con las tres variables estructurales (*ALT*, *DC* y *DAP*) y ponderados para el intervalo total sobre N_{EA} produjeron resultados significativos y negativos, incluso cuando la regresión se hizo con el promedio de los tres STVI (tabla 4.5). Es decir, entre más alta es la densidad de una parcela su diversidad estructural medida con estos índices es menor. El coeficiente de determinación más alto correspondió a la regresión del STVI calculado con *DC* ($R^2 = 0.32$), pero incluso en la regresión menos fuerte (STVI calculado con *DAP*), la densidad explica casi 10% de la variación del índice. En contraste, los análisis de regresión de los STVI calculados con estas variables pero ponderados por parcela, sobre N_{EA} produjeron coeficientes de determinación muy bajos o no significativos (tabla 4.5).

Tabla 4.5. Regresión entre la densidad del estrato alto y los índices de diversidad estructural (STVI) calculados con base en diferentes variables estructurales.

Densidad	STVI	R^2	P
<i>STVI conjunto total</i>			
N_{EA}	ALT	0.1499	0.0010
N_{EA}	DC	0.3214	< 0.0001
N_{EA}	DAP	0.0959	0.0096
N_{EA}	Prom	0.2585	< 0.0001
<i>STVI cálculo por parcela</i>			
N_{EA}	ALT	0.0569	0.0483
N_{EA}	DC	0.0657	0.0335
N_{EA}	DAP	0.0311	n.s.
N_{EA}	Prom	0.1018	0.0076

Las regresiones de los $STVI_C$ ponderados con el intervalo total sobre las variables de talla máxima fueron significativas en todos los casos (tabla 4.6), y además tuvieron coeficientes de determinación considerablemente altos ($R^2 > 0.70$ para todos). Sin embargo, y al igual que en el análisis anterior, la asociación con los $STVI_P$ resultó ser marginal ($R^2 \sim 0.11$) para el *DC* y *DAP*, y no significativa para la *ALT* (tabla 4.6).

Tabla 4.6. Regresión entre las variables estructurales primarias (tallas máximas por parcela) y los índices de diversidad estructural (STVI) calculados con base en su respectiva variable estructural.

Var. estructurales primarias	STVI	R^2	P
<i>STVI conjunto total</i>			
ALT _{max}	ALT	0.8624	< 0.0001
DC _{max}	DC	0.7372	< 0.0001
DAP _{max}	DAP	0.8774	< 0.0001
<i>STVI cálculo por parcela</i>			
ALT _{max}	ALT	0.0015	n.s.
DC _{max}	DC	0.1179	0.0039
DAP _{max}	DAP	0.1168	0.0041

4.6 Relación entre la estructura y la diversidad taxonómica

En primer lugar, esta relación se examinó a través de numerosos análisis de correlación entre las variables de talla máxima y el área basal y cobertura, por un lado, y los indicadores de diversidad taxonómica por el otro; ninguna de estas variables presentaron correlaciones significativas. En la tabla 4.7 se muestran los resultados de las correlaciones correspondientes a la diversidad taxonómica del estrato alto.

Tabla 4.7. Correlación entre las variables estructurales primarias y los indicadores de diversidad taxonómica.

Variable estructural	Indicadores de diversidad taxonómica					
	S_{EA}		H'_{EA}		α_{EA}	
	R^2	P	R^2	P	R^2	P
ALT _{max}	0.0243	n. s.	0.0748	0.0057	0.0243	n. s.
DC _{max}	0.0052	n. s.	0.0304	n. s.	0.0288	n. s.
DAP _{max}	0.0052	n. s.	0.0190	n. s.	0.0248	n. s.
AB	0.0037	n. s.	<0.0001	n. s.	0.0003	n. s.
COB	0.0301	n. s.	0.0617	n. s.	0.0313	n. s.

Al graficar la diversidad taxonómica en función del desarrollo estructural los datos muestran cierto patrón (figuras 4.4), en lo que pareciese la existencia de ciertos umbrales más allá de los cuales no parece haber ningún valor posible. Esto es notable en los valores bajos de estructura, los cuales nunca corresponden con valores altos de diversidad taxonómica. Por debajo de estos umbrales la variabilidad es grande y prácticamente cualquier combinación de valores es posible, ello es especialmente notorio para variables como ALT_{max} y COB.

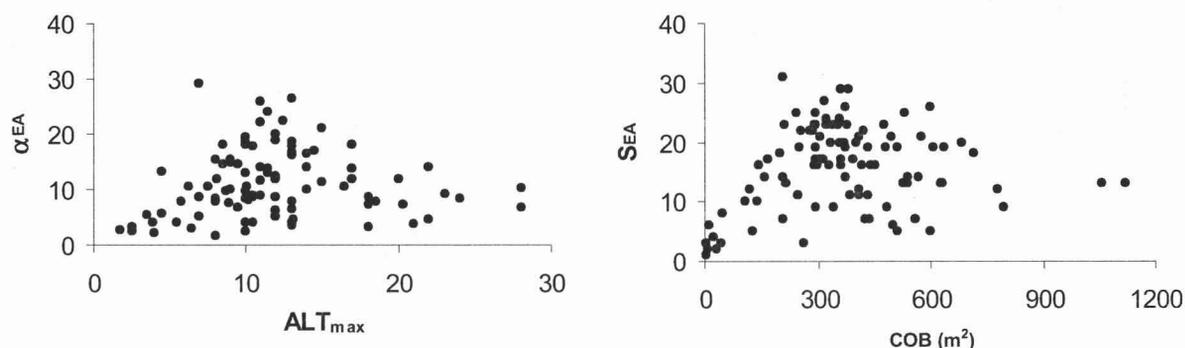


Figura 4.4. Diagramas de dispersión que muestran la diversidad taxonómica del estrato alto (α y número de especies) en función del desarrollo estructural (Altura máxima y cobertura) de la parcela.

Tabla 4.8. Correlación entre los índices de diversidad estructural (STVI) calculados con base en diferentes variables estructurales y los indicadores de diversidad taxonómica del estrato alto.

Variable estructural	Indicadores de diversidad taxonómica					
	S_{EA}		H'_{EA}		α_{EA}	
	R^2	P	R^2	P	R^2	P
<i>STVI conjunto total</i>						
ALT	0.0388	n. s.	0.0088	n. s.	0.0027	n. s.
DC	0.1121	n. s.	0.0374	n. s.	0.0028	n. s.
DAP	0.0241	n. s.	0.0120	n. s.	0.0013	n. s.
PROM	0.0742	n. s.	0.0226	n. s.	0.0032	n. s.
<i>STVI cálculo por parcela</i>						
ALT	0.0042	n. s.	0.0667	n. s.	0.0386	n. s.
DC	0.0044	n. s.	0.0014	n. s.	0.0013	n. s.
DAP	0.0375	n. s.	0.0086	n. s.	0.0087	n. s.
PROM	0.0152	n. s.	0.0004	n. s.	0.0012	n. s.

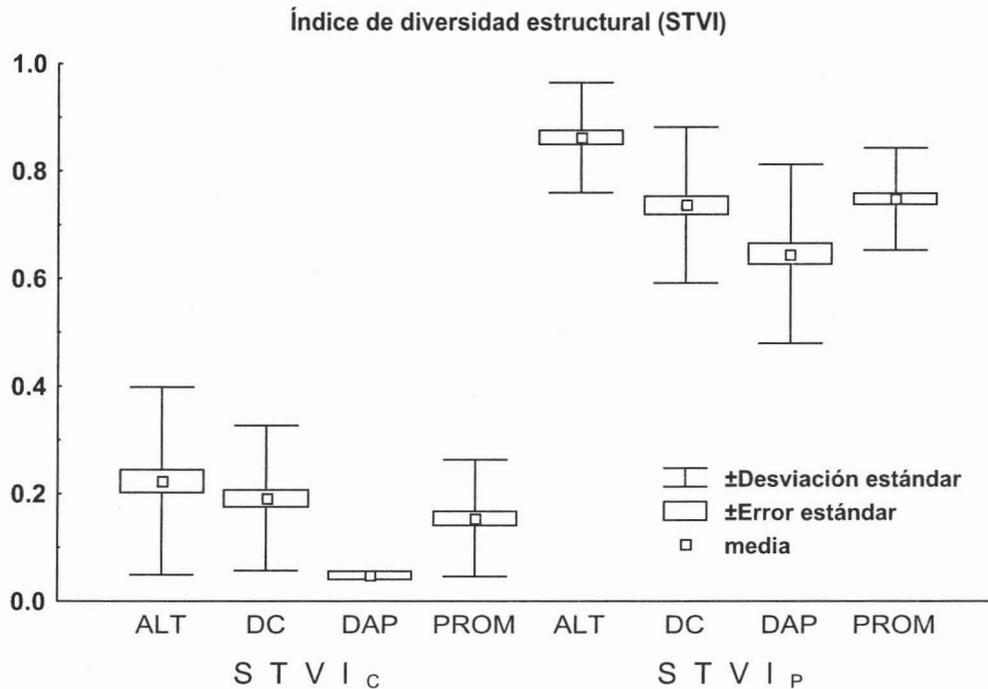


Figura 4.5 Diagrama de caja para los valores del STVI, a la izquierda se muestra los índices calibrados para el conjunto de las parcelas y a la derecha los calibrados para cada parcela. Las líneas representan la desviación estándar, las cajas el error estándar y los cuadrados pequeños la media.

La parte medular de esta fase del análisis está conformada por los análisis de correlación entre el STVI, tanto para el STVI_c (tabla 4.8), como para el STVI_p. Como se observa en la figura 4.5, ambas formas del índice presentan intervalos y distribuciones diferentes. Sin embargo, lo más importante es que ninguna de estas correlaciones, independiente de la manera en que haya sido calculado el STVI, fue significativa.

4.7 Relaciones entre estratos

En primer lugar, la posible relación entre estos los estratos distinguidos en las comunidades de análisis se evaluó correlacionando los valores de la densidad y de las variables de diversidad taxonómica calculados para los dos estratos. No se presentó asociación entre la densidad y la riqueza de ambos estratos (figura 4.6), para H' y para α se presentó una débil correlación entre las variables entre estratos (tabla 4.9). A pesar de que la relación entre las variables estructurales del estrato alto y las de diversidad taxonómica del bajo no fue significativa o muy débil en algunos casos ($R^2 < 0.10$, tabla 4.9), se presentó un patrón

similar al ya descrito para el estrato alto; los valores bajos de estructura nunca corresponden con valores altos de diversidad taxonómica (figura 4.7).

Tabla 4.9. Regresión entre variables del estrato alto (estructurales primarias, densidad e indicadores de diversidad taxonómica) y los indicadores de diversidad taxonómica del estrato bajo.

Variables estrato alto	Indicadores de diversidad taxonómica estrato bajo							
	N_{EB}		S_{EB}		H'_{EB}		α_{EB}	
	R^2	P	R^2	P	R^2	P	R^2	P
N_{EA}	0.0574	0.0158	0.0035	0.0158				
S_{EA}			0.0079	0.3770				
H'_{EA}					0.1841	<0.0001		
α_{EA}							0.1636	<0.0001
ALT_{max}	0.0043	n. s.	0.0574	0.0158	0.0744	0.0058	0.0495	0.0253
DC_{max}	0.0009	n. s.	0.0966	0.0016	0.0973	0.0015	0.0971	0.0015
DAP_{max}	0.0042	n. s.	0.0160	n. s.	0.0319	n. s.	0.0242	n. s.
AB	<0.0001	n. s.	0.0169	n. s.	0.0110	n. s.	0.0108	n. s.
COB	0.0007	n. s.	0.0861	0.0029	0.0845	0.0032	0.0788	0.0045

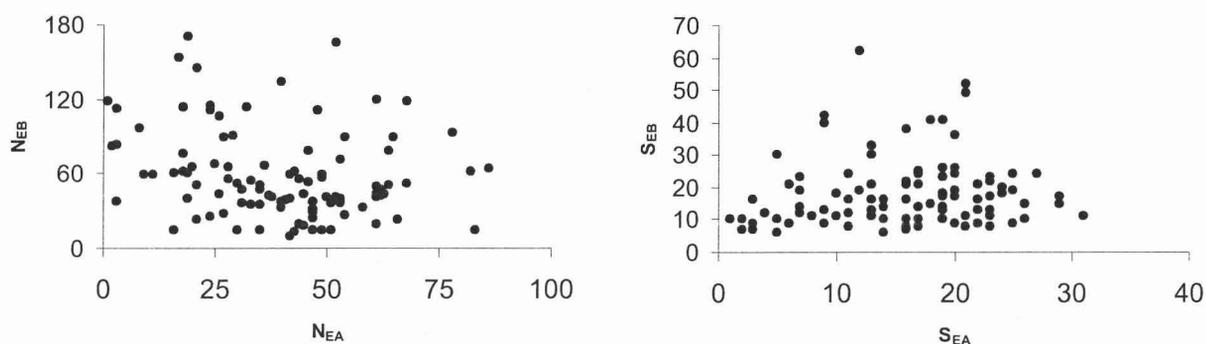


Figura 4.6. Diagramas de dispersión que muestran la densidad (N_{EB}) y la riqueza del estrato bajo (S_{EB}) en función de éstas variables para estrato alto (N_{EA} y S_{EA} respectivamente).

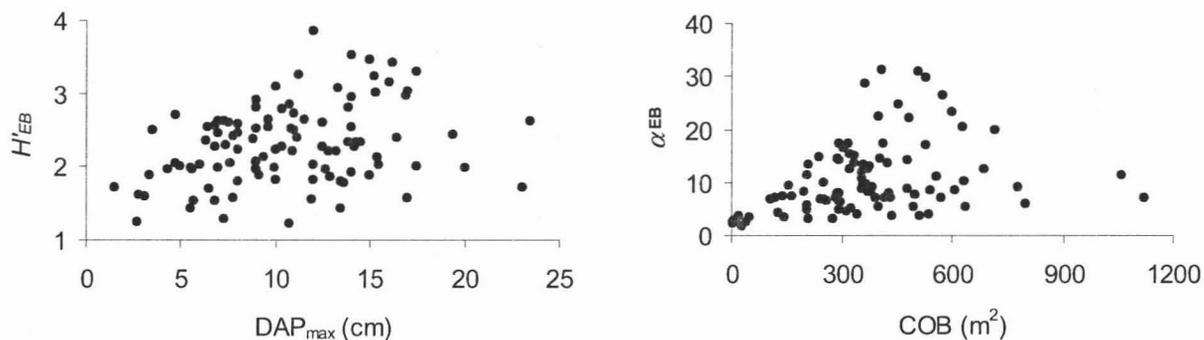


Figura 4.7. Diagramas de dispersión que muestran de la diversidad taxonómica del estrato bajo (H' y α) en función del desarrollo estructural (DAP máximo y cobertura).

La diversidad estructural del estrato alto, independientemente de la manera en que ésta hay sido calculada, no se relacionó significativamente ni con la densidad ni con la diversidad taxonómica del estrato bajo (tabla 4.10 y 4.11).

Tabla 4.10. Regresión entre el STVI para cada variable estructural y los indicadores de diversidad taxonómica del estrato bajo.

Variable estructural	Indicadores de diversidad taxonómica							
	N_{EB}		S_{EB}		H'_{EB}		α_{EB}	
	R^2	P	R^2	P	R^2	P	R^2	P
<i>STVI conjunto total</i>								
ALT	0.0001	n. s.	0.0048	n. s.	0.0034	n. s.	0.0026	n. s.
DC	0.0036	n. s.	0.0152	n. s.	0.0021	n. s.	0.0004	n. s.
DAP	0.0096	n. s.	0.0068	n. s.	0.0066	n. s.	0.0027	n. s.
PROM	0.0002	n. s.	0.0053	n. s.	0.0012	n. s.	0.0007	n. s.
<i>STVI cálculo por parcela</i>								
ALT	0.0231	n. s.	0.0001	n. s.	0.0094	n. s.	0.0014	n. s.
DC	0.0006	n. s.	0.0003	n. s.	0.0006	n. s.	<0.0000	n. s.
DAP	0.0079	n. s.	0.0052	n. s.	0.0005	n. s.	0.0059	n. s.
PROM	0.0002	n. s.	0.0013	n. s.	0.0001	n. s.	0.0011	n. s.

4.8 Relación entre el estrato alto y la diversidad taxonómica total

Al analizar se refieren a la posible relación entre la estructura de la comunidad y las variables de diversidad taxonómica calculadas para el conjunto de los dos estratos, y se muestran en las figuras 4.34 a 4.44. En ella se puede observar que ninguna correlación fue significativa. Sin embargo, en este caso también fue posible reconocer en las gráficas un umbral en el espacio que relaciona los dos conjuntos de variables, más allá del cual no parece haber valores posibles. Esta delimitación parece ser más clara que la que se observó al analizar los estratos por separado.

Tabla 4.12. Regresión entre las variables estructurales primarias y los indicadores de diversidad taxonómica del conjunto de ambos estratos.

Variables estrato alto	Indicadores de diversidad taxonómica ambos estratos (EA+EB)							
	N_{tot}		S_{tot}		H'_{tot}		α_{tot}	
	R^2	P	R^2	P	R^2	P	R^2	P
ALT _{max}	0.0301	n. s.	0.0386	0.0491	0.0517	0.0223	0.0429	0.0378
DC _{max}	0.0736	0.0061	0.0221	n. s.	0.0312	n. s.	0.0833	0.0034
DAP _{max}	0.0507	0.0236	0.0040	n. s.	0.0239	n. s.	0.0387	0.0485
AB	0.0265	n. s.	0.0006	n. s.	0.0002	n. s.	0.0071	n. s.
COB	0.0351	n. s.	0.0379	n. s.	0.0395	0.0464	0.0678	0.0085

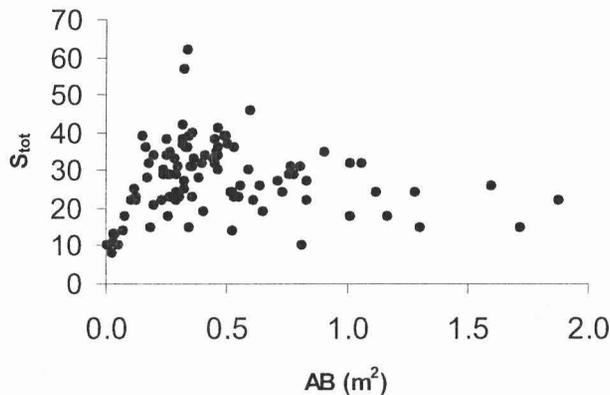


Figura 4.8. Diagrama de dispersión que muestran de la riqueza del conjunto de los dos estratos en función del área basal (AB).

Tabla 4.13. Regresión entre el STVI para cada variable estructural y los indicadores de diversidad taxonómica del conjunto de ambos estratos.

Variable estructural	Indicadores de diversidad taxonómica					
	S_{tot}		H'_{tot}		α_{tot}	
	R^2	P	R^2	P	R^2	P
<i>STVI conjunto total</i>						
ALT	0.0379	n. s.	0.0296	n. s.	0.0012	n. s.
DC	0.0929	0.0109	0.0789	0.0194	0.0004	n. s.
DAP	0.0503	n. s.	0.0199	n. s.	0.0002	n. s.
PROM	0.0503	n. s.	0.0548	n. s.	0.0009	n. s.
<i>STVI cálculo por parcela</i>						
ALT	0.0054	n. s.	0.0301	n. s.	0.0316	n. s.
DC	0.0055	n. s.	0.0016	n. s.	< 0.0001	n. s.
DAP	0.0001	n. s.	0.0106	n. s.	0.0002	n. s.
PROM	0.0002	n. s.	0.0106	n. s.	0.0048	n. s.

La diversidad estructural del estrato alto, independientemente de la manera en que ésta hay sido calculada, no se relacionó significativamente ni con la densidad ni con la diversidad taxonómica del conjunto de los estratos (tabla 4.13).

5. DISCUSIÓN

5.1 Diversidad estructural: el problema de su significado y medición

Al hablar de las selvas tropicales (especialmente de las húmedas), con frecuencia se menciona que éstas son estructuralmente más complejas y mucho más diversas (taxonómicamente) que los bosques templados (Huston, 1996; Richards, 1996). Sin embargo, en realidad pocas veces se establece de manera clara qué se entiende por complejidad estructural. Aunque para evaluar la complejidad estructural de la vegetación sería necesario contar con una clara definición de ésta, las existentes son ambiguas, y esto hace que su medición haya sido parcial y su interpretación confusa.

En la literatura se han usado indistintamente los términos 'complejidad' y 'diversidad estructural' de la vegetación, y las medidas utilizadas siempre han estado relacionadas con la variación de tamaños, formas, distancias y posición de las partes de las plantas, es decir, con la diversidad de las variables estructurales (ver tabla 1.1). En realidad, en la búsqueda de una terminología adecuada que permita unificar estos conceptos, es conveniente evitar el uso del término 'complejidad' para referirse a la variación de los atributos estructurales, ya que en términos matemáticos éste tiene implicaciones cuya medición rebasa las posibilidades de los índices descritos. Por ello, parece justificado privilegiar el término 'diversidad estructural'.

Por lo general, la literatura coincide en la utilización de los índices de diversidad estructural como herramientas que reflejan lo intrincado y variado de la estructura de la vegetación (MacArthur y MacArthur, 1961; Kint *et al.*, 2003; Neumann y Staringer, 2001; Staudhammer y LeMay, 2001). Se distinguen dos acercamientos metodológicos diferentes: uno que evalúa la variación de ciertas medidas para cada individuo del rodal (*e.g.* variación de alturas; Staudhammer y LeMay, 2001) y otro que evalúa la variación de ciertas características de la vegetación medidas independientemente de los individuos (*e.g.* variación del número de copas sobre un punto; MacArthur y MacArthur, 1961). La información ofrecida por ambos tipos de índices es diferente pero puede ser complementaria. Por ejemplo, se puede evaluar la variación de la altura y la profundidad de copa con un índice y el nivel de traslape de copas con otro.

Con el fin de integrar la mayor cantidad posible de información estructural, algunos

índices de diversidad estructural condensan en un solo número la variación de dos o más variables estructurales. Sin embargo, conforme se agregan variables, la interpretación biológica del índice se hace cada vez más difícil: ¿cuál es el significado biológico de un índice que mezcla la variación de la altura, el DAP, el diámetro de copa y la densidad foliar en un solo número? Esta dificultad no implica que los índices de diversidad estructural deban limitarse a evaluar la diversidad de una sola variable. La evaluación de la diversidad de relaciones alométricas, como por ejemplo la variación del cociente altura/DAP, es indicativa de las distintas estrategias de crecimiento y almacenamiento de agua en las comunidades (Bongers y Sterck, 1998).

En el presente trabajo se utilizó un índice de diversidad estructural (STVI) basado en la varianza de las dimensiones de cada individuo (Staudhammer y LeMay, 2001). Supuestamente este índice presenta varias ventajas sobre otros propuestos anteriormente, como la facilidad de su aplicación —ya que no requiere que los datos estén distribuidos en clases de tamaño—, su sensibilidad y su capacidad para reflejar patrones observados en la distribución de los tamaños (Staudhammer y LeMay, 2001). Sin embargo, el índice también tiene algunas debilidades que deben ser consideradas en su interpretación. Por ejemplo, el STVI aquí utilizado no considera el contexto espacial de cada individuo, por lo que el valor de éste sería el mismo si los individuos de la parcela estuvieran concentrados en una porción de ésta o distribuidos de forma completamente homogénea, y tampoco importa en su cálculo si existe o no un cierto grado de traslape de copas. De acuerdo con las pruebas realizadas al STVI en el presente estudio con datos simulados, éste resultó ser sensible tanto a la distribución de los valores de tamaño en el intervalo como al número de individuos en cada parcela.

La sensibilidad del STVI a la densidad de individuos por parcela fue examinada en los análisis exploratorios realizados, siguiendo el procedimiento descrito en Métodos. Estos análisis mostraron que el STVI presenta un comportamiento asintótico como función del número de individuos (ver figuras 3.3 y 3.4). Dado el reducido número de individuos que presentaron la mayoría de las parcelas analizadas y para mantener el mayor nivel posible de confiabilidad del STVI, se decidió considerar únicamente aquellas que tuvieran como mínimo 30 individuos en el estrato alto. Esta decisión implicó la exclusión de 32 de las 101 parcelas con las que se contaba, de los análisis subsecuentes. El análisis exploratorio mostró que con la aplicación de este criterio de exclusión se obtuvieron valores > 80% del valor teórico del STVI para cada distribución. A partir del análisis realizado *a posteriori* del

conjunto de índices obtenidos, de la constatación de que en algunos casos su variación es muy pequeña, y de la observación de que la relación del índice respecto a la fisonomía no siempre es del todo clara, a partir de este estudio se sugiere que el tamaño de muestra para este tipo de análisis debe ser ≥ 250 plantas por parcela; de esta manera, se obtienen valores $> 95\%$ de los valores teóricos para las distribuciones unimodal de máxima varianza y máxima bimodal.

En este estudio se calculó el STVI calibrado de dos formas diferentes: una basada en el intervalo total de valores abarcado por el conjunto total de datos (STVI general) para cada variable estructural, y otra basada en el intervalo abarcado por cada variable en cada parcela (STVI por parcela). El STVI mostró una gran sensibilidad a la magnitud del intervalo de referencia. De hecho, dadas las grandes diferencias en los tamaños de los intervalos entre los distintos tipos de vegetación, el STVI general mostró una fuerte asociación con las dimensiones máximas de cada variable estructural por parcela (ver figura 4.12). Con base en estos hallazgos, no es posible inclinarse de forma definitiva por el uso de STVI basado ya sea en el intervalo de cada parcela, o en el intervalo total de las variables en las comunidades estudiadas. En realidad, la conveniencia del uso de una variante u otra del STVI puede depender más bien del objetivo del estudio. Si la meta es estudiar la diversidad de hábitat disponible para cierto grupo de animales –por ejemplo aves–, es conveniente calibrar el STVI con el intervalo total correspondiente a todas las parcelas. La razón de esto es que la diversidad del hábitat a la que el grupo de interés es sensible está restringida por el tamaño de los organismos de este grupo, el cual está necesariamente acotado, haciendo que la heterogeneidad muy por debajo de su tamaño le sea despreciable. Por el contrario, para evaluar la relación entre las diversidades estructural y taxonómica de una comunidad vegetal tendría más sentido calibrar el índice respecto al intervalo de cada parcela, especialmente si se comparan parcelas pertenecientes a comunidades diferentes. Por una parte, la diversidad de formas y tamaños depende de las características morfológicas del conjunto de especies presentes, así como de su interacción; por la otra, como se observó para las parcelas de Nizanda, al aplicar STVI calibrado por el intervalo total en comunidades de desarrollo estructural muy contrastante, el índice se torna más indicativo de las diferencias en las dimensiones de la vegetación que de la diversidad estructural misma.

Las dos variantes del STVI mostraron diferencias en los intervalos de valores obtenidos para ellas. El STVI calibrado por parcela mostró consistentemente valores más

altos que el STVI calibrado para el conjunto total de parcelas, pero el intervalo del índice calibrado por el conjunto de las parcelas fue más amplio. Lo anterior es comprensible, si se considera que la parcela con el valor mayor para una variable, por ejemplo altura, no cambia su valor de diversidad estructural al ser medida con una u otra variante del STVI, ya que para ésta el intervalo de la parcela y el del conjunto son prácticamente iguales. Sin embargo, para las parcelas de menores dimensiones, al ser evaluadas con el intervalo del conjunto de parcelas su diversidad siempre será disminuida en relación a su talla.

Un aspecto que llama la atención, es que entre las parcelas de diferentes tipos de vegetación no se encontraron diferencias significativas en los STVI calibrados para el intervalo de cada parcela. Este hallazgo puede ser indicativo de varias situaciones; una sería la falta de sensibilidad del índice a las diferencias de la diversidad estructural, otra sería que en algunos casos los números de individuos por parcela hayan sido demasiado bajos y por lo tanto insuficientes para el funcionamiento óptimo del índice, y una última sería que en efecto las comunidades estudiadas tuviesen en realidad diversidades estructurales equivalentes, a pesar de sus diferentes dimensiones. En este momento es difícil afirmar cuál de estas tres situaciones es más probable; sin embargo, es interesante la última situación, ya que implicaría que diferentes comunidades vegetales podrían tener diversidades estructurales mucho más similares de lo que se podría predecir con base en sus diferencias fisonómicas. Valdría la pena analizar este aspecto con más detalle en el futuro.

5.2 Talla de la vegetación y diversidad estructural

En teoría, la complejidad de un sistema no depende de sus dimensiones. Sin embargo, no existe un acuerdo general sobre si deben o no considerarse los distintos intervalos de tamaño cuando se quiere evaluar la diversidad estructural de comunidades vegetales. Comúnmente se acepta que los índices de diversidad estructural deben tomar en cuenta la talla relativa de las comunidades vegetales (Holdridge, 1996; Jaehne y Dohrenbusch, 1997; Staudhammer y LeMay, 2001), bajo el argumento de que el tamaño refleja *per se* mayor complejidad, *i.e.* un individuo más grande ofrece más espacios y genera más heterogeneidad (Wilson, 2000). En sentido opuesto, se ha planteado que la evaluación de la diversidad de la estructura no debe mezclarse con la medición de la escala, ya que esta mezcla hace que se pierda información al confundir el origen de la variación del índice (F.

Bongers, com. pers.).

Existen varias razones por las que podría asociarse la diversidad estructural con el tamaño de la vegetación. Una de éstas puede estar explicada por la escala a la que el observador es capaz de percibir la heterogeneidad. Por ejemplo, la variación estructural en un rodal con vegetación más alta es más fácilmente perceptible. Sin embargo, también existen razones no subjetivas que podrían explicar la existencia de una relación entre el tamaño de la vegetación y su complejidad estructural.

La talla máxima de la vegetación ha sido asociada a la disponibilidad de recursos del sitio. No obstante, la diversidad de tallas de la vegetación puede ser independiente de las dimensiones mismas de las plantas, siempre y cuando éstas sean capaces de aprovechar el espacio dejados por otras. Por ejemplo, en las sabanas de Nizanda, donde prácticamente no hay árboles, los pastos forman el dosel vegetal bajo el que crece una gran diversidad de especies de diferentes tamaños; así, esta comunidad de apenas 35 cm de altura presenta una considerable variedad de alturas (López-Olmedo, 2001). En sentido contrario, un manglar o algunos bosques templados pueden medir más de 30 m y presentar una estructura vertical marcadamente bimodal, lo cual se reflejaría en una baja diversidad estructural.

Al modelar la competencia por luz entre individuos, y tomando en cuenta las restricciones fisiológicas de las plantas, aquellas que están sometidas a estrés hídrico son menos tolerantes a la falta de luz (Smith y Huston, 1989). Por lo tanto, se ha predicho que en un gradiente decreciente de humedad, la altura de la vegetación y el número de estratos verticales disminuyen; esto sería especialmente notorio para las plantas del sotobosque, para las cuales se predice una menor cobertura en sitios secos. De ser ciertas estas predicciones, se esperaría que los STVI basados en alturas estuvieran correlacionados positivamente con la talla máxima en la parcela. Sin embargo, en Nizanda no se presentó asociación alguna entre los STVI (calibrados por parcela) y las alturas máximas de las plantas. Para este análisis se consideró únicamente a las plantas con $DAP \geq 1$ cm, lo cual impide evaluar esta predicción con las plantas del sotobosque. No obstante, en coincidencia con las predicciones del modelo, la selva baja caducifolia presentó menores densidades de individuos en el estrato bajo que los matorrales y que las selvas medianas (ver figura 4.5).

5.3 Diversidad estructural y diversidad taxonómica

La aceptación explícita o tácita en la literatura de la existencia de una relación entre la diversidad estructural de la vegetación y la diversidad taxonómica de las plantas (Ricklefs, 1996; Richards, 1996) contrasta fuertemente con los resultados de este trabajo. A diferencia de lo esperado, éstos mostraron una independencia total entre ambas variables. A pesar de que esta relación no había sido explícitamente evaluada para comunidades vegetales tropicales, en realidad los resultados de este trabajo no son del todo aislados. De hecho, la literatura no aporta evidencias sólidas de su existencia; por el contrario, las evidencias han apuntado a la ausencia de ella. Por ejemplo, al evaluar el efecto del pastoreo en la diversidad estructural y la diversidad taxonómica de pastizales de montaña, Nai-Bregaglio *et al.* (2002) encontraron que esta actividad reduce la diversidad estructural pero favorece la diversidad de especies. Más aún, los resultados del único trabajo previo donde se exploró explícitamente esta relación, los resultados tampoco indicaron su existencia en una región de bosque templado (Neumann y Starlinger, 2001).

En los análisis de las relaciones entre las diversidades estructural y taxonómica, es importante distinguir dos tipos de relaciones intrínsecamente diferentes. En primer lugar están las relaciones entre la diversidad estructural de un grupo de organismos y la diversidad taxonómica de otro, y en segundo están las relaciones entre la diversidad de la estructura creada por un grupo y la diversidad taxonómica de él mismo. En particular, se ha probado que la vegetación, es decir, el grupo de plantas de una comunidad, es un buen predictor de la diversidad de otros organismos (MacArthur y MacArthur, 1961; Romero-Alcaraz y Ávila, 2000; Nadkarni *et al.*, 2001; Nieder, 2001; McCleary y Mowat, 2002; Berg, 2002; Brose, 2003). Para dichos organismos, la vegetación es un elemento extrínseco que constituye un componente central de la heterogeneidad ambiental y que determina, entre otras cosas, la variedad de sitios susceptibles de ser colonizados y aprovechados por éstos (Huston, 1996, 1980; Wilson, 2000). De esta manera, es lógico que la diversidad taxonómica de estos grupos esté asociada a la diversidad estructural de la vegetación. Sin embargo, el caso de los organismos formadores de esta estructura es muy diferente. Un ejemplo de ello son las plantas, para las cuales no es tan obvio cuál podría ser el principal mecanismo que daría lugar a tal relación, ya que su propia percepción de la estructura de la vegetación es dinámica, al interactuar y ser modificada por la propia morfología. En este contexto, a continuación se exploran posibles explicaciones de los resultados de este

trabajo y sus implicaciones.

Como primera gran implicación de la ausencia de una relación entre la diversidad estructural y su contraparte taxonómica de comunidades vegetales, se puede mencionar la redundancia estructural de las especies. En términos de la diversidad de tallas, esto significa que el tamaño no es una cualidad distintiva de las especies, ya sea porque una sola de ellas presenta diferentes tallas, o porque varias especies presenten el mismo tamaño, situación que es frecuente. Una población puede tener individuos cuyos tamaños abarquen un intervalo amplio, ya que las tallas de los individuos dependen de diversos factores, siendo el más evidente la edad. Sin embargo, muchas veces los individuos de la misma cohorte pueden tener distintos tamaños dependiendo de la historia de crecimiento de cada uno (Silvertown y Lovett-Doust, 1993). A su vez, esta historia depende de múltiples factores que van desde eventos estocásticos, las diferentes interacciones (Huston, 1996), la diversidad genética intraespecífica, hasta la heterogeneidad microambiental (Pickett *et al.*, 2000), sólo por mencionar algunos. A pesar de la amplia gama de tamaños que puede tener una especie arbórea, se ha visto reiteradamente que las poblaciones presentan estructuras de tamaños menos amplias de lo esperado, y que con frecuencia éstas son bimodales (Huston y DeAngelis, 1987; Huston, 1996). Tal es el caso de la planta más frecuente de la selva baja en Nizanda, *Euphorbia schlechtendalii* (Euphorbiaceae), cuyas alturas presentan un comportamiento bimodal: aunque llega a medir hasta 7 m de altura, presenta una moda entre 2.30 y 3.7 m, y otra entre 0.3 y 0.9 m.

El hecho de que varias especies presenten tallas similares, especialmente sus tamaños máximos, podría significar que la competencia dentro del conjunto de los árboles y arbustos es difusa. Esto ha sido planteado por diversos autores, quienes han considerado que las plantas prácticamente sólo compiten con sus vecinos inmediatos, los cuales representan una pequeña fracción de sus competidores potenciales, y que la identidad taxonómica de éstos difiere para cada individuo (Hubbell y Foster, 1986ab; Hubbell, 2001; Gurevitch *et al.* 2002; Huston, 1996). Por ello, el efecto total de la competencia para cada especie suele ser débil y no direccional, favoreciéndose así la coexistencia de distintas especies dentro de un mismo grupo funcional (Hubbell y Foster, 1986ab; Hubbell, 2001; Huston, 1996).

La gran similitud morfológica de los árboles de las selvas, sobre todo las más húmedas, ha sido señalada repetidamente (Richards, 1996), de modo que el parecido con las especies competidoras podría ser la estrategia a seguir (Hubbell y Foster, 1986; Huston,

1996; Richards, 1996). Esta convergencia podría traducirse en redundancia estructural, y obstaculizaría potencialmente la relación entre la diversidad estructural de los árboles y su diversidad taxonómica. En contraste, en las selvas de ambientes muy estacionales (como las de Nizanda), los árboles presentan una gran diversidad arquitectónica (Janzen, 1988), lo cual podría, en teoría, reflejarse en una menor redundancia estructural entre las especies y en una asociación entre la diversidad estructural y la taxonómica. Sin embargo, en el presente trabajo esta relación no pudo ser demostrada. Es posible que al menos en parte, esto se haya debido a que las variables estructurales analizadas no son las que mejor reflejan la diversidad arquitectónica. Se ha considerado que la mayor diversidad de formas en las selvas estacionales está relacionada con la diversidad de estrategias para el manejo del agua (Janzen, 1988; Medina, 1995), ejemplo de lo cual es la acumulación de agua en tallos engrosados. Entonces, la diversidad de este tipo de estrategias podría ser explorada midiendo la variación en la relación alométrica entre altura y DAP a través del STVI.

La consideración implícita de que la diversidad estructural de los elementos del dosel favorece la diversidad taxonómica de las plántulas (Jones *et al.*, 1997; Pickett *et al.*, 2000; Watling y Press, 2000) sugiere que la diversidad de estas últimas podría a la larga redundar en la diversidad del dosel. Los resultados de este estudio permiten suponer que este proceso de retroalimentación no ocurre, ya que no se observó ninguna relación entre la diversidad de tallas del estrato alto y su diversidad taxonómica, ni entre la primera y la diversidad de especies del estrato bajo. Sin embargo, es posible que la diversidad de tallas del estrato alto sí afecte a la diversidad taxonómica de las plántulas recién germinadas, aunque este patrón se desvanezca con la mortalidad que éstas sufren. Con los datos obtenidos no es posible probar esta posibilidad, pues el criterio de inclusión de plantas en el muestreo fue una altura mínima de 30 cm. Sobre este aspecto, nuevamente es posible que las variables estructurales utilizadas no sean las que mejor reflejen este tipo de procesos, por ejemplo las respuestas de las plántulas a ambientes lumínicos específicos.

5.4 Talla de la vegetación y diversidad taxonómica

El tamaño de la vegetación, especialmente la altura, ha sido considerado como un buen predictor de la diversidad taxonómica de diversos grupos de organismos (Schwab *et al.*, 2002). Esta capacidad predictiva ha sido interpretada por lo general como resultado de la relación entre la diversidad taxonómica y la disponibilidad de recursos y la productividad (Gentry, 1982; Grace, 1999; Salas-Morales, 2002). En las selvas caducifolias de la costa

sur de Oaxaca, Salas-Morales (2002) encontró una correlación positiva entre la altura (considerada como promedio de las alturas del decil superior y como el promedio de la altura de todos los árboles ≥ 2.5 cm DAP) y el número de especies de árboles y el índice de Shannon-Wiener. A diferencia de estos resultados y de los de Huston (1996) en selvas húmedas de Costa Rica, los cuales muestran que la mayor diversidad taxonómica correspondía a sitios con estaturas intermedias (Huston, 1996), las regresiones entre la diversidad de especies y el tamaño de la vegetación para los datos de Nizanda no mostraron asociación alguna. Sin embargo, al observar los diagramas de dispersión fue posible apreciar un claro patrón en la dispersión de los datos en las gráficas.

Al graficar en diagramas de dispersión algunas variables de diversidad taxonómica como función de las variables estructurales, se observó lo que parecieran ser límites bien delimitados en la distribución de los puntos. Es decir, a valores bajos de desarrollo estructural, independientemente de la variable con que éste haya sido medido –área basal, cobertura o tallas máximas–, no hay valores de diversidad taxonómica por encima de este umbral. Además, los valores máximos de desarrollo estructural y de diversidad taxonómica no coinciden, ya que la diversidad máxima se presenta a niveles intermedios de desarrollo estructural. La figura 5.1 ejemplifica este patrón para la diversidad taxonómica tanto del estrato alto (izquierda) como del bajo (derecha). En ninguno de los dos casos ilustrados existen valores altos de diversidad taxonómica, medidos a través del índice de Shannon para el estrato alto y del coeficiente α de Fisher para el bajo, cuando los valores de desarrollo estructural son bajos (cobertura y diámetro de copa máximo, respectivamente).

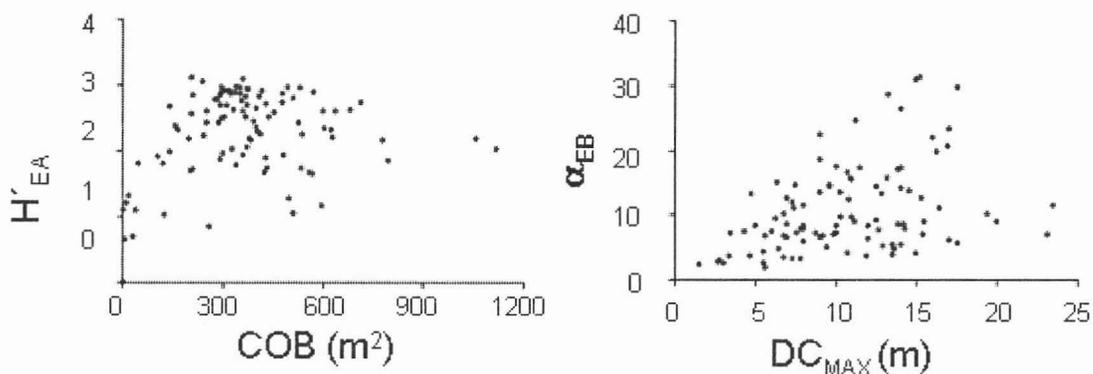


Figura 5.2. Diagramas de dispersión del efecto de variables estructurales primarias sobre la diversidad taxonómica del estrato alto y bajo.

Aunque los mecanismos que subyacen este patrón no son evidentes, es probable que la ausencia de valores altos de diversidad taxonómica en los dos extremos del gradiente de desarrollo estructural tenga explicaciones diferentes. Por una parte, es probable que la forma de la relación en la parte izquierda de las gráficas sea un reflejo de algún proceso ecológico que imponga limitaciones a la diversidad taxonómica cuando el desarrollo estructural es pobre, es decir, que los factores que impiden un desarrollo óptimo de las plantas en un sitio sean suficientemente fuertes como para impedir al mismo tiempo el establecimiento de un contingente de especies. En contraste, la explicación para la baja diversidad taxonómica de las parcelas con mayor desarrollo estructural podría estar más bien relacionada con procesos no ecológicos. En primera instancia, las parcelas utilizadas pueden haber resultado demasiado pequeñas para las selvas medianas, lo que explicaría las densidades tan bajas registradas en ellas, afectando en consecuencia a la diversidad en las muestras. Además, los datos del estrato bajo para la vegetación ribereña no son estrictamente comparables con el resto de las parcelas, ya que para éstas se contaba con datos para únicamente para 8 m² en vez de 10 m² como en las demás, lo cual implica que hubo una cierta subestimación de su diversidad. Como una explicación alternativa, el carácter marginal de las selvas medianas de Nizanda puede estar determinando una diversidad taxonómica relativamente baja en ellas, y con ello el número de especies que potencialmente se encuentran en una parcela de este tipo de vegetación es menor.

5.5 Consideraciones finales

La contribución del enfoque de la diversidad estructural a la solución de las preguntas planteadas por la teoría ecológica todavía está por verse. La evidencia empírica disponible hasta este momento sugiere que no existe una relación clara y directa entre la diversidad estructural de la vegetación y la diversidad taxonómica de las plantas que la componen. Para avanzar en este terreno, no sólo se requieren bases conceptuales más sólidas y mejores herramientas metodológicas, sino que además se requiere que este tipo de relación sea puesta a prueba de manera extensa en diversos ambientes.

Dadas las características del STVI propuesto por Staudhammer y LeMay (2001), es posible utilizar este índice para evaluar la diversidad estructural de la vegetación con datos previamente colectados, lo que representa una gran ventaja al permitir el uso de diversas y extensas bases de datos. Un paso adelante en la comprensión de este índice, de la

diversidad estructural en general y de sus relaciones con otras variables sería la exploración del comportamiento de este atributo comunitario en los grandes conjuntos de datos estructurales ya existentes. Ejemplos de ello son las parcelas censadas por S. Hubbell y sus colaboradores (Hubbell y Foster 1986a, b, 1990; Welden *et al.* 1990; etc.) y por A. H. Gentry (Phillips y Miller, 2002), entre otros, para varias localidades en el mundo. En el caso particular de México, se pueden mencionar los datos de Bongers *et al.* (1988); Meave (1990); Vázquez-Torres (1991); Meave *et al.*, (1992); Valle-Doménech (2000); y Mejía-Domínguez *et al.* (2004), por mencionar algunos.

Varios factores hacen posible la coexistencia de una alta diversidad de especies arbóreas en las comunidades tropicales (Leigh *et al.*, 2004). Conocer cuál es el papel y la importancia relativa de cada uno de estos factores seguirá siendo una de las preguntas centrales de la ecología de comunidades. En este contexto, el tema de la diversidad estructural merece seguir siendo investigado.

LITERATURA CITADA

- Barbour, M.G., J.H. Burk, W.D Pitts, F.S Gilliam y M.W. Schwartz. 1999. Terrestrial plant ecology. Benjamin/Cummings, Menlo Park, Estados Unidos de América.
- Berg, A. 2002. Breeding birds in short-rotation coppices on farmland in central Sweden—the importance of *Salix* height and adjacent habitats. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 90: 265-276.
- Bongers F., J. Popma, J. Meave del Castillo y J. Carabias. 1988. Structure and floristic composition of the lowland rain forest of Los Tuxtlas, Mexico. *Vegetatio* 74: 55-80.
- Bongers, F. y F.J. Sterck. 1998. Architecture and development of rainforest trees: response to light variation. En: D.M. Newbery, H.H.T. Prins y N. Brown (eds.). *Dynamics of tropical communities*. Blackwell Science, Cambridge, pp. 124-162.
- Brose, U. 2003. Bottom-up control of carabid beetle communities in early successional wetlands: mediated by vegetation structure or plant diversity? *Oecologia* 135: 407-413.
- Connell, J.H. 1978. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science* 199: 1302-1310.
- Clark, P.J. y F.C. Evans. 1954. Distance to nearest neighbor as a measure of spatial relationships in populations. *Ecology* 35: 445-453.
- Dallmeier, F. y J.A. Comiskey. 1998. Outlook on forest biodiversity research, monitoring and modelling framework. En: Dallmeier, F. y J.A. Comiskey (eds.). *Forest biodiversity research, monitoring and modelling*. UNESCO, París, pp. 649-656.
- Fitter, A.H y R.K.M. Hay. 2002. *Environmental physiology of plants*. Academia Press, Cornwall, Gran Bretaña.
- Fahey, T.J. 2001. Forest ecology. En: S. Levin (ed.). *Encyclopedia of Biodiversity, Vol. 3*. Academic Press, San Diego, pp. 41-51.
- Ferguson, S.H. y D.J. Archibald. 2002. The 3/4 power law in forest management: how to grow dead trees. *Forest Ecology and Management* 169: 283–292.
- Gallardo-Cruz, J.A. 2004. Efecto de la orientación y la altitud sobre la heterogeneidad vegetal en el Cerro Verde, Nizanda (Oaxaca), México. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- Gallardo-Cruz J.A., J.A. Meave y E.A. Pérez-García. 2005. Estructura, composición y

- diversidad de la selva baja caducifolia del Cerro Verde, Nizanda (Oaxaca), México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 76: 19-35.
- García, E. 1988. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. Editado por la autora. México, D.F.
- Gentry, A. H. 1982. Patterns of Neotropical plant species diversity. En: M.K. Hecht, B. Wallace y G.T. Prance (eds). *Evolutionary biology*. Plenum Press, Nueva York, pp. 1-83.
- Grace, J.B. 1999. The factors controlling species density in herbaceous plant communities: an assessment. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 2: 1-28.
- Gurevitch, J., S.M. Scheiner y G.A. Fox. 2002. *The ecology of plants*. Sinauer, Sunderland.
- Hall, J.B. y M.D. Swaine. 1976. Clasificación and ecology of closed-canopy forest in Ghana. *Journal of Ecology* 64: 913-951.
- Holdridge, L. 1996. *Ecología basada en zonas de la vida*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, San José.
- Hubbell S.P. y R.B. Foster. 1986a. Commones and rarity in a neotropical forest: Implications for tropical tree conservation. En: S.E. Soulé (ed.). *Conservation biology: The science of scarcity*. Sinauer, Sunderland, pp. 205-231.
- Hubbell S.P. y R.B. Foster. 1986b. Canopy gaps and the dynamics of a neotropical forest. *Plant Ecology* 77-96.
- Hubbell S.P., R. Condit y R.B. Foster. 1990. Presence and absence of density dependence in a neotropical tree community. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 330: 259-281.
- Hubbell, S.P. 2001. *The unified neutral theory of biodiversity and biogeography*. Princeton University Press, Princeton.
- Huston, M.A. 1980. Soil nutrients and tree species richness in Costa Rican forests. *Journal of Biogeography* 7: 147-157.
- Huston, M.A. 1996. *Biological diversity*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Huston, M.A. y D.L. DeAngelis. 1987. Size bimodality in monospecific populations: A critical review of potential mechanisms. *American Naturalist* 129: 678-707.
- INEGI. 1981. Carta topográfica. E15-10 D15-1, escala 1:250,000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México, D.F.
- Jaehne, S. y A. Dohrenbusch. 1997. Ein Verfahren zur Beurteilung der Bestandesdiversität. *Forstwissenschaft Centralblatt* 116: 333-345.

- Janzen, D.H. 1988. Tropical dry forests. The most endangered major tropical ecosystem. En: E.O. Wilson (ed.). *Biodiversity*. National Academy. Washington, D.C., pp. 130-137.
- Jones, C.G. J.H. Lawton y M. Shachak. 1997. Positive and negative effects of organisms as physical ecosystem engineers. *Ecology* 78: 1946-1957.
- Kent, M. y P. Coker. 2003. *Vegetation description and analysis: a practical approach*. John Wiley and Sons, Nueva York.
- Kint, V., M. Van Meirvenne, L. Nactergale, G. Geudens y N. Lust. 2003. Spatial methods for quantifying forest stand structure development: A comparison between nearest-neighbor indices and variogram analysis. *Forest Science* 49: 36-49.
- Lambhead P.J.D., G.L.J. Paterson, N. McAleece y J.D. Gage 1997. BioDiversity Pro Beta1. Natural History Museum y Scottish Association for Marine Sciences, Oban, Escocia.
- Latham, P. A., H. R. Zuuring y D.W. Coble. 1998. A method for quantifying vertical forest structure. *Forest Ecology and Management* 104: 157-170.
- Lebrija-Trejos, E.E. 2001. Análisis estructural de la vegetación ribereña en la región de Nizanda, Oaxaca, México. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F.
- Leigh, E.G., P. Davidar, C.W. Dick, J.P. Puyravaud, J. Terborgh, H. ter Steege y S.J. Wright. 2004. Why do some tropical forests have so many species of trees? *Biotropica* 36: 447-473.
- López-Olmedo, L.I. 2001. Estructura y composición florística de las sabanas de la región de Nizanda y Chivela, Istmo de Tehuantepec (Oaxaca), México. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- MacArthur, R.H. y J.W. MacArthur. 1961. On bird species diversity. *Ecology* 42: 594-598.
- Maguran, A.E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, Princeton.
- Marod, D., U. Kutintara, H. Tanaka y T. Nakashizuka. 2004. Effects of drought and fire on seedling survival and growth under contrasting light conditions in a seasonal tropical forest. *Journal of Vegetation Science* 15: 691-700.
- McCleary K. y G. Mowat. 2002. Using forest structural diversity to inventory habitat diversity of forest-dwelling wildlife in the West Kootenay region of British Columbia. *British Columbia Journal of Ecosystems and Management* 2: 1-13.
- Meave del Castillo J. 1990. *Estructura y composición de la selva alta perennifolia de los*

- alrededores de Bonampak*. Instituto Nacional de Antropología e Historia. México, D.F.
- Meave J., M.A. Soto, L.M. Calvo-Irabién, H. Paz-Hernández y S. Valencia-Ávalos. 1992. Análisis sinecológico del bosque mesófilo de montaña de Omiltemi, Guerrero. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 52: 31-77.
- Mejía-Domínguez, N.R., J.A. Meave y C.A. Ruiz-Jiménez. 2004. Análisis estructural de un bosque mesófilo de montaña en el extremo oriental de la Sierra Madre del Sur (Oaxaca), México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 74: 13-29.
- Medina, E. 1995. Diversity of life forms of higher plants in neotropical dry forest. En: S.H. Bullock, H. Mooney y E. Medina (eds.). *Seasonally dry tropical forests*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 326-345.
- Mueller-Dombois, D. y H. Ellenberg. 1974. *Aims and methods of vegetation ecology*. John Wiley and Sons, Nueva York.
- Nadkarni, N.M., M.C. Merwin y J. Nieder. 2001. Forest canopies: plant diversity. En: S. Levin (ed.). *Encyclopedia of Biodiversity, Vol. 3*. Academic Press, San Diego, pp. 27-40.
- Naeem S. 2001. Complexity versus diversity. En: S. Levin (ed.). *Encyclopedia of Biodiversity, Vol 1*. Academic Press, San Diego, pp. 831-843.
- Nai-Bregaglio, M., E. Pucheta y M. Cabido. 2002. El efecto del pastoreo sobre la diversidad florística y estructural en pastizales de montaña del centro de Argentina. *Revista Chilena de Historia Natural* 75: 613-623.
- Neumann, M. y F. Starlinger. 2001. The significance of different indices for stand structure and diversity in forests. *Forest Ecology and Management* 145: 91-106.
- Nieder, J., J Prosperí y G. Michaloud. 2001. Epiphytes and their contribution to canopy diversity. *Plant Ecology* 153: 51-63.
- Ortiz Pérez, M.A., J.R. Hernández Santana y J.M. Figueroa Mah-Eng. 2004. Reconocimiento fisiográfico y geomorfológico. En: A.J. García-Mendoza, M.J. Ordóñez y M. Briones-Salas (eds.). *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund, México, D.F., pp. 43-54.
- Pérez-García, E.A. 2002. Enclaves de vegetación xerofítica en regiones mésicas: caracterización, análisis de su diversidad florística e importancia en el mantenimiento de floras xerofíticas. Tesis Maestría. UACPyP - Instituto de Ecología, Universidad

Nacional Autónoma de México, México D.F.

- Pérez-García, E.A. y J.A. Meave. 2004. Heterogeneity of xerophytic vegetation of limestone outcrops in a tropical deciduous forest region in southern México. *Plant Ecology* 175: 147-163.
- Pérez-García, E.A., J. Meave y C. Gallardo. 2001. Vegetación y flora de la región de Nizanda, Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, México. *Acta Botanica Mexicana* 56: 19-88.
- Pérez-García, E.A., J.A. Meave y J.A. Gallardo-Cruz (en prensa) Diversidad β y diferenciación florística en un paisaje complejo del trópico estacionalmente seco del sur de México. En: G. Halffter, J. Soberón, A. Melic Blas y P. Koleff (eds.). *Diversidad biológica: el significado de alfa, beta y gamma*. Sociedad Entomológica Aragonesa y CONABIO.
- Phillips, O. y J.S. Miller. 2002. *Global patterns of plant diversity: Alwyn H. Gentry's forest data set*. Missouri Botanical Garden Press. Saint Louis Missouri.
- Pickett S.T.A., M.L. Cadenasso y C.G. Jones. 2000. Generation of heterogeneity by organisms: creation, maintenance and transformation. En: M.J. Hutchings, E.A. John y A.J.A. Stewart (eds.). *The ecological consequences of environmental heterogeneity*. Backwell Science, Londres, pp. 33-69.
- Purvis, A. y A. Hector. 2000. Getting the measure of biodiversity. *Nature* 405: 212-219.
- Ricklefs, R.E. 1996. *Ecology*. Freeman, Nueva York.
- Richards P.W. 1996. *The tropical rainforest*. 2a ed., Cambridge University Press, Melbourne.
- Romero-Alcaraz E. y J.M. Ávila. 2000. Landscape heterogeneity in relation to variations in epigaeic beetle diversity of a Mediterranean ecosystem. Implications for conservation. *Biodiversity and Conservation* 9: 985-1005.
- Salas-Morales, S.H. 2002. Relación entre la heterogeneidad ambiental y la variabilidad estructural de las selvas tropicales secas de la costa de Oaxaca, México. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F.
- Schwab, A., D. Dubois, P.M. Friedm y P.J. Edwards. 2002. Estimating the biodiversity of hay meadows in north-eastern Switzerland on the basis of vegetation structure. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 93: 197-209.
- Silvertown, J.W. y J. Lovett-Doust. 1993. *Introduction to plant population biology*. Blackwell

- Science, Cambridge.
- Smith, T.M. y M.A. Huston. 1989. A theory of the spatial and temporal dynamics of plant communities. *Vegetatio* 83: 49-69.
- SPP. 1981. *Atlas nacional del medio físico*. México D.F.
- SPP. 1984a. Carta de efectos climáticos regionales mayo-octubre. Juchitán E15-10 D15-1, escala 1:250,000. Secretaría de Programación y Presupuesto, México, D.F.
- SPP. 1984b. Carta de efectos climáticos regionales noviembre-abril. Juchitán E15-10 D15-1, escala 1:250,000. Secretaría de Programación y Presupuesto, México, D.F.
- Staudhammer C.L. y V.M. LeMay. 2001. Introduction and evaluation of possible indices of stand structural diversity. *Canadian Journal of Forestry Research* 31: 1105-1115.
- Valle-Doménech, J.A. 2000. Análisis estructural de una hectárea de selva alta perennifolia en el Monumento Natural Yaxchilán (Chiapas), México. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Vázquez-Torres, M. 1991. *Flora vascular y diversidad de especies arbóreas del dosel superior (en una muestra de selva alta sobre substrato cárstico en la zona de Uxpanapa)*. Universidad Veracruzana, Xalapa.
- Vázquez-Yanes, C., A. Orozco-Segovia, E. Rincón y M. E. Sánchez-Coronado. 1990. Light beneath the litter in a tropical forest: effect on seed germination. *Ecology* 71: 1952-1957.
- Watling, J.R. y M.C. Press, 2000. Light heterogeneity in tropical rain forests: photosynthetic responses and their ecological consequences. En: M.J. Hutchings, E.A. John y A.J.A. Stewart (ed.). *The ecological consequences of environmental heterogeneity*. British Ecological Society-Blackwell Science. Londres, pp. 131-153.
- Welden, C.W., S.W. Hewitt, S.P. Hubbell y R.B. Foster. 1991. Sapling survival, growth, and recruitment: Relationship to canopy height in a neotropical forest. *Ecology* 72: 35-50.
- Weaver, J.E. y F.E. Clements. 1929. *Plant ecology*. McGraw-Hill, Nueva York.
- White, D.A. y C.S. Hood. 2004. Vegetation patterns and environmental gradients in tropical dry forest of the northern Yucatan Peninsula. *Journal of Vegetation Science* 15: 151-160.
- Wilson, S.D. 2000. Heterogeneity, diversity and scale in plant communities. En: M.J. Hutchings, E.A. John y A.J.A. Stewart (eds.) *The ecological consequences of environmental heterogeneity*. Blackwell Science, Cambridge, pp. 53-69.

APÉNDICE I

Tabla 6.1 Indicadores de densidad, diversidad y variables estructurales primarias para las 101 parcelas.

Parc= clave de la parcela

Veg= tipo de vegetación

Autores: EAPG= Eduardo Alberto Pérez García, EELT= Edwin Eduardo Lebrija Trejos,
JAGC= José Alberto Gallardo Cruz y JASH= José Antonio Sierra Huelsz.

N_{EA} = número de individuos en el estrato alto.

S_{EA} = número de especies del estrato alto.

H'_{EA} = índice de diversidad taxonómica de Shannon para el estrato alto.

α_{EA} = parámetro de diversidad taxonómica de Fisher para el estrato alto.

N_{EB} = número de individuos en el estrato bajo.

S_{EB} = número de especies del estrato alto.

H'_{EB} = índice de diversidad taxonómica de Shannon para el estrato alto.

α_{EB} = parámetro de diversidad taxonómica de Fisher para el estrato bajo.

N_{TOT} = número de individuos en ambos estratos.

S_{TOT} = número de especies en ambos estratos.

H'_{TOT} = índice de diversidad taxonómica de Shannon para ambos estratos.

α_{TOT} = parámetro de diversidad taxonómica de Fisher para ambos estratos.

ALT_M = altura máxima en la parcela.

DC_M = diámetro de copa máximo por parcela.

DAP_M = diámetro a la altura del pecho máximo por parcela.

AB = área basal por parcela.

COB = cobertura por parcela.

Nota: la x indica valores no calculables para α (si $N/S \leq 1.44$)

Parc	Veg	Autor	Estrato Alto				Estrato Bajo				Ambos Estratos				Variables estructurales primarias				
			N_{EA}	S_{EA}	H'_{EA}	α_{EA}	N_{EB}	S_{EB}	H'_{EB}	α_{EB}	N_{TOT}	S_{TOT}	H'_{TOT}	α_{TOT}	ALT_M	DC_M	DAP_M	AB	COB
1	MX	EAPG	1	1	0	x	118	10	1.24	2.61	119	11	1.28	2.96	2.2	2.7	17	0.03	5
2	MX	EAPG	2	2	0.69	x	82	7	1.54	1.83	84	8	1.62	2.18	3.4	5.7	14	0.03	31
3	MX	EAPG	3	2	0.64	2.62	83	10	1.62	2.97	86	10	1.69	2.93	1.8	2.8	4.3	0.01	8
4	MX	EAPG	3	3	1.1	x	38	7	1.44	2.52	41	10	1.67	4.21	6	5.5	23.9	0.06	43
5	MX	EAPG	3	3	1.1	x	112	9	1.73	2.31	115	10	1.78	2.63	2	1.5	12	0.01	3
6	MX	EAPG	8	4	1.32	3.18	97	12	1.88	3.61	106	13	1.97	3.89	2.5	3.4	13	0.04	22
7	BG	EELT	9	3	0.85	1.58	59	16	2.07	6.46	50	14	1.84	7.22	8	9	40	0.53	261
8	BG	EELT	11	5	1.16	3.54	59	30	3.03	23.16	48	26	2.97	24.42	13	17	87.2	1.6	600
9	BG	EELT	16	13	2.43	x	60	33	3.3	29.72	44	27	3.12	30.09	12	17.5	76.4	0.83	530
10	SM	EELT	16	5	1.04	2.5	15	6	1.43	3.71	31	10	1.53	5.12	10	13.5	58	0.81	512
11	BG	EELT	17	9	1.87	7.75	154	42	3.1	17.41	137	38	2.26	19.02	8	10	35.3	0.45	292
12	MX	EAPG	18	8	1.8	5.52	76	11	2.05	3.53	94	14	2.27	4.56	3.5	4.7	12	0.07	49
13	SM	EELT	18	6	1.27	3.15	113	21	1.97	7.59	131	24	2.19	8.62	18	12.7	65	1.12	500
14	SM	EELT	18	11	2.29	12	62	24	2.61	14.36	78	28	2.82	15.65	12	12.5	40.3	0.39	407
15	MX	EAPG	19	5	1.02	2.21	40	10	1.99	4.28	59	15	2.3	6.49	4	5.5	13.7	0.19	128
16	SM	EELT	19	7	1.67	4	60	23	2.33	13.64	79	25	2.37	12.6	13	14.5	30.6	0.33	425
17	SM	EELT	19	7	1.74	4	170	14	1.55	3.62	190	18	1.84	4.88	10.5	11.9	74	1.02	437

Parc	Veg	Autor	Estrato Alto				Estrato Bajo				Ambos Estratos				Variables estructurales primarias				
			NEA	SEA	H'EA	αEA	NEB	SEB	H'EB	αEB	NTOT	STOT	H'TOT	αTOT	ALTM	DCM	DAPM	AB	COB
18	SM	JASH	20	11	2.23	10	65	16	1.89	6.78	85	22	2.33	9.62	14	9.2	19.3	0.11	245
19	BG	EELT	21	12	2.27	11.6	145	62	3.86	40.86	124	57	3.89	44.87	11	12	28.6	0.33	410
20	SBC	EAPG	21	16	2.66	x	23	7	1.54	3.43	44	22	2.74	17.51	9	6.8	14.6	0.13	143
21	SM	EELT	21	7	1.66	3.68	51	19	2.41	10.97	72	22	2.44	10.8	21	16.4	64.9	0.84	560
22	SM	EELT	24	9	1.94	5.23	115	40	3.15	22	91	36	3.11	21.76	12	16	54.1	0.47	485
23	SM	EELT	24	11	2.17	7.86	25	12	2.28	9.06	49	19	2.6	11.39	13	12.5	47.4	0.41	386
24	SM	EELT	24	16	2.57	21	111	38	3.27	24.6	135	46	3.4	20.4	15	11.2	49.3	0.6	454
25	SM	EELT	25	13	2.32	9.06	68	30	2.98	20.52	93	35	3.06	20.4	23	16.9	66.8	0.91	627
26	SM	JASH	26	13	2.21	10.4	44	16	2.43	10.16	70	24	2.74	12.9	28	19.4	69.1	0.73	632
27	SM	EELT	26	18	2.74	x	106	41	3.42	19.76	80	32	3.25	24.52	22	16.2	71.3	1.07	715
28	MI	JASH	27	10	1.9	5.75	28	11	1.96	6.68	55	18	2.49	9.32	4.5	5.6	11.6	0.08	108
29	MX	EAPG	27	6	1.2	2.39	89	9	1.61	2.5	116	13	1.92	3.76	2.5	3.1	4.7	0.04	11
30	SM	JASH	28	9	1.84	4.59	56	13	1.58	5.99	84	22	2.14	8.99	22	17	39	0.61	797
31	SM	JASH	28	12	2.16	7.95	65	19	2.03	9.03	93	27	2.43	12.77	18.5	15.5	45.6	0.71	780
32	SM	EELT	29	19	2.81	23.9	91	41	3.47	30.86	62	34	3.35	28.72	11.5	15	37.6	0.47	511
33	SBC	EAPG	30	7	1.69	2.87	52	12	2.14	4.89	82	15	2.43	5.38	6.5	9.4	25	0.35	205
34	SBC	JAGC	30	16	2.51	12.5	14	10	2.21	x	43	24	2.98	22.39	12	13.2	104.5	1.28	439
35	SBC	JAGC	31	17	2.68	15.4	36	10	1.78	4.59	67	23	2.77	12.37	9	13.6	30	0.31	315
36	SM	EELT	31	13	2.25	8.42	47	16	2.34	8.55	78	23	2.6	11	24	13.9	60.5	0.55	542
37	BG	EELT	32	21	2.89	26.6	113	49	3.53	26.33	81	37	3.31	32.89	13	14	41.4	0.51	574
38	SBC	EAPG	33	9	1.78	4.08	35	9	1.88	3.92	68	15	2.43	5.95	10	15	80	1.72	344
39	SM	EELT	33	17	2.51	14.1	54	24	2.84	16.55	88	29	2.89	15.09	22	10.7	34	0.24	305
40	SBC	JAGC	35	14	2.04	8.65	15	10	2.21	13.11	50	21	2.58	13.63	7	12.8	33.8	0.2	375
41	SBC	EAPG	35	16	2.42	11.4	47	21	2.65	14.57	82	30	2.99	17.05	15	9.6	33	0.24	290
42	SBC	JAGC	35	20	2.75	19.4	51	17	2.39	8.93	86	32	2.96	18.46	10	11.1	44.1	0.4	357
43	SBC	JAGC	35	21	2.95	22.2	35	11	2.01	5.52	70	26	2.96	14.98	11	17.5	60.5	0.65	497
44	BG	EELT	36	13	2.17	7.3	67	21	2.62	11.44	31	15	2.38	10.51	18	23.5	70	1.3	1058
45	SBC	JAGC	37	23	2.87	26	42	13	1.99	6.44	79	34	3.05	22.64	11	7	25.6	0.2	295
46	SBC	EAPG	38	14	2.55	9.65	41	16	2.45	11.3	96	29	2.93	14.12	10	8	24	0.26	208
47	SBC	JAGC	40	19	2.69	14.2	33	17	2.53	14.09	73	31	3.03	20.35	14	14	88.5	0.81	294
48	SM	EELT	40	13	2.01	6.69	38	13	1.72	6.97	78	22	2.12	10.2	28	23.1	104.4	1.88	1120
49	SM	EELT	40	21	2.82	17.9	134	52	3.24	31.19	173	62	3.41	47.23	13	15.2	43.6	0.34	409
50	SBC	JAGC	41	19	2.7	13.8	39	14	2.33	7.82	80	26	2.9	13.38	17	14.3	52.4	0.56	432
51	SBC	JASH	42	17	2.6	10.6	40	25	3.07	28.52	82	36	3.36	24.49	10.1	13.3	44.5	0.34	362
52	SBC	JAGC	42	20	2.83	15	59	19	2.51	9.71	101	34	3.21	18	9	11	22.2	0.26	369
53	SBC	EAPG	42	21	2.9	16.7	10	8	1.97	x	52	29	3.21	27.03	13	9	22.3	0.26	307
54	SBC	JAGC	43	23	2.87	18.1	13	8	1.99	8.85	56	27	3.1	20.5	17	20	39	0.33	479
55	SM	JASH	43	14	1.65	7.22	62	16	2.13	6.99	87	24	2.2	10.95	20.3	15.4	51.3	0.52	570
56	SBC	JASH	44	16	2.03	9.04	19	8	1.86	5.2	63	22	2.48	12.01	10.5	12.9	41.3	0.24	329
57	SBC	JAGC	44	16	1.93	9.04	56	22	2.78	13.35	100	34	2.8	18.15	11	10.3	39	0.41	361
58	SBC	JASH	45	11	1.89	4.64	18	8	1.83	7.16	63	18	2.21	8.42	13.1	10	19.6	0.26	433
59	SBC	JAGC	45	20	2.64	13.8	43	24	2.8	22.39	88	38	3.27	25.39	11.5	9	28.6	0.32	403
60	MI	JASH	46	10	1.97	3.94	79	18	1.96	7.28	125	23	2.46	8.27	5.5	4.4	11.7	0.13	141
61	SBC	JASH	46	25	2.96	22.4	53	24	2.82	16.91	99	40	3.36	24.95	12.5	13.9	39.5	0.36	531
62	SBC	JAGC	47	14	2.38	6.74	32	14	2.35	9.49	79	22	2.84	10.11	9.5	6.3	30	0.3	159
63	SBC	JAGC	47	17	2.44	8.7	15	8	1.99	6.96	61	23	2.86	13.43	12	9.9	41	0.54	394
64	SBC	JAGC	47	22	2.92	16.1	37	13	2.37	7.13	84	31	3.16	17.75	13	8.8	32.7	0.36	419

Parc	Veg	Autor	Estrato Alto				Estrato Bajo				Ambos Estratos				Variables estructurales primarias				
			N _{EA}	S _{EA}	H' _{EA}	α _{EA}	N _{EB}	S _{EB}	H' _{EB}	α _{EB}	N _{TOT}	S _{TOT}	H' _{TOT}	α _{TOT}	ALT _M	DC _M	DAP _M	AB	COB
65	SBC	JAGC	47	23	2.84	17.8	24	11	2.23	7.86	71	29	3.11	18.29	10.5	8	183	0.3	291
66	SM	EELT	47	19	2.6	11.9	29	10	1.8	5.4	73	23	2.56	11.55	17	13.5	37	0.36	638
67	SBC	EAPG	48	13	1.7	5.2	111	11	1.58	3.03	158	19	2.14	5.65	7	7.8	15	0.65	213
68	SBC	EAPG	49	14	1.74	6.55	14	6	1.23	3.98	63	18	2.05	8.42	13	10.7	31.8	1.17	539
69	SBC	EAPG	49	22	2.79	15.4	59	16	2.05	7.22	108	35	2.88	17.97	8	7.6	18	0.27	285
70	SBC	JAGC	49	23	2.94	16.9	57	17	2.22	8.2	106	36	3.11	19.2	14.5	10	35.6	0.54	377
71	SBC	JASH	50	16	2.25	8.14	41	21	2.65	17.26	92	33	2.89	18.43	10.2	11.5	27.7	0.45	416
72	SBC	EAPG	51	23	2.97	18.6	15	13	2.52	x	64	33	3.28	27.38	10	9	36.3	0.29	343
73	SBC	JAGC	51	23	2.91	16.1	36	17	2.62	12.58	87	32	3.22	18.27	13	7	51.2	0.45	321
74	SBC	JAGC	52	25	3.04	18.9	39	19	2.61	14.62	91	36	3.28	3	12	7.5	27.1	0.17	242
75	SBC	JAGC	52	26	2.94	18.1	41	15	2.45	8.52	91	35	3.23	20.82	10	7	28	0.46	374
76	SM	EELT	52	20	2.62	11.9	166	36	3.02	12.55	114	29	2.93	14.15	20	15.3	69.1	0.76	685
77	SBC	EAPG	53	22	2.61	12.9	71	21	2.57	10.07	124	37	3.12	17.85	10	6.8	22	0.32	253
78	SBC	JAGC	53	17	2.48	8.66	39	14	2.42	7.82	92	24	2.81	10.55	10.5	7.8	31.8	0.53	296
79	SBC	JAGC	53	19	2.74	10.6	36	18	2.55	14.32	89	32	3.21	17.91	16.5	9.6	61.1	1.02	479
80	SBC	JAGC	53	19	2.41	10.6	40	13	2.27	6.69	93	28	2.8	13.6	7.5	6.8	23.6	0.17	252
81	SBC	JASH	54	19	2.5	10.4	89	26	2.52	12.35	143	36	2.93	15.47	6.3	10.8	38	0.34	372
82	SBC	JAGC	54	25	2.96	18.1	27	9	1.69	4.73	81	30	2.98	17.24	8.5	6.5	47.3	0.6	295
83	SBC	EAPG	58	31	3.11	29.3	33	11	1.81	5.78	91	41	3.22	28.72	7	8	50.9	0.47	206
84	MI	JASH	61	17	2.31	7.81	120	21	2.03	7.37	181	32	2.6	11.28	5.7	6	13.3	0.18	165
85	SBC	JAGC	61	23	2.87	14.6	19	11	2.29	10.9	80	31	3.09	18.57	9.5	7.4	32	0.3	354
86	SBC	EAPG	61	23	2.89	14.2	50	22	2.54	15	113	39	3.24	21.08	11	6.4	39	0.5	336
87	SBC	JAGC	61	24	2.86	14.6	41	20	2.73	15.41	102	39	2.32	23.07	8.5	11	28.5	0.35	324
88	SBC	EAPG	61	29	2.17	8.42	43	15	2.02	8.18	106	31	2.74	14.74	8	12	37.9	0.35	381
89	SBC	JAGC	62	24	2.95	18.6	42	18	2.62	11.93	91	33	3.15	18.61	13	7.3	39.4	0.37	356
90	SBC	EAPG	62	29	3.08	20	47	17	2.28	9.56	108	39	3.25	21.91	12	10.3	33	0.5	361
91	SBC	EAPG	63	18	2.17	8.42	43	15	2.01	8.18	106	31	2.74	14.74	10	5	50	0.77	198
92	SBC	EAPG	64	20	2.62	9.99	79	26	2.91	13.52	143	38	3.25	16.91	9	9	23	0.25	335
93	SBC	JASH	64	22	2.78	11.9	51	9	1.28	3.17	115	28	2.83	11.78	8.1	7.3	24.5	0.18	278
94	SBC	JAGC	65	16	1.95	6.11	89	16	1.82	6.23	154	24	2.42	7.97	12	12	41.9	0.29	300
95	SBC	JASH	66	20	2.35	9.76	23	9	1.92	5.44	89	23	2.58	10.05	8.7	14	30.2	0.27	402
96	SBC	EAPG	68	27	2.91	16.6	52	24	2.95	17.28	120	42	3.41	22.97	14	14	20.4	0.32	319
97	SM	EELT	68	19	2.33	8.75	118	23	2.28	8.53	184	29	2.43	9.68	18	14.2	61	0.78	607
98	MI	JASH	78	12	1.8	3.96	93	19	2.49	7.22	171	25	2.48	8.07	3.9	3.5	12.2	0.12	121
99	MI	JASH	82	23	2.85	13.2	62	23	2.7	13.23	144	39	3.23	16.11	4.5	4.7	9.7	0.15	210
100	SBC	JAGC	83	26	2.61	13	14	10	2.21	x	97	31	2.76	15.75	11.5	10.9	17.2	0.36	600
101	SBC	JAGC	86	19	2.69	7.55	64	18	2.58	8.33	150	30	3.13	11.27	8.9	8	26.8	0.47	374

Tabla 6.2 Índices de diversidad estructural (STVI) ponderados para el intervalo conjunto de las parcelas y para cada parcela para las variables de altura, diámetro de copa, diámetro a la altura del pecho y promedio (69 parcelas $N_{EA} \geq 30$ plantas).

Veg= tipo de vegetación

Autores: EAPG= Eduardo Alberto Pérez García, EELT= Edwin Eduardo Lebrija Trejos,
JAGC= José Alberto Gallardo Cruz y JASH= José Antonio Sierra Huelsz.

$STVI_C$ = Índices de diversidad estructural (STVI) ponderados para el intervalo conjunto de las parcelas y para cada parcela.

$STVI_P$ = Índices de diversidad estructural (STVI) ponderados para el intervalo de cada parcela.

ALT = STVI para las alturas de la parcela.

DC = STVI para los diámetros de copa alturas de la parcela.

DAP = STVI para los diámetros a la altura del pecho de la parcela.

PROM = STVI promedio de los tres anteriores.

Parcelas	Vegetación	Autor	$STVI_C$				$STVI_P$			
			ALT	DC	DAP	PROM	ALT	DC	DAP	PROM
33	SBC	EAPG	0.074	0.189	0.014	0.092	0.633	0.836	0.650	0.706
34	SBC	JAGC	0.283	0.355	0.198	0.279	0.994	0.854	0.533	0.794
35	SBC	JAGC	0.161	0.278	0.023	0.154	0.868	0.699	0.678	0.748
36	SM	EELT	0.934	0.507	0.107	0.516	1.000	0.973	0.741	0.905
37	BG	EELT	0.272	0.381	0.063	0.239	0.946	0.831	0.852	0.876
38	SBC	EAPG	0.282	0.346	0.200	0.276	0.768	0.718	0.783	0.756
39	SM	EELT	0.474	0.254	0.025	0.251	0.704	0.922	0.595	0.740
40	SBC	JAGC	0.065	0.264	0.015	0.115	0.931	0.747	0.408	0.695
41	SBC	EAPG	0.393	0.170	0.025	0.196	0.966	0.810	0.638	0.805
42	SBC	JAGC	0.174	0.235	0.045	0.151	0.953	0.799	0.628	0.793
43	SBC	JAGC	0.234	0.353	0.057	0.214	0.985	0.607	0.460	0.684
44	BG	EELT	0.473	0.704	0.138	0.438	0.888	0.714	0.728	0.777
45	SBC	JAGC	0.199	0.110	0.016	0.108	0.955	0.876	0.667	0.833
46	SBC	EAPG	0.167	0.140	0.020	0.109	0.947	0.837	0.827	0.870
47	SBC	JAGC	0.211	0.201	0.113	0.175	0.747	0.536	0.432	0.572
48	SM	EELT	0.949	0.722	0.251	0.641	0.954	0.765	0.647	0.789
49	SM	EELT	0.207	0.289	0.054	0.183	0.800	0.633	0.726	0.719
50	SBC	JAGC	0.365	0.277	0.076	0.239	0.815	0.676	0.714	0.735
51	SBC	JASH	0.133	0.182	0.022	0.112	0.880	0.512	0.340	0.577
52	SBC	JAGC	0.158	0.187	0.014	0.120	0.988	0.680	0.757	0.809
53	SBC	EAPG	0.412	0.184	0.024	0.207	0.903	0.864	0.955	0.907
54	SBC	JAGC	0.421	0.302	0.031	0.251	0.881	0.416	0.579	0.626
55	SM	JASH	0.478	0.338	0.071	0.295	0.817	0.716	0.698	0.744
56	SBC	JASH	0.138	0.164	0.023	0.108	0.834	0.487	0.417	0.579
57	SBC	JAGC	0.269	0.165	0.047	0.160	0.881	0.703	0.766	0.783
58	SBC	JASH	0.314	0.164	0.020	0.166	0.961	0.710	0.978	0.883
59	SBC	JAGC	0.201	0.203	0.027	0.143	0.896	0.945	0.797	0.879
60	MI	JASH	0.040	0.058	0.004	0.034	0.956	0.992	0.823	0.924

Parcelas	Vegetación	Autor	STVI _c				STVI _p			
			ALT	DC	DAP	PROM	ALT	DC	DAP	PROM
61	SBC	JASH	0.201	0.311	0.042	0.184	0.851	0.727	0.696	0.758
62	SBC	JACG	0.140	0.053	0.032	0.075	0.938	0.650	0.841	0.810
63	SBC	JACG	0.224	0.197	0.053	0.158	0.905	0.839	0.775	0.840
64	SBC	JACG	0.260	0.169	0.027	0.152	0.911	0.845	0.680	0.812
65	SBC	JACG	0.135	0.129	0.376	0.213	0.844	0.815	0.376	0.678
66	SM	EELT	0.315	0.309	0.031	0.218	0.773	0.795	0.621	0.730
67	SBC	EAPG	0.073	0.145	0.044	0.088	0.553	0.888	0.759	0.733
68	SBC	EAPG	0.148	0.210	0.055	0.137	0.682	0.819	0.991	0.831
69	SBC	EAPG	0.137	0.114	0.017	0.089	0.885	0.797	0.985	0.889
70	SBC	JACG	0.204	0.186	0.044	0.144	0.699	0.773	0.819	0.763
71	SBC	JASH	0.179	0.198	0.027	0.135	0.798	0.508	0.497	0.601
72	SBC	EAPG	0.211	0.088	0.044	0.114	0.823	0.832	0.488	0.714
73	SBC	JACG	0.159	0.147	0.021	0.109	0.959	0.788	0.483	0.743
74	SBC	JACG	0.188	0.093	0.013	0.098	0.826	0.709	0.533	0.689
75	SBC	JACG	0.170	0.129	0.030	0.110	0.990	0.912	0.872	0.925
76	SM	EELT	0.530	0.358	0.074	0.321	0.857	0.738	0.457	0.684
77	SBC	EAPG	0.197	0.101	0.028	0.109	0.985	0.847	0.992	0.942
78	SBC	JACG	0.165	0.173	0.030	0.123	0.906	0.942	0.753	0.867
79	SBC	JACG	0.425	0.194	0.102	0.240	0.943	0.832	0.708	0.828
80	SBC	JACG	0.077	0.072	0.009	0.053	0.951	0.763	0.507	0.741
81	SBC	JASH	0.067	0.171	0.026	0.088	0.992	0.667	0.520	0.727
82	SBC	JACG	0.134	0.077	0.036	0.082	0.978	0.782	0.468	0.742
83	SBC	EAPG	0.084	0.091	0.042	0.072	0.878	0.752	0.493	0.708
84	MI	JASH	0.028	0.039	0.005	0.024	0.819	0.561	0.813	0.731
85	SBC	JACG	0.127	0.076	0.019	0.074	0.893	0.622	0.540	0.685
86	SBC	EAPG	0.205	0.078	0.024	0.103	0.959	0.774	0.475	0.736
87	SBC	JACG	0.117	0.119	0.023	0.086	0.966	0.480	0.733	0.726
88	SBC	EAPG	0.121	0.068	0.047	0.079	0.813	0.977	0.468	0.753
89	SBC	JACG	0.191	0.121	0.025	0.113	0.785	0.857	0.478	0.707
90	SBC	EAPG	0.186	0.120	0.031	0.112	0.845	0.574	0.736	0.718
91	SBC	EAPG	0.125	0.073	0.047	0.081	0.836	0.938	0.539	0.771
92	SBC	EAPG	0.105	0.095	0.014	0.071	0.871	0.590	0.717	0.726
93	SBC	JASH	0.085	0.074	0.010	0.056	0.859	0.694	0.497	0.683
94	SBC	JACG	0.136	0.113	0.025	0.091	0.739	0.412	0.430	0.527
95	SBC	JASH	0.079	0.161	0.010	0.083	0.758	0.413	0.350	0.507
96	SBC	EAPG	0.254	0.098	0.020	0.124	0.539	0.682	0.616	0.612
97	SM	EELT	0.469	0.284	0.075	0.276	0.884	0.674	0.566	0.708
98	MI	JASH	0.010	0.018	0.002	0.010	0.772	0.741	0.470	0.661
99	MI	JASH	0.012	0.039	0.002	0.018	0.729	0.896	0.726	0.784
100	SBC	JACG	0.172	0.139	0.016	0.109	0.826	0.579	0.619	0.675
101	SBC	JACG	0.091	0.058	0.018	0.056	0.842	0.485	0.667	0.665

APÉNDICE II

Listado florístico de la parcelas de estructura y composición (101). Nizanda, Oaxaca

Se indica el tipo de vegetación de las parcelas donde se encontraron las especies. SBC = selva baja caducifolia, MI = matorral subinermes, MX = matorral xerófilo, SM = selva mediana, BG = bosque de galería. Se indica los colectores y las claves de los ejemplares de referencia. JAGC = J. Alberto Gallardo Cruz, CGH = Claudia Gallardo Hernández, ELT = Edwin Lebrija Trejos, LLO = Liliana López Olmedo, JM = Jorge Meave, AOP = Adriana Osnaya Palomares, EAPG = Eduardo A. Pérez-García, JASH = J. Antonio Sierra Huelsz. Se utilizó la clasificación de Cronquist (1981) para todas las familias excepto para las leguminosas que se consideraron en una única familia Leguminosae.

FAMILIAS, GÉNEROS Y ESPECIES	TIPO DE VEGETACIÓN				
	SBC	MI	MX	SM	BG
PTERIDOPHYTA					
PTERIDACEAE					
<i>Adiantum princeps</i> T.Moore CGH 1923, JM 2107, EAPG 1492				X	
<i>Adiantum tetraphyllum</i> Humb. et Bonpl. ex Willd. CGH 1916				X	
SCHIZAEACEAE					
<i>Lygodium venustum</i> Sw. EAPG 1552, 1736				X	
MAGNOLIOPHYTA					
MAGNOLIOPSIDA					
ACANTHACEAE					
<i>Aphelandra scabra</i> (Vahl) Sm. CGH 1661, 2329, JM 1869, EAPG 1955, 2024	X			X	
<i>Aphelandra schiedeana</i> Schldl. et Cham. EAPG 1428, 1997				X	
<i>Blechnum pyramidatum</i> (Lam.) Urb. ELT 75, EAPG 2063				X	X
<i>Carlwrightia arizonica</i> A.Gray EAPG 1259	X				
<i>Elytraria imbricata</i> Pers. AOP 219, EAPG 816, 909	X	X			
<i>Holographis leticiana</i> T.F.Daniel EAPG 870, 1440, 1946	X				
<i>Jacobinia</i> spp. (<i>J. candicans</i> [(Nees) Benth. et Hook.f. ex Hook.f. et B.D.Jacks. CGH 1549, JM 1900, EAPG 806, 1223] y <i>J. mollis</i> [Greenm. CGH 1701, EAPG 1237])	X				
<i>Justicia caudata</i> A.Gray CGH 1662, 2285, 2335, EAPG 736, 763	X	X		X	
<i>Pseuderanthemum alatium</i> (Nees) Radlk. CGH 1918, EAPG 1996				X	
<i>Ruellia inundata</i> Kunth	X			X	

FAMILIAS, GÉNEROS Y ESPECIES

TIPO DE VEGETACIÓN
SBC MI MX SM BG

CGH 1648, 2324, EAPG 817, 881, 911 <i>Siphonoglossa sessilis</i> (Jacq.) D.Gibson ACAN SP01	X				
<i>Tetramerium nervosum</i> Nees CGH 1645				X	X
Acanthaceae sp. 3	X				
Acanthaceae sp. 6	X				
Acanthaceae sp. 17	X	X			
ACHATOCARPACEAE					
<i>Achatocarpus nigricans</i> Triana JM 1806	X			X	
AISOACEAE					
Aisoaceae sp. 1					X
AMARANTHACEAE					
<i>Alternanthera mexicana</i> Moq. CGH 1649	X				
<i>Alternanthera pycnantha</i> (Benth.) Standl. CGH 1698, EAPG 922, 1274, 1363	X				
<i>Amaranthus scariosus</i> Benth. CGH 1971					X
<i>Iresine calea</i> (Ibáñez) Standl. EAPG 1074	X				
<i>Iresine</i> aff. <i>diffusa</i> Humb. et Bonpl. ex Willd. CGH 1685	X				
<i>Lagrezia monosperma</i> (Rose) Standl. CGH 1637, 1651, 1700, 1689, EAPG 746, 820, 890,	X				
Amaranthaceae sp. 01	X				
ANACARDIACEAE					
<i>Astronium graveolens</i> Jacq. JM 2417, 2437	X			X	
<i>Comocladia engleriana</i> Loes. EAPG 951, 1028, 1056	X		X		
<i>Mangifera indica</i> L.				X	
<i>Pseudosmodingium multifolium</i> Rose EAPG 719, 953	X	X	X		
<i>Spondias purpurea</i> L. CGH 1601, 1985, EAPG 1054, 1678	X				
<i>Spondias radlkoferi</i> Donn.Sm. CGH 1607, EAPG 1098, 1496				X	X
ANNONACEAE					
<i>Annona reticulata</i> L. CGH 1626				X	
<i>Annona squamosa</i> L. CGH 1452, 1498, JM 1817, 1877, EAPG 1156	X				
<i>Malmea depressa</i> (Baill.) R.E.Fr. CGH 1450, 1625, JM 1812, 2283, EAPG 732, 867, 942, 1157, 1476, 1702	X			X	
<i>Sapranthus microcarpus</i> (Donn.Sm.) R.E.Fr. CGH 1669, JM 1820, EAPG 862, 905, 1150	X			X	X
Sapranthus sp. 1				X	

FAMILIAS, GÉNEROS Y ESPECIES

	TIPO DE VEGETACIÓN				
	SBC	MI	MX	SM	BG
Annonaceae Sp. 1				X	
Annonaceae Sp. 2	X				
APOCYNACEAE					
<i>Aspidosperma megalocarpon</i> Müll.Arg. CGH 1558				X	
<i>Haplophyton cimidum</i> A.DC. CGH 1678, 1847, 2262, 2323, JM 1783, 2292, EAPG 1236	X				
<i>Mesechites trifida</i> (Jacq.) Muell.Arg. EAPG 2035	X			X	X
<i>Plumeria rubra</i> L. f. <i>acutifolia</i> (Poir.) Woodson CGH 1527, 1565, JM 1793, 2150	X	X	X	X	
<i>Stemmadenia eubracteata</i> Woodson JAGC 7, CGH 1912, EAPG 1482	X				
<i>Stemmadenia obovata</i> (Hook. et. Arn.) K.Schum. CGH 1461, 1568, 1922, EAPG 739, 1134, 1177, 1475	X			X	X
<i>Tabernaemontana chrysocarpa</i> S.F.Blake JM 2411, EAPG 1244				X	
<i>Thevetia plumeriifolia</i> Benth. CGH 1557, EAPG 856	X X			X	X
Apocynaceae Sp. 1					
ASCLEPIADACEAE					
<i>Macrosepis diademata</i> (Ker Gawl.) W.D.Stevens CGH 1608, 1926, 2289, EAPG 1009					X
<i>Marsdenia coulteri</i> Hemsl. CGH 1596, JM 1914, EAPG 829, 853, 970, 1107, 1137, 1724	X				X
<i>Marsdenia zimapanica</i> Hemsl. EAPG 1114, 1229				X	
Asclepiadaceae Sp. 6				X	
Asclepiadaceae Sp. 8	X				
ASTERACEAE					
<i>Adenophyllum aurantium</i> (L.) Strother EAPG 1418, 1420, 1728				X	
<i>Ageratum microcephalum</i> Hemsl. CGH 2308, LLO 79		X			
<i>Bidens squarrosa</i> Kunth EAPG 1364, 1570, 1667	X				
<i>Calea urticifolia</i> (Mill.) DC. var. <i>urticifolia</i> EAPG 1582, 1669		X			
<i>Chromolaena collina</i> (DC.) R.M.King et H.Rob. JM 2379, EAPG 1356	X			X	
<i>Chromolaena odorata</i> (L.) R.M.King et H.Rob. EAPG 921	X				
<i>Eclipta prostrata</i> (L.) L. EAPG 1756				X	
<i>Koanophyllum solidaginoides</i> (Kunth) R.M.King et H.Rob. JM 1804, EAPG 737	X				
<i>Lasianthaea fruticosa</i> (L.) K.M.Becker var. <i>fruticosa</i>	X				

FAMILIAS, GÉNEROS Y ESPECIES

TIPO DE VEGETACIÓN
SBC MI MX SM BG

JM 1824, 1868					
<i>Montanoa tomentosa</i> Cerv. subsp. <i>microcephala</i> (Sch.Bip.) V.A.Funk EAPG 789, 857, 1350	X				
<i>Parthenium hysterophorus</i> L. EAPG 1556					X
<i>Perymenium</i> aff. <i>grande</i> Hemsl. JM 2364	X	X			
<i>Pittocaulon velatum</i> (Greenm.) H.Rob. et Brettell var. <i>tzimolensis</i> (T.M. Barkley) B.L.Clark CGH 1477, EAPG 1385	X				
<i>Porophyllum punctatum</i> (Mill.) S.F.Blake CGH 2280, JM 1787, EAPG 1608, 1685	X	X		X	
<i>Roldana eriophylla</i> (Greenm.) H.Rob. et Brettell CGH 1487, EAPG 959	X				
<i>Sinclairia andrieuxii</i> (DC.) H.Rob. et Brettell CGH 1598, EAPG 2017	X				
<i>Spilanthes</i> sp. 1					X
<i>Verbesina crocata</i> (Cav.) Less. EAPG 2011	X				
<i>Wedelia acapulcensis</i> Kunth var. <i>tehuantepecana</i> (B.L.Turner) Strother CGH 2274, EAPG 714, 1524, 1566	X				X
Asteraceae sp. 01	X				
Asteraceae sp. 02	X	X			
Asteraceae sp. 07		X			
Asteraceae sp. 10	X				
Asteraceae sp. 12	X				
Asteraceae sp. 13	X				
Asteraceae sp. 15					X
Asteraceae sp. 17					X
Asteraceae sp. 18	X			X	
Asteraceae sp. 19	X			X	
Asteraceae sp. 20					X
Asteraceae sp. 21	X				
Asteraceae sp. 22	X				
Asteraceae sp. 23	X				
Asteraceae sp. 24	X				
Asteraceae sp. 25	X				
Asteraceae sp. 26	X				
BIGNONIACEAE					
<i>Adenocalymma inundatum</i> C.Mart. ex DC. CGH 1647, JM 1760, 2327, EAPG 1103	X			X	X
<i>Arrabidaea costaricensis</i> (Kränzl.) A.H.Gentry CGH 1599, 1614, 1877, 2352, EAPG 761, 812, 1175, 2107	X				
<i>Arrabidaea floribunda</i> (Kunth) Loes. CGH 1555, 1618, 2341, 2351, JM 1832	X				
<i>Astianthus viminalis</i> (Kunth) Baill. ELT 55, JM 2132, EAPG 1007				X	
<i>Cydista potosina</i> (K.Schum. et Loes.) Loes. EAPG 1341				X	

FAMILIAS, GÉNEROS Y ESPECIES

	TIPO DE VEGETACIÓN				
	SBC	MI	MX	SM	BG
<i>Mansoa hymenaea</i> (DC.) A.H.Gentry EAPG 939				X	
<i>Pithecoctenium crucigerum</i> (L.) A.H.Gentry JM 1859, EAPG 927				X	X
<i>Tabebuia chrysantha</i> (Jacq.) G.Nicholson EAPG 1053	X	X			
<i>Tabebuia impetiginosa</i> (Mart. ex DC.) Standl. CGH 2356, EAPG 734	X			X	
<i>Tabebuia pentaphylla</i> (L.) Hemsl. EAPG 1444				X	
Bignoniaceae sp. 01	X			X	
Bignoniaceae sp. 02	X			X	
Bignoniaceae sp. 06	X				
BIXACEAE					
<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng. CGH 1650		X			
BOMBACACEAE					
<i>Ceiba grandiflora</i> Bartlett CGH 1885, 2026	X				
<i>Ceiba parvifolia</i> Rose EAPG 944, 1088	X		X		
<i>Pseudobombax ellipticum</i> (Kunth) Dugand CGH 1980, EAPG 1029	X				
BORAGINACEAE					
<i>Bourreria purpusii</i> Brandegee CGH 1552, 1856, 1867, EAPG 1118, 1203	X				
Cordia sp. 1				X	
<i>Cordia curassavica</i> (Jacq.) Roem. et Schult. JM 1792, 1854, EAPG 715					X
<i>Cordia dentata</i> Poir CGH 1694, JM 1771, 1902	X				X
<i>Cordia gerascanthus</i> L. EAPG 964	X				
<i>Cordia globosa</i> (Jacq.) Roem et Schult. EAPG 1144		X			
<i>Cordia inermis</i> (Mill.) I.M.Johnst. CGH 1584, EAPG 1480	X			X	
<i>Cordia oaxacana</i> DC. CGH 1609, EAPG 897, 1606	X	X			
<i>Cordia truncatifolia</i> Bartlett JM 2146, 2281, EAPG 1052, 1302, 1304	X				
<i>Heliotropium macrostachyum</i> (DC.) Hemsl. ELT I22					X
<i>Heliotropium angiospermum</i> Murray ELT Y17					X
Boraginaceae sp. 1	X				
BURSERACEAE					
<i>Bursera</i> spp. 1	X		X	X	
<i>Bursera</i> sp. 3	X			X	X
<i>Bursera</i> sp. 5	X				

FAMILIAS, GÉNEROS Y ESPECIES

TIPO DE VEGETACIÓN
SBC MI MX SM BG

<i>Bursera bicolor</i> (Willd.ex Schltdl.) Engl. EAPG 1192			X		
<i>Bursera excelsa</i> (Kunth) Engl. CGH 1442, 1838, JM 1764, 1765, 1862, 1878, EAPG 1163, 1368	X		X		
<i>Bursera schlechtendalii</i> Engl. 1528, 1564, JM 1763, 1880, 2155, EAPG 1046, 1083	X	X	X		
BUXACEAE					
<i>Buxus bartletti</i> Standl. JM 2375	X				
CACTACEAE					
<i>Acanthocereus tetragonus</i> (L.) Hummelinck JM 1876	X				
<i>Cephalocereus nizandensis</i> (Bravo et T.MacDoug.) Buxb. CGH 1531	X		X		
<i>Mammillaria albilanata</i> Backeb. EAPG 878	X		X		
<i>Mammillaria voburnensis</i> Scheer var. <i>collinsii</i> (Britton et Rose) Repp. JM 1874, EAPG 798	X		X		
<i>Neobuxbaumia scoparia</i> (Poselg.) Backeb. CGH 1591	X		X		
<i>Nopalea karwinskiana</i> (Salm-Dyck) K.Schum. CGH 1570	X	X			X
<i>Opuntia puberula</i> Pfeiff. EAPG 2042	X			X	
<i>Pachycereus pecten-aboriginum</i> (A.Berger) Britton et Rose EAPG 1441	X				
<i>Pereskiaopsis kellermannii</i> Rose EAPG 957	X				
<i>Pilosocereus collinsii</i> (Britton et Rose) Byles et G.D.Rowley CGH 1590, EAPG 1319	X			X	
<i>Selenicereus coniflorus</i> (Weing.) Britton et Rose EAPG 1218	X		X	X	
<i>Selenicereus testudo</i> (Karw. ex Zucc.) Buxb. CGH 1897	X				
CAPPARACEAE					
<i>Capparis admirabilis</i> Standl. EAPG 1812	X				
<i>Capparis baducca</i> L. JM 2108 2416, 2421, EAPG 1069				X	
<i>Capparis incana</i> Kunth CGH 1466, 1686, EAPG 1090, 1104, 1120	X	X		X	X
<i>Capparis indica</i> (L.) Druce CGH 1540, JM 2294, EAPG 1067	X			X	
<i>Capparis verrucosa</i> Jacq. EAPG 1042, 1072, 1465	X	X		X	
<i>Crateva tapia</i> L. CGH 1456, EAPG 1100, 1473				X	X

FAMILIAS, GÉNEROS Y ESPECIES

TIPO DE VEGETACIÓN
SBC MI MX SM BG

<i>Forchhammeria pallida</i> Liebm. EAPG 874, 875, 888, 1379, 1472	X	X		X	
<i>Morisonia americana</i> L. JM 1754, EAPG 1358, 2064, 2051	X			X	
<i>Polanisia viscosa</i> (L.) DC. CGH 1658, JM 1842, 1926					X
Capparaceae sp. 09				X	
CARICACEAE					
<i>Jacaratia mexicana</i> A.DC. EAPG 819, 845, 969, 971	X			X	
CELASTRACEAE					
<i>Crossopetalum uragoga</i> (Jacq.) Kuntze CGH 1612, EAPG 772, 994, 2522				X	
Celastraceae sp. 1	X				
Celastraceae sp. 2	X			X	
CHRYSOBALANACEAE					
<i>Licania arborea</i> Seem. EAPG 1617, 1656				X	X
CLUSIACEAE					
<i>Garcinia intermedia</i> (Pittier) Hammel JM 1816, EAPG 1430, 1437				X	
COMBRETACEAE					
<i>Bucida macrostachya</i> Standl. CGH 1434, 1499	X				
<i>Combretum decandrum</i> Jacq. JM 2419, EAPG 988, 2068				X	
<i>Combretum farinosum</i> Kunth CGH 1501, 1576, JM 2463					X
CONNARACEAE					
<i>Rourea glabra</i> Kunth EAPG 861				X	
CONVOLVULACEAE					
<i>Ipomoea bracteata</i> Cav. ELT 1, EAPG 825, 854, 873				X	
<i>Ipomoea trifida</i> (Kunth) G.Don ELT 75					X
<i>Ipomoea</i> sp. 01		X			
<i>Ipomoea</i> sp. 02				X	
<i>Ipomoea</i> sp. 03	X			X	
<i>Merremia umbellata</i> (L.) Hallier f. CGH 1622, 1639, 1657, EAPG 926					X
Convolvulaceae sp. 4					X
CRASSULACEAE					
<i>Echeveria acutifolia</i> Lindl. CGH 1676, EAPG 872			X		

FAMILIAS, GÉNEROS Y ESPECIES

TIPO DE VEGETACIÓN
SBC MI MX SM BG

CUCURBITACEAE

Ibervillea millspaughii (Cogn.) C.Jeffrey
 EAPG 802

X

Cucurbitaceae sp. 02

X

EBENACEAE

Diospyros salicifolia Humb. et Bonpl. ex Willd.
 EAPG 1226

X

X

ERYTHROXYLACEAE

Erythroxylum havanense Jacq.
 EAPG 1109, EAPG 1466

X

X

X

EUPHORBIACEAE

Acalypha aff. *diversifolia* Jacq.
 EAPG 1429

X

X

X

Acalypha sp. 1

X

Acalypha sp. 4

X

Acalypha sp. 6

X

Acalypha sp. 7

X

Acalypha sp. 8

X

Cnidoscolus aff. *aconitifolius* (Mill.) I.M.Johnst.
 JM 1758, 1887

X

X

Cnidoscolus megacanthus Breckon
 CGH 1521

X

X

X

Croton ciliatoglanduliferus Ortega
 CGH 1510, JM 1833, EAPG 898

X

X

Croton fragilis Kunth
 CGH 1890

X

Croton lobatus L.
 EAPG 1655

X

Croton niveus Jacq.
 CGH 1544, JM 1785, 1836, EAPG 728, 731, 1159

X

X

Croton pseudoniveus Lundell
 CGH 1872

X

X

Croton yucatanensis Lundell
 CGH 1548, EAPG 1867, 2121, 2123

X

X

X

Eumecanthus gramineus (Jacq.) Millsp.
 ELT 28

Euphorbia heterophylla L.
 EAPG 1863

X

Euphorbia spp. (*E. schlechtendalii* Boiss.
 EAPG 1411 + *E. segoviensis* [Klotzsch et Garcke]
 Boiss. EAPG 1959)

X

X

Hippomane mancinella L.
 CGH 1532, 1640, JM 1940, EAPG 722

X

Jatropha alamanii Müll.Arg.
 CGH 1542, EAPG 2101

X

X

X

Jatropha oaxacana J.Jiménez-Ram. et R.Torres
 CGH 1517, EAPG 1307, 1308

X

Manihot oaxacana D.J. Rogers et Appan
 CGH 1432, JM 2485

X

X

X

X

Pedilanthus calcaratus Schlcht.
 EAPG 1380, 2054

X

FAMILIAS, GÉNEROS Y ESPECIES

	TIPO DE VEGETACIÓN				
	SBC	MI	MX	SM	BG
<i>Pedilanthus tithymaloides</i> (L.) Poit. subsp. <i>tithymaloides</i> CGH 1509, 1597, 2055, 2412	X			X	
<i>Phyllanthus urinaria</i> L. ELT 53					X
<i>Ricinus communis</i> L. ELT 56					X
<i>Sapium appendiculatum</i> (Müell. Arg.) Pax. et K. Hoffm. EAPG 1745	X				
<i>Sapium pedicellatum</i> Huber CGH 1500, 1559				X	
Euphorbiaceae sp. 1	X		X		
Euphorbiaceae sp. 2	X				
Euphorbiaceae sp. 3	X				
Euphorbiaceae sp. 5			X		
Euphorbiaceae sp. 7			X		
FLACOURTIACEAE					
<i>Casearia nitida</i> (L.) Jacq. JM 1803, 1841, EAPG 1474	X			X	X
<i>Casearia tremula</i> (Griseb.) Griseb. ex C.Wright CGH 1538, 1575, 1846	X			X	
Flacourtiaceae sp. 1	X				
Flacourtiaceae sp. 2				X	X
Flacourtiaceae sp. 3				X	
HERNANDIACEAE					
<i>Gyrocarpus mocinnoi</i> Espejo CGH 1643, EAPG 967	X	X	X		
HIPPOCRATEACEAE					
<i>Hemiangium excelsum</i> (Kunth) A.C.Sm. CGH 1995, JM 1873, 1808, 1909, EAPG 2473				X	
JULIANIACEAE					
<i>Amphipterygium adstringens</i> (Schltdl.) Standl. CGH 1482, 1516, JM 1774, EAPG 1313	X	X			X
LAURACEAE					
<i>Nectandra salicifolia</i> (Kunth) Nees CGH 1670, JM 1810, 1811	X			X	
LEGUMINOSAE					
<i>Acacia cochliacantha</i> Humb. et Bonpl. ex Willd. EAPG 752, 885, 1143		X	X		
<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd. EAPG 886	X				X
<i>Acacia</i> aff. <i>hindsii</i> Benth. EAPG 1739				X	X
<i>Acacia picachensis</i> Brandegees CGH 1512, EAPG 725, 884, 1151, 1204	X	X			X
<i>Acacia pringlei</i> Rose EAPG 997				X	
<i>Acacia tenuifolia</i> (L.) Willd.	X				

FAMILIAS, GÉNEROS Y ESPECIES

TIPO DE VEGETACIÓN

	SBC	MI	MX	SM	BG
JM 1828					
<i>Aeschynomene compacta</i> Rose CGH 1551, EAPG 756, 800, 1037, 1117	X	X			X
<i>Andira inermis</i> (W.Wright) Kunth ex DC. EAPG 1014, 1017				X	
<i>Apoplanesia paniculata</i> C.Presl CGH 1536, EAPG 1359	X				
<i>Bauhinia cookii</i> Rose EAPG 2226	X			X	
<i>Bauhinia divaricata</i> L. CGH 1628				X	
<i>Bauhinia seleriana</i> Harms CGH 1534, 1616, 1881, JM 1941	X				
<i>Caesalpinia platyloba</i> S.Watson CGH 1502, 1545, EAPG 1775, 1886	X				
<i>Caesalpinia sclerocarpa</i> Standl. CGH 1905, JM 2322, EAPG 1547, 2120	X				
<i>Chamaecrista serpens</i> (L.) Greene JM 2142, EAPG 1515		X			
<i>Chloroleucon mangense</i> (Jacq.) Britton et Rose CGH 1993, EAPG 1301, 1536	X	X		X	
<i>Coursetia caribaea</i> (Jacq.) Lavin EAPG 740, 1683, 2236					
<i>Coursetia glandulosa</i> A.Gray EAPG 962	X				
<i>Coursetia oaxacensis</i> M.Sousa et Rudd CGH 1478	X				
<i>Cynometra oaxacana</i> Brandegee JM 1893, 2303, EAPG 790, 863				X	
<i>Dalea carthagenensis</i> (Jacq.) J.F.Macbr. CGH 2321, LLO 105, EAPG 882	X				
<i>Desmodium glabrum</i> (Mill) DC. EAPG 2357, 2369		X			
<i>Diphyssa americana</i> (Mill.) M.Sousa EAPG 805, 2039				X	
<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb. EAPG 946, 1178				X	X
<i>Erythrina lanata</i> Rose CGH 1572, 1706, JM 1770, EAPG 846	X				
<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Steud. EAPG 940, 1001, 1403, 1660		X			
<i>Havardia campylacantha</i> (L.Rico et M.Sousa) Barneby et J.W.Grimes. CGH 1868, EAPG 1155	X			X	
<i>Inga vera</i> Willd. EAPG 938, 1011, 1015, 1154, 1198				X	X
<i>Leucaena lanceolata</i> S.Watson CGH 1629, 1710, EAPG 742, 1569, 1619	X				
<i>Lonchocarpus emarginatus</i> Pittier CGH 1529, 1638, JM 1888, 1896, EAPG 811, 1369, 2139			X		
<i>Lonchocarpus lanceolatus</i> Benth. ELT 40, EAPG 834, 835, 1721, 2147	X	X			
<i>Lonchocarpus lineatus</i> Pittier EAPG 2318, 2322	X			X	

FAMILIAS, GÉNEROS Y ESPECIES

TIPO DE VEGETACIÓN

	SBC	MI	MX	SM	BG
<i>Lonchocarpus longipedicellatus</i> Pittier EAPG 1809	X				
<i>Lonchocarpus torresiorum</i> M.Sousa (sp. nov. ined.) JAGC 11, EAPG 1600, 2325	X			X	
<i>Lysiloma divaricatum</i> (Jacq.) J.F.Macbr. CGH 1484, EAPG 757, 1241, 1571	X	X		X	
<i>Lysiloma microphyllum</i> Benth. CGH 1688, JM 2319, EAPG 1124	X		X	X	
<i>Machaerium pittieri</i> Macbr. EAPG 1815	X				
<i>Mimosa acantholoba</i> (Humb. et Bonpl. ex Willd.) Poir. var. <i>eurycarpa</i> B.L.Rob. EAPG 883	X	X			X
<i>Mimosa goldmanii</i> B.L.Rob. CGH 2283, EAPG 753, 1306, 1327	X	X			
<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir. EAPG 963		X			X
<i>Myrospermum frutescens</i> Jacq. CGH 1684, 1726	X			X	X
<i>Piptadenia flava</i> (Spreng. ex DC.) Benth. CGH 1879	X	X			
<i>Piptadenia obliqua</i> (Pers.) J.F.Macbr. CGH 2357, JM 1790, EAPG 724	X	X		X	X
<i>Poeppigia procera</i> C.Presl CGH 2358, EAPG 1786				X	
<i>Pterocarpus rohrii</i> Vahl CGH 1987, 1889, LLO 36, EAPG 976, 1038, 1075	X			X	
<i>Senna atomaria</i> (L.) H.S.Irwin et Barneby CGH 1424, JM 1781, 2280, EAPG 758, 801, 989	X	X		X	X
<i>Senna fruticosa</i> (Mill.) H.S.Irwin et Barneby CGH 1503, 1882, EAPG 807	X				X
<i>Senna holwayana</i> (Rose) H.S.Irwin et Barneby EAPG 899, 1657	X	X			
<i>Senna pallida</i> (Vahl) H.S.Irwin et Barneby EAPG 1842, 2395	X				
<i>Zapoteca formosa</i> (Kunth) H.M.Hern. subsp. <i>rosei</i> (Wiggins) H.M.Hern. CGH 1615, 2264, EAPG 917, 1885	X			X	
<i>Zapoteca tehuana</i> H.M.Hern. JAGC 29-47, 22-5	X				
Leguminosae Sp. 14	X			X	X
Leguminosae Sp. 31				X	
Leguminosae Sp. 32	X				
Leguminosae Sp. 33	X				
Leguminosae Sp. 34	X				
LOASACEAE					
<i>Gronovia scandens</i> L. EAPG 1189					X
MALPIGHIACEAE					
<i>Bunchosia strigosa</i> Schlttdl. EAPG 764	X	X		X	
<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth CGH 1973, JM 1791, 2147		X			

FAMILIAS, GÉNEROS Y ESPECIES

TIPO DE VEGETACIÓN

	SBC	MI	MX	SM	BG
<i>Heteropterys cotinifolia</i> A.Juss. CGH 1567, 1844, JM 1908, 1911	X			X	
<i>Heteropterys laurifolia</i> (L.) A.Juss. EAPG 1076, 1110	X			X	
<i>Hiraea reclinata</i> Jacq. CGH 1996, JM 2129, EAPG 1479	X			X	X
<i>Malpighia emarginata</i> Sessé et Moc. ex DC. JM 2136, EAPG 2102	X	X		X	
<i>Malpighia glabra</i> L. CGH 1664, JM 2354, ELT 67, EAPG 793	X			X	
<i>Malpighia mexicana</i> A. Juss. EAPG 1216	X				
<i>Malpighia ovata</i> Rose CGH 1600, JM 1825, EAPG 1758				X	
<i>Mascagnia dipholiphylla</i> (Small) Bullock CGH 1984, EAPG 1055, 1082, 1391					X
<i>Stigmaphyllon lindenianum</i> A.Juss. CGH 1962, EAPG 987, 1757					X
<i>Stigaphyllon</i> sp. 01					X
Malpighiaceae sp. 4	X				
Malpighiaceae sp. 7	X				
Malpighiaceae sp. 9	X				
Malpighiaceae sp. 12				X	
MALVACEAE					
<i>Abutilon ellipticum</i> Schltldl. JM 2370, EAPG 2334	X				
<i>Bakeridesia integerrima</i> (Hook. f.) D.M. Bates EAPG 2309	X			X	
<i>Hibiscus kochii</i> Fryxell EAPG 762, 771, 827, 879, 1174	X	X			
<i>Sida acuta</i> Burm.f. ELT 77 Y1				X	
Malvaceae sp. 3	X				
Malvaceae sp. 6	X				
Malvaceae sp 10					X
Malvaceae sp 12					X
Malvaceae sp. 13	X				
MELIACEAE					
<i>Cedrela salvadorensis</i> Standl. CGH 1907, JM 1822, EAPG 1294	X			X	
<i>Trichilia havanensis</i> Jacq. EAPG 1197				X	
<i>Trchilia hirta</i> L. EAPG 2309				X	
MENISPERMACEAE					
<i>Hyperbaena mexicana</i> Miers CGH 1990, 1991, JM 2282, EAPG 1023, 1094, 1485				X	
MORACEAE					
<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.				X	

FAMILIAS, GÉNEROS Y ESPECIES

TIPO DE VEGETACIÓN
SBC MI MX SM BG

CGH 1921, EAPG 1412, 2079					
<i>Dorstenia contrajerva</i> L.				X	
EAPG 1481					
<i>Dorstenia drakena</i> L.	X				
CGH 1508					
<i>Ficus cotinifolia</i> Kunth	X				
JM 1858					
<i>Ficus insipida</i> Willd.				X	X
CGH 1605, 1606					
<i>Ficus ovalis</i> (Liebm.) Miq.	X				
CGH 1472, 1530, EAPG 786, 844					
<i>Ficus pertusa</i> L. f.	X				
CGH 1504, 1642, JM 1846, EAPG 785					
<i>Ficus petiolaris</i> Kunth	X				
CGH 1433, EAPG 1292, 1762					
MYRSINACEAE					
<i>Ardisia paschalis</i> Donn.Sm.				X	
CGH 1925, JM 1807, EAPG 1066, 1497, 1835, JASH 4					
MYRTACEAE					
<i>Calyptanthes schiedeana</i> O.Berg				X	
CGH 1835, ELT 26, EAPG 1025					
<i>Eugenia</i> aff. <i>salamensis</i> Donn.Sm.	X			X	
CGH 2314, EAPG 747					
<i>Eugenia</i> sp. 1				X	
Myrtaceae sp. 3	X				
Myrtaceae sp. 5	X			X	
Myrtaceae JASH 2	X				
Myrtaceae sp. 08	X				
Myrtaceae sp. 09				X	
NYCTAGINACEAE					
<i>Grajalesia fasciculata</i> (Standl.) Miranda	X			X	
JM 2425, EAPG 1044					
<i>Pisonia aculeata</i> L.	X				
CGH 1537, 1602, JM 1944, EAPG 855, 1489, 2137					
Nyctaginaceae Sp. 1	X				X
Nyctaginaceae Sp. 2	X			X	X
Nyctaginaceae Sp. 7	X			X	
OCHNACEAE					
<i>Ouratea lucens</i> (Kunth) Engl.				X	
EAPG 1423, JASH 20					
<i>Ouratea pallida</i> Standl.		X			
EAPG 2457					
Ochnaceae sp. 2				X	
OLACACEAE					
<i>Schoepfia mexicana</i> A.DC.	X				
EAPG 2083					
OLEACEAE					
<i>Fraxinus purpusii</i> Brandegees		X			

FAMILIAS, GÉNEROS Y ESPECIES

TIPO DE VEGETACIÓN
SBC MI MX SM BG

LLO 19, JM 2105

ONAGRACEAE

Hauya elegans DC.

CGH 1435, 1569, JM 2343, EAPG 783

Ludwigia erecta (L.) Itara

CGH 1968

Ludwigia octovalvis (Jacq.) P.H.Raven

EAPG 1377, 2116

OPILIACEAE

Agonandra obtusifolia subsp. *conzattii* (Standl.) Hiepko

EAPG 2471

PAPAVERACEAE

Argemone mexicana L.

EAPG 985

PASSIFLORACEAE

Passiflora filipes Benth.

CGH 1617, 1620, EAPG 773

Passifloraceae sp. 2

PHYTOLACCACEAE

Petiveria alliacea L.

JM 1813, EAPG 1353

Rivina humilis L.

CGH 1660, 1837, 1901, ELT 43, EAPG 1348, 1432

Phytolaccaceae sp. 1

Phytolaccaceae sp. 2

PIPERACEAE

Piper spp. (sin *P. auritum*)

PLUMBAGINACEAE

Plumbago scandens L.

CGH 2336, EAPG 796, 866

POLYGALACEAE

Elsota sylvestris (Schltdl.) Kutnze

EAPG 2075

POLYGONACEAE

Antigonon flavescens S.Watson

JM 1789

Coccoloba barbadensis Jacq.

EAPG 1355

Coccoloba liebmannii Lindau

CGH 1972, 2164, 2350, EAPG 1361

Ruprechtia pallida Standl.

EAPG 1357

Ruprechtia sp. 1

FAMILIAS, GÉNEROS Y ESPECIES

TIPO DE VEGETACIÓN
SBC MI MX SM BG

PORTULACACEAE

Portulaca oleracea L.

EAPG 1331

X

Talinum triangulare (Jacq.) Willd.

CGH 1446, 1583, JM 1823, EAPG 1123

X

Portulacaceae sp. 1

X

RHAMNACEAE

Colubrina elliptica (Sw.) Brizicky et W.L.Stern

CGH 1535, 1639, 1682, 1855

X

Gouania lupuloides (L.) Urb.

CGH 1525, 2263, EAPG 1567, 1604

X

Gouania polygama (Jacq.) Urb.

CGH 1613, ELT 42

X

X

Karwinskia humboldtiana (Roem. et Schult.) Zucc.

CGH 2344, LLO 102

X

X

Krugiodendron ferreum (Vahl) Urb.

CGH 1523, 1978, 1994, JM 2156, 2305, EAPG 1338

X

X

RUBIACEAE

Arachnothryx leucophylla (Kunth) PLanch

EAPG 733, 1160, 1470

X

Augusta rivalis (Benth.) J.H.Kirkbr.

EAPG 1115

X

Calycophyllum candidissimum (Vahl) DC.

CGH 1652

X

X

Chiococca alba (L.) Hitchc.

EAPG 1820

X

Exostema caribaeum (Jacq.) Roem. et Schult.

CGH 1507, 1690, EAPG 808, 1343

X

X

Faramea occidentalis (L.) A.Rich.

EAPG 2004

X

Genipa americana L.

JM 2307, EAPG 1671

X

Guettarda macrosperma Donn.Sm.

JM 2291

X

Hamelia patens Jacq.

EAPG 1452, 1791, 2018

X

Hintonia latiflora (Sessé et Moc. ex DC.) Bullock

EAPG 1627

X

Psychotria horizontalis Sw.

EAPG 1841, 2007

X

Psychotria sp. 1

X

Randia obcordata S.Watson.

CGH 915, JM 1838, EAPG 741, 1173

X

X

Randia cinerea (Fern.) Standl.

JAGC 7

X

Randia thurberi S.Watson

CGH 1610, JM 1905, EAPG 787

X

Randia sp. 5

X

Randia sp. 6

X

X

Randia sp. 7

X

Rubiaceae sp. 1

X

X

Rubiaceae sp. 3

X

FAMILIAS, GÉNEROS Y ESPECIES

TIPO DE VEGETACIÓN
SBC MI MX SM BG

Rubiaceae sp. 4	X				
Rubiaceae sp. 5	X				
Rubiaceae sp. 6	X				
Rubiaceae sp. 8				X	
Rubiaceae sp. 10		X		X	
Rubiaceae sp. 13	X				
RUTACEAE					
<i>Amyris</i> aff. <i>sylvatica</i> Jacq. JM 1819	X			X	X
<i>Amyris</i> sp. nov. EAPG pl 119	X				
<i>Casimiroa tetrameria</i> Millsp. EAPG 1068, 1720				X	
<i>Esenbeckia collina</i> Brandegees CGH 1440, JM 1839, EAPG 836, 837, 887	X			X	
<i>Pilocarpus racemosus</i> Vahl var. <i>racemosus</i> EAPG 838, 984, 726, 1735	X			X	
<i>Zanthoxylum arborescens</i> Rose CGH 1539, JM 1915, EAPG 759, 1300	X	X			
<i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg. ELT 24	X			X	
SAPINDACEAE					
<i>Cupania glabra</i> Sw. EAPG 1161				X	
<i>Paullinia cururu</i> L. CGH 1429, JM 1802, 2277, EAPG 1196 CGH 1630, EAPG 1754				X	
<i>Serjania caracasana</i> (Jacq.) Willd. CGH 1619, EAPG 903				X	
<i>Serjania triquetra</i> Radlk. CGH 1573, JM 1890, 1932, EAPG 818	X			X	
<i>Thouinia villosa</i> DC. JM 2138	X	X		X	X
<i>Thouinidium decandrum</i> (Bonpl.) Radlk. CGH 1967, ELT 12, 14, EAPG 1012, 1095				X	X
Sapindaceae sp. 7	X				
Sapindaceae sp. 8	X				
SAPOTACEAE					
<i>Manilkara zapota</i> (L.) P.Royen CGH 1469, EAPG 1092				X	
<i>Pouteria</i> sp. 1				X	
<i>Sideroxylon celastrinum</i> (Kunth) T.D.Penn. EAPG 978, 1772		X			
<i>Sideroxylon obtusifolium</i> (Roem. et Schult.) T.D.Penn. subsp. <i>buxifolium</i> (Roem. et Schult.) T.D.Penn. CGH 1444, 1989, ELT 10 JM 1800, 2290, EAPG 1112	X			X	
<i>Sideroxylon</i> sp. 1		X			
SCROPHULARIACEAE					
<i>Capraria biflora</i> L.					X

FAMILIAS, GÉNEROS Y ESPECIES

TIPO DE VEGETACIÓN
SBC MI MX SM BG

CGH 2322

SIMAROUBACEAE

Castela retusa Liebm.

JM 2371, EAPG 2059

Recchia connaroides (Loes. et Soler) Standl.

CGH 1680, 1707, 1976, 1979, EAPG 948, 954, 1258

SOLANACEAE

Capsicum annuum L. var. *glabriusculum* (Dunal) Heiser
 et Pickersgill

CGH 1869, JM 1837, 2350, EAPG 920

Datura inoxia Mill.

EAPG 1653

Lycianthes lenta (Cav.) Bitter

CGH 1904, EAPG 2260

Nicotiana plumbaginifolia Viv.

CGH 1970

Physalis arborescens L.

CGH 1580, 2325, JM 1831, EAPG 738, 760, 839,
 1105, 1546

Solandra nizandensis Matuda

CGH 2316

Solanum americanum Mill.

EAPG 991

Solanum glaucescens Zucc.

CGH 1464, 1562, 1876, JM 1925, 1945, EAPG 1149

Solanum hazenii Britton

CGH 1665, JM 2275, 2308, EAPG 778

STERCULIACEAE

Ayenia glabra S.Watson

CGH 1585

Ayenia cf. pusilla

EAPG E 68

Byttneria aculeata (Jacq.) Jacq.

CGH 1697, ELT 39, 41

Guazuma ulmifolia Lam.

CGH 1653, EAPG 1101, 1613

Melochia nodiflora Sw.

CGH 2333, EAPG 776, 910, 2359

THEOPHRASTACEAE

Jacquinia macrocarpa Cav.

EAPG 1883

TILIACEAE

Heliocarpus pallidus Rose

CGH 1641, JM 1860, EAPG 822, 871, 1621

Heliocarpus sp. 1

Luehea candida (Moc. et Sessé ex DC.) Mart.

JM 1818, 2301

Luhea sp. 1

Triumfetta sp. 2

FAMILIAS, GÉNEROS Y ESPECIES

TIPO DE VEGETACIÓN
SBC MI MX SM BG
 X

Tiliaceae sp. 2

TURNERACEAE

Turnera ulmifolia L.

EAPG 1190, 1579, 1862

X

ULMACEAE

Celtis iguanaea (Jacq.) Sarg.

CGH 1458, 1563, JM 1901, 2278, EAPG 864, 923, 1303

X

X

Ulmaceae sp. 1

X

URTICACEAE

Pouzolzia nivea S.Watson

CGH 1427, 1494, 1571, EAPG 1500

X

X

Ureca baccifera (L.) Gaudich. ex Wedd.

JASH 60

X

Ureca caracasana (Jacq.) Gaudich.

EAPG 2015

X

Urticaceae sp. 1

X

Urticaceae sp. 2

X

Urticaceae sp. 3

X

VERBENACEAE

Lantana hirta Graham

ELT 44

X

X

X

Petrea volubilis L.

EAPG 1040

X

Priva lappulacea (L.) Pers.

CGH 1483

X

Vitex mollis Kunth

CGH 1455, EAPG 990

X

VITACEAE

Cissus sp. 1

X

Vitaceae sp. 2

X

Vitaceae sp. 3

X

X

Vitaceae sp. 4

X

X

ZYGOPHYLLACEAE

Guaiaacum coulteri A. Gray

CGH 1553, EAPG 1031

X

X

LILIOPSIDA

AGAVACEAE

Agave angustifolia Haw.

EAPG 945, 1623

X

X

Agave ghiesbreghtii Lem. ex Jacobi

JM 2441, EAPG 1026

X

X

Agave nizandensis Cutak

CGH 1428, 1514, JM 1772, EAPG 1817

X

X

FAMILIAS, GÉNEROS Y ESPECIES

TIPO DE VEGETACIÓN
SBC MI MX SM BG

ARACEAE

<i>Anthurium nizandense</i> Matuda CGH 1425, JM 1756, EAPG 1386	X				
<i>Philodendron hederaceum</i> (Jacq.) Schott CGH 1924	X			X	X
<i>Syngonium neglectum</i> Schott JM 2102				X	
<i>Xanthosoma robustum</i> Schott EAPG 1004, 1894			X	X	

ARECACEAE

<i>Chamaedorea elegans</i> Mart. EAPG 2297				X	
<i>Chamaedorea enersti-augustii</i> H.Wendl. EAPG 2299				X	
<i>Chamaedorea oblongata</i> Mart. EAPG 2300				X	
<i>Sabal mexicana</i> Mart. EAPG 1245				X	X

BROMELIACEAE

<i>Billbergia pallidiflora</i> Liemb. JM 1867, 1829, EAPG 1887				X	
<i>Bromelia palmeri</i> Mez CGH 1463, 1488, 1513, EAPG 1888	X			X	
<i>Hechtia</i> spp. (<i>H. caudata</i> L.B.Sm. CGH 1489, 1490, JM 1766, EAPG 928, 1387 + <i>H. rosea</i> E.Morren ex Baker CGH 1632, 1633, 1634, 1984, JM 1906, EAPG 721, 1227, 1293, 1382)	X		X		
<i>Tillandsia caput-medusae</i> E.Morren CGH 1418, JM 1778, EAPG 1071				X	
<i>Tillandsia concolor</i> L.B.Sm. JM 1762, 1779, 2339, EAPG 1751, 1876	X		X		
<i>Tillandsia drepanoclada</i> Baker CGH 1578, JM 1767, 1866, EAPG 932, 1390, 1749				X	
<i>Tillandsia setacea</i> Sw. CGH 1475, EAPG 956, 1384	X		X		

COMMELINACEAE

<i>Commelina rufipes</i> Seub. var. <i>glabrata</i> (D.R.Hunt.) Faden et D.R.Hunt CGH 1496, 1543 JM 1755, 1855, EAPG 1312, 1553	X	X	X		X
<i>Tradescantia andrieuxii</i> C.B.Clarke CGH 1479, 1526, 1577, JM 1857	X		X		

DIOSCOREACEAE

<i>Dioscorea densiflora</i> Hemsl. CGH 1671, 2315, JM 1844				X	
<i>Dioscoreaceae</i> sp. 1				X	

MARANTACEAE

<i>Maranta arundinacea</i> L. EAPG 1419	X				
--	---	--	--	--	--

FAMILIAS, GÉNEROS Y ESPECIES

TIPO DE VEGETACIÓN
SBC MI MX SM BG

NOLINACEAE

Beaucarnea recurvata Lem.
JM 1935

X X

ORCHIDACEAE

Cyrtopodium paniculatum (Ruiz et Pav.) Garay
CGH 1586, 1983, EAPG 1070, 1086, 1460

X X

Encyclia spp. (*E. nizandensis* E.A.Pérez-García et Hágsater

X X

JM 1759, 1773, EAPG 950, 1129, 1501 + *E. parviflora*

Regel CGH 1445, EAPG 1458, 1761

Mesadenus lucananus (Britton) Schltr.
CGH 1705 EAPG 947

X X

POACEAE

Chusquea liebmanni E.Fourn.
JASH 6

X

Digitaria bicornis (Lam.) Roem. et Schult.
CGH 1850

X

Echinochloa colona (L.) Link
EAPG 1181, 1250, 1616

X

Eragrostis cilianensis (All.) Link ex Vignolo
EAPG 1188

X

Guadua amplexifolia J.Presl
EAPG 2036

X

Lasiacis ruscifolia (Kunth) Hitchc.
JM 1782 1897, EAPG 865

X X X X

Leptochloa mucronata (Michx.) Kunth
EAPG 1612

X

Muhlenbergia emersleyi Vasey
EAPG 1254

X

Trachypogon spicatus (L.f.) Kuntze
EAPG 1064

X

Urochloa maxima (Jacq.) Webster
ELT 52

X

SMILACACEAE

Smilax spinosa Mill.
EAPG 1467

X

DESCONOCIDAS

Desconocida sp. 03

X

Desconocida sp. 14

X

Desconocida sp. 17

X

Desconocida sp. 19

X

Desconocida sp. 24

X

Desconocida sp. 26

X X X

Desconocida sp. 29

X

Desconocida sp. 31

X

Desconocida sp. 32

X

Desconocida sp. 65

X

Desconocida sp. 66

X

Desconocida sp. 67

X X X

FAMILIAS, GÉNEROS Y ESPECIES

	TIPO DE VEGETACIÓN				BG
	SBC	MI	MX	SM	
Desconocida sp. 68				X	
Desconocida sp. 69				X	
Desconocida sp. 70				X	
Desconocida sp. 71				X	
Desconocida sp. 72				X	
Desconocida sp. 73					X
Desconocida sp. 74				X	
Desconocida sp. 76					X
Desconocida sp. 77	X				
Desconocida sp. 78	X				
Desconocida sp. 79	X				