

COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA ARBÓREA DE UN BOSQUE TROPICAL ESTACIONALMENTE SECO EN LA RESERVA DE LA BIÓSFERA LA SEPULTURA, CHIAPAS

TREE COMPOSITION AND STRUCTURE OF A SEASONALLY DRY TROPICAL FOREST AT LA SEPULTURA BIOSPHERE RESERVE, CHIAPAS

José Francisco López-Toledo¹, Juan Ignacio Valdez-Hernández²,
Miguel Ángel Pérez-Farrera³ y Víctor Manuel Cetina-Alcalá²

RESUMEN

Se estudió la estructura y composición de la vegetación arbórea en las condiciones ambientales (CA) de Arroyo, Cañada y Loma. Se establecieron tres unidades de muestreo (UM) de 20 x 30 m en cada CA, donde se midió diámetro normal (DN), altura total y diámetros de copa de fustales (DN \geq 2.5 cm). Para latizales (DN < 2.5 cm y altura \geq 1.3 m) y brinzales (altura < 1.3 m) sólo se consideró la altura. Se calcularon los índices de valor de importancia (IVI), valor forestal (IVF), diversidad de especies (Shannon: H') y semejanza florística (Sorensen: So). Se encontraron 83 especies arbóreas. Para fustales, las más importantes fueron *Lonchocarpus minimiflorus* (IVF = 25.9; IVI = 16.8) en Arroyo, *Adenaria floribunda* (IVF = 17.3; IVI = 14.7) en Cañada, y *Guazuma ulmifolia* (IVF = 27.6; IVI = 18.5) en Loma. Para latizales, *Piper* sp. (IVI = 29.1) en Arroyo, *Eugenia capulli* (IVI = 14.9) en Cañada, y *Cassia* sp. (IVI = 20.6) en Loma. Para brinzales, *L. minimiflorus* (IVI = 27.1) en Arroyo, *Cassia* sp. (IVI = 15.3) en Cañada, y *Lantana achyranthifolia* (IVI = 26.8) en Loma. La diversidad fue significativamente mayor ($p < 0.05$) en las UM de Arroyo ($H' = 2.21-2.92$) y Cañada ($H' = 2.37-2.98$) que en las de Loma ($H' = 0.92-2.44$). La semejanza florística fue superior entre las UM de Cañada ($So = 0.46-0.71$) y menor entre las de Arroyo ($So = 0.33-0.39$). Arroyo y Cañada presentan bosques maduros, mientras que Loma, vegetación en sucesión secundaria temprana.

Palabras clave: Bosque tropical estacionalmente seco, diversidad de especies, índice de valor de importancia, índice de valor forestal, semejanza florística, Sierra Madre de Chiapas.

ABSTRACT

The structure and composition of tree vegetation were studied in three environmental conditions (CA): Stream, Ravine, and Hill. Three sampling units (UM) of 20 x 30 m each were established per EC, in which diameter at breast height (DBH), total height and canopy diameters were measured in poles (DBH \geq 2.5 cm). In thickets (DBH < 2.5 cm, height \geq 1.3 m) and saplings (height < 1.3 m), height was measured. Several indices were calculated: importance value (IVI), forestry value (FVI), species diversity (Shannon: H'), and floristic similarity (Sorensen: So). A total of 83 tree species were found. For poles, the most important species were *Lonchocarpus minimiflorus* (FVI = 25.9; IVI = 16.8) in Stream, *Adenaria floribunda* (FVI = 17.3; IVI = 14.7) in Ravine, and *Guazuma ulmifolia* (FVI = 27.6; IVI = 18.5) in Hill. For thickets, *Piper* sp. (IVI = 29.1) in Stream, *Eugenia capulli* (IVI = 14.9) in Ravine, and *Cassia* sp. (IVI = 20.6) in Hill. For saplings, *L. minimiflorus* (IVI = 27.1) in Stream, and *Cassia* sp. (IVI = 15.3) in Ravine, and *Lantana achyranthifolia* (IVI = 26.8) in Hill. Species diversity was significantly higher ($p < 0.05$) in the SU of Stream ($H' = 2.21-2.92$) and Ravine ($H' = 2.37-2.98$) than in those of Hill ($H' = 0.92-2.44$). Floristic similarity was higher among the SU of Ravine ($So = 0.46-0.71$) and lower among those of Stream ($So = 0.33-0.39$). The structural attributes and floristic composition suggest that Stream and Ravine have mature forests, while Hill shows an early secondary forest.

Key words: Seasonal dry tropical forest, species diversity, importance value index, forestry value index, floristic similarity, Sierra Madre de Chiapas.

Fecha de recepción: 10 de junio de 2010

Fecha de aceptación: 10 de julio de 2012

¹ Campo Experimental Chetumal, Centro de Investigación Regional Sureste, INIFAP. Correo-e: franck_lopez18@yahoo.com.mx

² Programa Forestal, Colegio de Postgraduados

³ Escuela de Biología, Universidad de Ciencias y Artes del Estado de Chiapas.

INTRODUCCIÓN

El bosque tropical estacionalmente seco (BTES) comprende distintas comunidades vegetales como el matorral espinoso, la selva baja caducifolia, la selva mediana subcaducifolia y la subperennifolia (Lott y Atkinson, 2006). Conforme a Trejo y Dirzo (2002), las comunidades pertenecientes a la selva baja caducifolia se ubican de manera amplia en México, en altitudes de 60 a 2,020 m, con temperatura media de 19 a 27.4°C y precipitación anual de 482 a 1,370 mm. Debido a la marcada estacionalidad de su precipitación (Trejo, 1999), la fenología de la mayoría de sus especies arbóreas se define por la caída total de hojas en la temporada de sequía (Bullock y Solis-Magallanes, 1990). Sin embargo, en sitios donde la vegetación recibe mayor humedad y el tiempo de insolación es menor (arroyos permanentes y cañadas protegidas del viento), la fenología se modifica y pueden encontrarse selvas medianas subcaducifolias o subperennifolias (Miranda y Hernández, 1963; Lott *et al.*, 1987; Durán *et al.*, 2002). De esta forma, en una escala local es posible la coexistencia de dos o más tipos de vegetación, lo cual dificulta la distinción de sus límites.

La riqueza florística de las selvas bajas caducifolias en México es muy elevada y se caracteriza por ser mayor en la vertiente del Pacífico que en la del Golfo de México (Trejo y Dirzo, 2002). Por otro lado, la del Istmo de Tehuantepec es un caso especial, a causa de su alto nivel de endemismos y a que constituye uno de los lugares del continente americano donde se distribuyen biotas propias de la vertiente atlántica y pacífica; pese a ello, es una región muy poco estudiada (Gallardo *et al.*, 2005).

La Reserva de la Biosfera La Sepultura (REBISE), ubicada al norte de la Sierra Madre de Chiapas, posee condiciones ambientales y biológicas muy semejantes a las del Istmo a causa de su cercanía con este (INE, 1999). Además, en respuesta a su gran variabilidad altitudinal es factible observar distintas condiciones climáticas y microclimáticas que han propiciado una mayor diversidad de flora. Por lo anterior, y con el fin de contribuir al conocimiento de esta región florística, en el presente trabajo se registra información sobre la estructura y composición de la vegetación arbórea en tres condiciones ambientales (Arroyo, Cañada y Loma) de un BTES en la REBISE.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Se realizó en un predio de 50 ha, al NO del poblado 20 de Noviembre, mejor conocido como La Mica, municipio Arriaga, Chiapas (Figura 1), cuya altitud varía de 360 a 460 m en sentido S-N y donde existen cerros bajos con laderas muy inclinadas y cañadas agrestes. Con base en información de estaciones

INTRODUCTION

The seasonal dry tropical forest includes several vegetable communities, such as brambles, lowland deciduous forests, tropical semi-deciduous and semi-evergreen forests (Lott and Atkinson, 2006). According to Trejo and Dirzo (2002), the communities belonging to the lowland deciduous forest are widely spread in Mexico, at heights that range from 60 to 2,020 m, average temperatures between 19 to 27.4°C, and annual precipitation levels between 482 and 1,370 mm. Given the marked seasonality of precipitation (Trejo, 1999), the phenology of most of its tree species is determined by the total leaf fall during the dry season (Bullock and Solis-Magallanes, 1990). However, in more humid places where the insolation time is lower (permanent streams and ravines protected from the wind), the phenology changes and can be found in tropical semi-deciduous and semi-evergreen forests (Miranda and Hernández, 1963; Lott *et al.*, 1987; Durán *et al.*, 2002). Therefore, at a local scale, two or more types of vegetation can coexist, which makes it harder to distinguish their limits.

The floristic richness of the lowland deciduous forests in Mexico is remarkable and is characterized by being even richer in the Pacific slope than in the Gulf of Mexico continental slope (Trejo and Dirzo, 2002). Moreover, the region of the Istmo de Tehuantepec is a special case, considering its high amount of endemic species and the fact that it constitutes one of the places in the continent where biotas pertaining to the Atlantic and Pacific slopes are distributed. Despite of this, little research has been done on this region (Gallardo *et al.*, 2005).

The La Sepultura Biosphere Reserve (REBISE), located north of the Sierra Madre de Chiapas, has environmental and biological conditions very similar to those of the Istmo, due to their proximity (INE, 1999). Moreover, given the large variety of altitudes, it is likely to find different weather and microclimatic conditions that have promoted a larger diversity of flora. Therefore, in order to contribute to the knowledge of this floristic region, this research registers information about the structure and composition of the trees in three different environmental conditions (Stream, Ravine and Hill) of a BTES in the REBISE.

MATERIALS AND METHODS

Area of study

The research was carried out in a piece of land of 50 ha, northwest of the locality of 20 de Noviembre, widely known as La Mica, in the Arriaga municipality, Chiapas state (Figure 1). Its height varies from 360 to 460 m in S-N direction, and there are low Hills with very steep slopes and wild ravines. Given the information of weather stations located near the study area (Rosendo Salazar, 26 km away, 470 masl; La Libertad, 30 km

climáticas cercanas al área de estudio (Rosendo Salazar, a 26 km, 470 msnm; La Libertad, a 30 km, 520 msnm; Las Flores II, a 59 km, 480 msnm), el clima es de tipo $A(w_0)$, cálido subhúmedo con lluvias en verano, con temperatura media anual entre 23.8 y 25.5 °C y precipitación media anual entre 975.4 y 977.5 mm (Servicio Meteorológico Nacional, 2010); así mismo, presenta una estación seca de seis meses (noviembre-abril) con una precipitación acumulada de 48 a 54 mm. Durante el otoño e invierno inciden fuertes vientos que incrementan la evapotranspiración y provocan la caída de ramas e incluso de árboles completos. Los tipos de suelos predominantes son Regosol, Litosol y Cambisol (INE, 1999). La vegetación corresponde a selva baja caducifolia y mediana subperennifolia (Miranda y Hernández, 1963) con grados desiguales de perturbación por ganadería extensiva y manejo del fuego asociado a los potreros.

away, 520 masl; Las Flores II, 59 km away, 480 masl), the weather type is $A(w_0)$, warm, semi-humid, with summer rain, an average annual temperature that ranges from 23.8 to 25.5 °C, and an average annual precipitation that ranges from 975.4 to 977.5 mm (Servicio Meteorológico Nacional, 2010). Moreover, the dry season lasts six months (November-April), with an accumulated precipitation between 48 and 54 mm. During fall and winter, the strong winds increase the evapotranspiration and cause falling of branches and even whole trees. The predominant soil types are Regosol, Lithosol, and Cambisol (INE, 1999). The vegetation corresponds to that of the lowland deciduous and tropical semi-evergreen forests (Miranda and Hernández, 1963), unequally disturbed by extensive farming and the handling of fire associated with pastures.

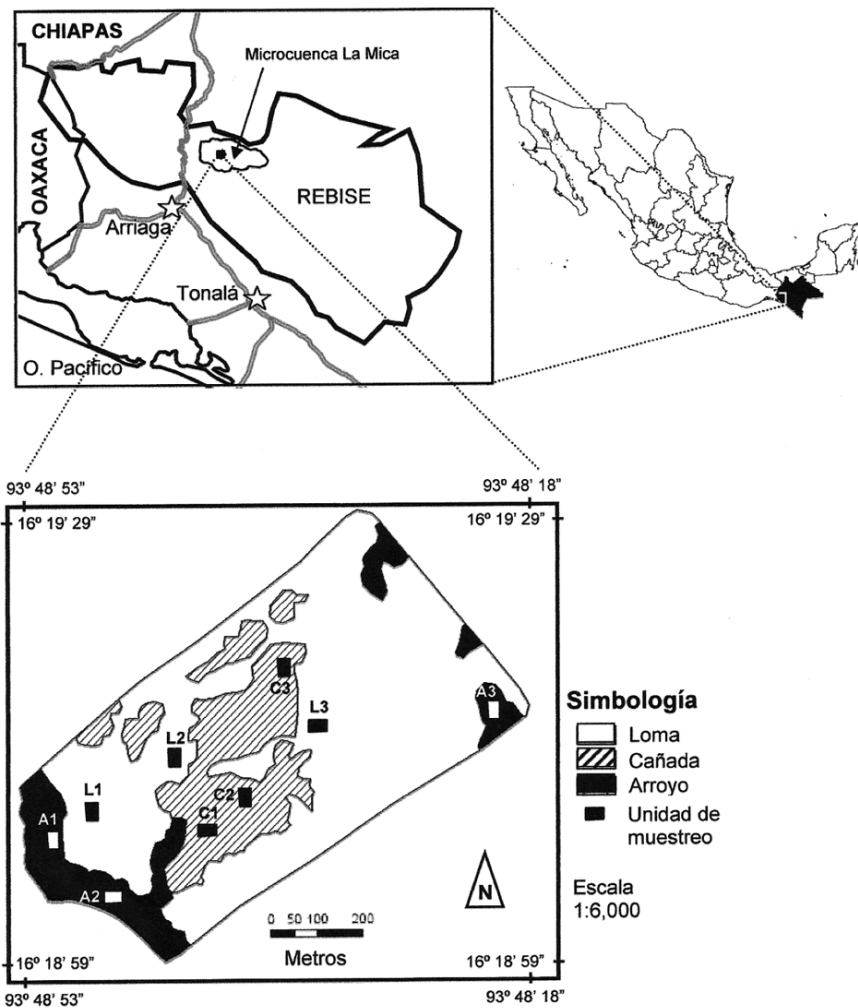


Figura 1. Ubicación del área de estudio y disposición de las unidades de muestreo en la Reserva de la Biosfera La Sepultura.

Figure 1. Location of study area and disposition of the sampling units (inside the La Sepultura Biosphere Reserve).

Variables de estudio

De acuerdo con las diferencias fisiológicas de la vegetación apreciadas en una imagen IKONOS en color verdadero (Google Earth, 2006), con una resolución del tamaño del pixel de 0.75 m fechada el 8 de abril de 2003, el área de investigación se estratificó en las condiciones ambientales (CA) de: Arroyo (A), Cañada (C) y Loma (L). En cada una de ellas se instalaron tres unidades de muestreo (UM) de 20 x 30 m, las cuales, a su vez, se dividieron en subunidades (SUM) de 10 x 10 m. Conforme a la clasificación establecida para el desarrollo de la vegetación arbórea propuesta por Valdez (2002); esta se agrupó en fustal, caracterizada por tener un diámetro normal (DN, 1.30 m del suelo) ≥ 2.5 cm; latizal, con un DN < 2.5 cm y altura > 1.3 m; y brinzal, con una altura de 1.3 m.

En cada SUM se censaron todos los individuos arbóreos vivos de la clase fustal y se registró su DN y altura total. En cuanto a la clase latizal, en las UM se establecieron cuatro cuadros al azar de 5 x 5 m, donde se contabilizaron todos los individuos vivos, además de su altura total; mientras que, para la clase brinzal, se instalaron dos cuadros de 1 x 1 m en aquellos de 5 x 5 m, de manera fortuita, y se determinó el número de [todos] los individuos arbóreos vivos y su altura total (modificado de Valdez, 2002). Del mismo modo, en una UM para cada CA (A1, C1 y L3) se midieron el diámetro menor y mayor de proyección de copa de los árboles vivos.

Composición de especies arbóreas

Se recolectaron ejemplares botánicos de 62 morfotipos distintos (75% de las especies encontradas), según lo propuesto por Lot y Chiang (1986). El procesamiento y la determinación de los ejemplares de herbario se realizaron en el Herbario Eizi Matuda (HEM) de la Escuela de Biología de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.

Análisis de la estructura arbórea

Se examinó la formación de estratos verticales de fustales por CA mediante las inflexiones de una curva generada entre el número de individuos contra su altura. Por otro lado, para la distribución de diámetros se establecieron categorías diamétricas cada 5 cm. Aunado a ello, se calculó el índice de complejidad (IC) para fustales (Holdridge *et al.*, 1971), el cual permite caracterizar diferentes tipos de rodales a través de la fórmula:

$$IC = s d b h 10^{-3}$$

Study variables

According to the vegetable physiognomic differences observed in an IKONOS true color image (Google Earth, 2006), with a pixel size of 0.75 m, and created on April 8, 2003, the research area was stratified considering the environmental conditions (CA): Stream (A), Ravine (C), and Hill (L). Three sampling units (UM for its Spanish acronym) of 20 x 30 m were installed in each one, which were, in turn, divided into sub-units (SUM) of 10 x 10 m. According to the classification of the tree vegetation development proposed by Valdez (2002), it was grouped into poles, characterized by their regular diameter (DN, 1.30 m from the ground) ≥ 2.5 cm; thickets, with a DN above 2.5 cm and height below 1.3 m; and saplings, with a height of 1.3 m.

In each SUM, all living individuals of the pole group were counted, and their DN and total height was registered. In the UMs, four squares of 5 x 5 m were randomly established, and all the living thickets within them were counted, and their total height was registered. In the case of the saplings, two squares of 1 x 1 m were fortuitously installed within the larger ones mentioned above, and all the living individuals were counted and their total height registered (modified from Valdez, 2002). Likewise, in one UM for each CA (A1, C1 and L3), the highest and lowest diameters of the canopy projection area of living trees were measured.

Tree species composition

Botanic specimens from 62 different morphotypes were collected (75% of the species found), as Lot and Chiang (1986) have proposed. Processing and determination of the herbal specimens were done in the Herbario Eizi Matuda (HEM) of the Escuela de Biología of la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.

Analysis of tree structure

The formation of the poles' vertical strata by environmental condition (CA) was examined through the inflections of a curve generated using the number of individuals against height. On the other hand, for the distribution of diameters, diametrical categories were established every 5 cm. Moreover, the complexity index (IC) was calculated for poles (Holdridge *et al.*, 1971), which makes it possible to characterize different types of stands using the following formula:

$$IC = s d b h 10^{-3}$$

Where:

- s = Number of species
- d = Pole density
- b = Basal area (m²)
- h = Average height (m)

Donde:

- s = Número de especies
- d = Densidad de fustales
- b = Área basal (m^2)
- h = Altura promedio (m)

Se calculó el índice de valor de importancia (IVI = Dominancia relativa + Densidad relativa + Frecuencia relativa) (Curtis y McIntosh, 1951) por cada CA. Como valor de dominancia para fustales se utilizó el área basal y , para latizales y brinzales, la altura. Por otra parte, para las UM A1, C1 y L3 se determinó el índice de valor forestal (IVF = DN relativo + altura relativa + cobertura relativa) (Corella *et al.*, 2001). A diferencia del IVI, que sólo involucra variables en sentido horizontal, el IVF incluye, al menos, un parámetro en sentido vertical: la altura.

Análisis de la diversidad de especies

Con el objetivo de comparar la diversidad entre CA y las clases de tamaños de individuos, se calculó el índice de Shannon ($H' = -\sum(p_i \ln p_i)$, donde p_i es la proporción de individuos de la i -ésima especie; mientras que, para contrastar la diversidad con otros trabajos ya publicados, se consideró el índice alfa de Fisher (α) [$S = \alpha \ln(1 + (N / \alpha))$], debido a que sólo se emplea el número de especies (S) y el número de individuos (N). Así mismo, se evaluó la equidad de las especies ($E = H' / \ln S$). Para cotejar la semejanza florística entre UM se determinó el coeficiente de similitud de Sorensen [$S_o = 2C / (A + B)$], el cual relaciona el número de especies en común (C) con la media aritmética de las especies en ambos sitios comparados (A y B) (Magurran, 1988).

Análisis estadístico

A fin de establecer la existencia de diferencias significativas entre la diversidad de las áreas muestreadas, se llevó a cabo un análisis de varianza (ANOVA, SAS, 2002) para el índice de Shannon. Se empleó el método de "t" modificado por Hutcheson (Magurran, 1988), ya que es más sensible para este tipo de comparaciones. Además, se realizó un estudio de agrupamientos en el que se excluyeron medias aritméticas (UPGMA, por sus siglas en inglés) (SAS, 2002) y se utilizaron abundancias de individuos por especies y valores de importancia de cada taxón entre las UM.

RESULTADOS

En la clase fustales ($DN \geq 2.5$ cm) se encontraron 82 morfotipos arbóreos, mismos que fueron considerados como taxa, de los cuales 70 se identificaron hasta especie, nueve a género y cuatro fueron desconocidos. Las identificadas estuvieron distribuidas en 69 géneros y 40 familias. Respecto a estas últimas, las más significativas estructuralmente fueron Fabaceae (18.4%), Bombacaceae (7%), Flacourtiaceae (6.9%), Anacardiaceae

The index of importance value (IVI = Relative dominance + Relative density + Relative frequency) (Curtis y McIntosh, 1951) was calculated for each CA. The basal area was used as dominance value for poles, and height for thickets and saplings. On the other hand, for the A1, C1 and L3 UMs, the forest value index was calculated (IVF = Relative DN + relative height + relative cover) (Corella *et al.*, 2001). Unlike the IVI, which only considers horizontal variables, the IVF includes at least one vertical parameter: height.

Analysis of species diversity

In order to compare the diversity of CAs and the size classes of individuals, the Shannon index was calculated ($H' = -\sum(p_i \ln p_i)$, where p_i is the proportion of individuals of the i -th species. The Fisher alpha index was also considered to contrast the diversity with other published works (α) [$S = \alpha \ln(1 + (N / \alpha))$], since it only considers the number of species (S) and the number of individuals (N). Moreover, the equity of species was evaluated ($E = H' / \ln S$). In order to compare the floristic similarity of UMs, Sorensen's similarity quotient [$S_o = 2C / (A + B)$] was determined, which relates the number of species in common (C) with the arithmetic mean of species in the two sites compared (A and B) (Magurran, 1988).

Statistical analysis

In order to determine the existence of significant differences within the diverse sampled areas, a variability analysis was carried out (ANOVA, SAS, 2002) for the Shannon index. The "t" method, modified by Hutcheson (Magurran, 1988), was applied, since it is more sensitive in this kind of comparisons. Moreover, a grouping analysis that excluded arithmetic means (UPGMA) was also carried out, and an abundance of individuals per species and importance values for each taxon of UMs were used.

RESULTS

In the case of poles ($DN \geq 2.5$ cm), 82 tree morphotypes were found (which were considered as species). The species of 70 were identified, as well as the genus of nine, and four remained unknown. The recognized species belonged to 69 different genus and 40 families. In structural terms, the most significant families were Fabaceae (18.4%), Bombacaceae (7%), Flacourtiaceae (6.9%), Anacardiaceae (6.1%) and Capparaceae (5.5%). Together, they amounted to 43.9% of the total IVI value, and the rest (56.1%) corresponded to the remaining 35 families.

The highest values in terms of richness ($S = 58$), basal area ($AB = 35 m^2 ha^{-1}$), height ($H = 5.6$ m), and complexity index ($IC = 78$) were observed in Streams, whereas the highest density values ($D = 2,678$ individuals) were observed in Ravines. In contrast, the lowest levels ($S = 25$, $D = 1,344 ind ha^{-1}$,

(6.1%) y Capparaceae (5.5%). De esta manera, en su conjunto sumaron 43.9% del total del valor del IVI y el restante (56.1%) correspondió a las otras 35 familias.

Los valores más altos de riqueza (S = 58), área basal (AB = 35 m² ha⁻¹), altura (H = 5.6 m) e índice de complejidad (IC = 78) se observaron en Arroyo, y los de densidad (D = 2678 individuos) en Cañada; en contraste, los valores más bajos (S = 25, D = 1,344 ind ha⁻¹, AB = 5.1 m² ha⁻¹, H = 4.4 m e IC = 2.4) estuvieron en Loma. A nivel de UM, A3 tendió a presentar los mayores valores y L1 los menores (Cuadro 1).

AB = 5.1 m² ha⁻¹, H = 4.4 m e IC = 2.4) were observed in Hills. In terms of UMs, A3 tended to have the highest values, whereas L1 had the lowest (Table 1).

The tree vegetation presented two vertical strata (lower and upper), with different intervals in each of the three CAs (Figure 2). The following were their upper limits: in Streams, 10 and 27 m; in Ravines, 7 and 15 m; and in Hills, 5 and 10 m. Moreover, the average DN was 8.1 cm (EE = 0.46) in Streams, 7.5 cm (EE = 0.28) in Ravines, and 5.3 cm (EE = 0.18) in Hills. In the case of Streams and Ravines, an inverted "J" distribution was observed. This indicates a higher

Cuadro 1. Atributos estructurales e índices de diversidad (At) de la vegetación arbórea con DAP ≥ 2.5 cm (clase fustales) por unidad de muestreo (1, 2, 3), condición ecológica (A, C, L) y general en La Mica, Chiapas.

Table 1. Structural characteristics and diversity indexes of tree vegetation with DAP ≥ 2.5 cm (poles) depending on sample unit (1, 2, 3), ecological condition (A, C, L), and general condition, in La Mica, Chiapas.

At	Arroyo (A)			Cañada (C)			Loma (L)			General			
	A1	A2	A3	C1	C2	C3	L1	L2	L3				
A	0.06	0.06	0.06	0.18	0.06	0.06	0.06	0.18	0.06	0.06	0.06	0.18	0.54
D	2083	2217	2050	2117	2933	2300	2800	2678	733	650	2650	1344	2046
S	26	23	34	58	22	31	34	49	7	6	21	25	82
AB	31.0	22.8	51.0	35.0	22.0	37.7	27.3	28.9	1.3	1.7	12.2	5.1	23.0
H	5.7	5	6.2	5.6	4.7	5.6	5	5	3.3	3.7	5	4.4	5.1
IC	34.5	21.0	79.3	78.0	24.0	54.1	46.8	61.5	0.1	0.1	12.2	2.4	57.4
α	9.99	8.03	15.54	19.05	6.64	12.44	12.86	13.64	2.35	1.98	6.48	7.00	20.5
H'	2.44	2.21	2.92	3.12	2.39	2.37	2.98	3.26	0.92	1.24	2.44	2.64	3.63
E	0.75	0.70	0.83	0.77	0.77	0.69	0.85	0.84	0.47	0.69	0.80	0.82	0.52
V	0.0117	0.0116	0.0086	0.0041	0.0057	0.0057	0.0056	0.0019	0.0300	0.0178	0.0051	0.0028	0.0010
El	<i>Lonchocarpus minimiflorus</i> Donn. Sm. (65)			<i>Croton guatemalensis</i> Lottsy (60)			<i>Adenaria floribunda</i> Kunth. (33)						
	<i>Eugenia capuli</i> (Schltdl. & Cham.) Hook & Arn. (58)			<i>Adenaria floibunda</i> Kunth (46)			<i>Casearia corymbosa</i> Kunth (27)						
	<i>Picramnia antidesma</i> (D.C.) W. Thomas (26)			<i>Casearia corymbosa</i> Kint (32)			<i>Eugenia capuli</i> (Schltdl. & Cham.) Hook & Arn. (21)						
ES	<i>Manilkara zapota</i> (L.) P. Royen (3)			<i>Cochlospermum vitifolium</i> Spreng (7)			<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam. (24)						
	<i>Brosimum alicastrum</i> Sw. (2)			<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg. (6)			<i>Cordia alliodora</i> (Ruíz & Pav.) Oken (16)						
	<i>Lonchocarpus minimiflorus</i> Donn. Sm. (2)			<i>Luehea candida</i> (Moç & Sessé ex DC.) Mart. (6)			<i>Heliocarpus reticulatus</i> Rose (14)						

A = área muestreada (ha); D = densidad (ind. ha⁻¹); S = riqueza de especies; AB = área basal (m² ha⁻¹); H = altura media (m); IC = índice de complejidad; α = alfa de Fisher; H' = índice de Shannon; E = equidad; V = varianza; El y ES = especies más abundantes en el estrato inferior y superior, respectivamente, por condición ecológica (entre paréntesis el número de individuos).

A = sampled area (ha); D = density (ind. ha⁻¹); S = species richness; AB = basal area (m² ha⁻¹); H = medium height (m); IC = complexity index; α = Fisher's alpha; H' = Shannon index; E = equity; V = variance; El and ES = more abundant species in the lower and upper stratum, respectively, by ecological condition (number of sample in parenthesis).

En la vegetación arbórea se pueden reconocer dos estratos verticales (inferior y superior) con intervalos diferentes en las tres CA (Figura 2). Sus límites superiores fueron los siguientes: en Arroyo 10 y 27 m, en Cañada 7 y 15 m y en Loma 5 y 10 m. El DN promedio fue de 8.1 cm (EE = 0.46) en Arroyo, 7.5 cm (EE = 0.28) en Cañada y 5.3 cm (EE = 0.18) en Loma. En Arroyo y Cañada se encontró una distribución de "J" invertida que indica mayor

abundance of individuals in the first category, and a lower one in the others, which showed a logarithmic tendency towards decreasing. In the case of Hills, there were only individuals belonging to the first three diametrical categories (Figure 3).

The species with a higher IVI were *Lonchocarpus minimiflorus* Donn. Sm., *Eugenia capuli* (Schltdl. & Cham.) Hook. & Arn. and

abundancia de individuos en la primera categoría y menor en las demás, las cuales disminuyeron en una tendencia logarítmica; en tanto que en Loma, sólo existieron individuos en las tres primeras categorías diamétricas (Figura 3).

Las especies con mayor MI fueron *Lonchocarpus minimiflorus* Donn. Sm., *Eugenia capuli* (Schltdl. & Cham.) Hook. & Arn. y *Brosimum alicastrum* Sw. en Arroyo, *Croton guatemalensis* Lott, *Pseudobombax ellipticum* (Kunth) Dugand y *Casearia corymbosa* Kunth en Cañada, y *C. corymbosa*, *Guazuma ulmifolia* Lam. y *Heliocarpus reticulatus* Rose en Loma. En el Cuadro 2 se muestran las especies con mayor valor forestal (IVF) y se contrasta con el valor de importancia (IVI). Se advirtió que ambos índices jerarquizaron de forma distinta a las especies en Arroyo y Cañada, mas no en Loma.

De acuerdo con el índice alfa de Fisher, Arroyo y Cañada tuvieron una diversidad elevada en relación a Loma. A nivel de UM, A3 fue la más diversa ($\alpha = 15.4$) y L2 la menos ($\alpha = 1.98$). El ANOVA para índice de Shannon no presentó diferencias significativas ($F = 3.49$, $p > 0.05$) entre la diversidad de las CA; sin embargo, por el método de "t" modificado por Hucheson sí se encontraron. Las UM que no tuvieron diferencias significativas entre sí ($p > 0.05$; t calculada $>$ t tabla) fueron A1-A2-C1, C2-C3-A3 y L1-L2, ni L3-A2-C1.

Brosimum alicastrum Sw. in Streams, *Croton guatemalensis* Lott, *Pseudobombax ellipticum* (Kunth) Dugand and *Casearia corymbosa* Kunth in Ravines, and *C. corymbosa*, *Guazuma ulmifolia* Lam. and *Heliocarpus reticulatus* Rose in Hills. Table 2 shows the species with a higher forest value (IVF) and contrasts it with the importance value (IVI). It was noted that both indexes differently organize the species into hierarchies in Streams and Ravines, but not in Hills.

According to Fisher's alpha index, Streams and Ravines had an increased diversity, in contrast with Hills. In terms of UMs, A3 was the most diverse ($\alpha = 15.4$) and L2 the least diverse ($\alpha = 1.98$). The ANOVA for Shannon's index did not show significant differences ($F = 3.49$, $p > 0.05$) regarding the diversity of CAs; however, using the "t" method modified by Hucheson did show differences. The UMs that were not significantly different from each other ($p > 0.05$; calculated $t >$ t table) were A1-A2-C1, C2-C3-A3 and L1-L2, nor L3-A2-C1.

The highest equity was found in Ravines and Hills, and the floristic similarity was higher in the Ravine's UMs (C1, C2, C3) and in L3 (46 - 60%). The similarity was also increased between L1 and L2 ($>$ 40%), whereas the UMs of CA Stream had a low similarity with each other (33-37%), and with the other UMs (0-28%). Nevertheless, the grouping analysis (Figures 4a and

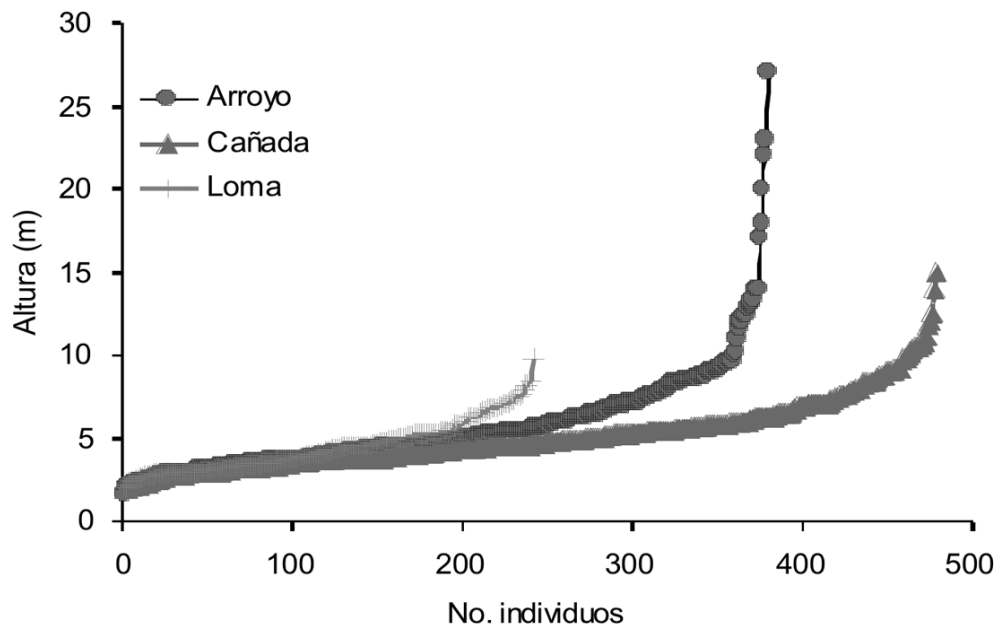


Figura 2. Distribución de las frecuencias de alturas de árboles en tres condiciones ecológicas en La Mica, Chiapas.

Figure 2. Distribution of tree height frequencies in three ecological conditions, in La Mica, Chiapas.

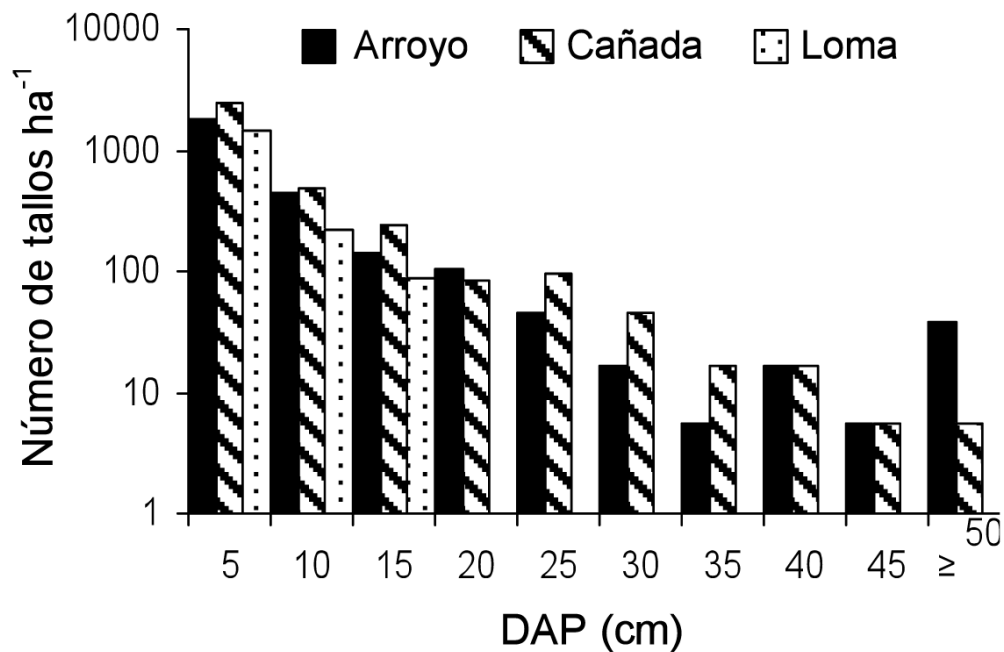


Figura 3. Distribución diamétrica de árboles en tres condiciones ecológicas en La Mica, Chiapas.
 Figure 3. Tree diameter distribution in three ecological conditions, in La Mica, Chiapas.

La equidad fue más alta en Cañada y Loma, y la semejanza florística fue mayor entre las UM de Cañada (C1, C2, C3) y L3 (46 - 60%); también fue elevada entre L1 y L2 (> 40%), mientras que las UM de la CA Arroyo, tuvieron baja similitud entre sí (33-37%) y con las otras UM (0-28%). No obstante, el análisis de agrupamientos (figuras 4a y 4b) indica la cercanía más acentuada entre L1-L2 y C1-L3; en tanto, las UM A1 y A3 estuvieron muy separadas del resto de las otras UM.

En las clases de tamaño latizales y brinzales se registraron 18 y 9 en Loma, respectivamente. *Nectandra globosa* (Aubl.) Mez. sólo apareció en brinzales, lo que eleva la riqueza total del área muestreada a 83 especies.

DISCUSIÓN

Acorde con la distribución de los bosques tropicales estacionalmente secos (Lott y Atkinson, 2006), el área de estudio se encuentra en el extremo sur de la provincia florística Centro de la Vertiente del Pacífico, que se caracteriza por ser homogénea y continua, desde Sonora hasta Guatemala, y por tener una zona de endemismo florístico entre Jalisco y el Istmo de Tehuantepec. En este último lugar sobresalen rasgos florísticos especiales y, de acuerdo con el Instituto Nacional de Ecología (INE, 1999), tiene muchas similitudes con el norte de la Sierra Madre de Chiapas, región donde se ubica el área de esta investigación.

4b) indicates a highlighted closeness between L1-L2 and C1-L3; meanwhile, A1 and A3 were quite distanced from the rest of the UMs.

In the tickets and saplings size classes, 36 and 24 species were registered, 18 and 9 in Streams, 19 and 10 in Ravines, and 18 and 9 in Hills, respectively. *Nectandra globosa* (Aubl.) Mez. was only found in saplings, which increases the total richness of the sampled area to 83 species.

DISCUSSION

According to the distribution of seasonal dry tropical forests (Lott and Atkinson, 2006), the studied area is found in the southern extreme of the floristic province Pacific Watershed Center, which is characterized by its homogeneity and continuity, from Sonora to Guatemala, and for its floristic endemism between Jalisco and the Istmo de Tehuantepec. The latter stands out for its special floristic characteristics, which, according to the National Institute of Ecology (INE) (1999), are very similar to those of the Sierra Madre de Chiapas, where this research took place.

The Istmo has been studied by Gallardo *et al.* (2005), who have described the structure and floristic composition of a conserved lowland deciduous forest (a straight line of 136 km NE of La Mica). Such authors registered 194 morphospecies. There were eight species (*Bursera simaruba* (L.) Sarg., *Jacaratia mexicana* A. DC., *Plumeria rubra* L., *Lysiloma divaricatum* (Jacq.)

El Istmo ha sido analizado por Gallardo *et al.* (2005), quienes describieron la estructura y la composición florística de una selva baja caducifolia conservada (a 136 km en línea recta al NE de La Mica). Dichos autores registraron 194 morfoespecies, de éstas, ocho especies (*Bursera simaruba* (L.) Sarg., *Jacaratia mexicana* A. DC., *Plumeria rubra* L., *Lysiloma divaricatum* (Jacq.) J.F. Macbr., *Pseudobombax ellipticum*, *Gyrocarpus mocinoi* Espejo, *Cedrela salvadorensis* Standl. y *Erythroxylon* aff. *havanense* Jacq.) y 26 géneros fueron comunes con el trabajo actual, lo cual corresponde a 9.8% de la riqueza específica y 37.7% de la genérica encontradas en este análisis. Estos taxa fueron muestreadas en las CA Cañada y Arroyo.

J.F. Macbr., *Pseudobombax ellipticum*, *Gyrocarpus mocinoi* Espejo, *Cedrela salvadorensis* Standl. and *Erythroxylon* aff. *havanense* Jacq.), as well as 26 genus in common with the current work, which correspond to 9.8% of the specific richness, and 37.7% of the generic richness found in this analysis. They were sampled in the Stream and Ravine CAs.

In a conserved tropical semi-deciduous forest in Veracruz, there were 10 registered species (*Astronium graveolens* Jacq., *Spondias mombin* L., *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn., *Bursera simaruba*, *Casearia*

Cuadro 2. Especies con mayor valor forestal (IVF) y valor de importancia (IVI) en tres condiciones ecológicas en La Mica, Chiapas.
Table 2. Species with higher forest value (IVF) and importance value (IVI) in three ecological conditions, in La Mica, Chiapas.

Especie	DN	(%)	A	(%)	C	(%)	IVF	IVI
ARROYO								
<i>Lonchocarpus minimiflorus</i> Donn. Sm.	38.6	23.9	4188.3	34.8	6925.4	18.9	25.9	16.8
<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.	27.2	16.8	965.0	8.0	10017.1	27.3	17.4	21.5
<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	12.7	7.9	1258.3	10.5	2056.4	5.6	8.0	7.9
<i>Cupania glabra</i> Sw.	11.4	7.0	1078.3	9.0	1750.5	4.8	6.9	7.7
<i>Covepia polyandra</i> (Kunth) Rose	10.2	6.3	283.3	2.4	3839.0	10.5	6.4	6.2
CAÑADA								
<i>Adenaria floribunda</i> Kunth	39.3	16.5	3353.3	24.5	2617.7	11.0	17.3	14.7
<i>Luehea candida</i> (Moç. & Sessé ex DC.) Mart	38.3	16.1	1675.0	12.2	5213.6	21.9	16.7	12.0
<i>Croton guatemalensis</i> Lotsy	23.3	9.8	1961.7	14.3	2636.1	11.1	11.7	9.7
<i>Erythrina folkersii</i> Krukoff & Moldenke	32.5	13.7	1231.7	9.0	2596.4	10.9	11.2	14.1
<i>Eugenia capuli</i> (Schltdl. & Cham.) Hook & Arn.	27.2	11.4	1402.5	10.2	2133.3	8.9	10.2	10.0
LOMA								
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	45.8	22.8	2948.3	22.5	9015.5	37.5	27.6	18.5
<i>Heliocarpus reticulatus</i> Rose	38.7	19.2	2106.7	16.1	4054.1	16.9	17.4	16.8
<i>Cordia alliodora</i> (Ruíz & Pav.) Oken	25.3	12.6	2386.7	18.2	2906.4	12.1	14.3	13.3
<i>Eugenia capuli</i> Schltdl. & Cham.) Hook & Arn	25.4	12.6	1273.3	9.7	1383.6	5.8	9.4	9.1
<i>Lantana achyranthifolia</i> Desf.	18.3	9.1	1511.7	11.5	801.2	3.3	8.0	7.4

(Calculado para una UM: 0.06 ha). DN= Diámetro normal; A= Altura; C= Cobertura
(Estimated for one UM: 0.06 ha). DN= Normal diameter; A= Height; C=cover

Godínez y López (2002), en una selva mediana subperennifolia conservada de Veracruz, registraron 10 taxa (*Astronium graveolens* Jacq., *Spondias mombin* L., *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn., *Bursera simaruba*, *Casearia corymbosa*, *Brosimum*

corymbosa, *Brosimum alicastrum*, *Manilkara zapota* (L.) P. Royen, *Picramnia antidesma* (D.C.) W. Thomas, *Guazuma ulmifolia* and *Ureia caracasana* (Jacq.) Gaudich. ex Griseb.), as well as 24 genus in common, which were present in the Stream CA

alicastrum, *Manilkara zapota* (L.) P. Royen, *Picramnia antidesma* (D.C.) W. Thomas, *Guazuma ulmifolia* y *Urera caracasana* (Jacq.) Gaudich. ex Griseb.) y 24 géneros comunes, mismos que aparecieron en la condición Arroyo de este análisis. Lo anterior exhibe que los rasgos florísticos del área de análisis son afines a las vertientes Atlántica y Pacífica como lo han asentado Gallardo *et al.* (2005) para la región del Istmo de Tehuantepec.

Las selvas bajas caducifolias cuentan con una elevada diversidad beta. Trejo (2002) encontró que de 20 sitios muestreados, 72% de las especies aparecieron en uno solo, con un promedio de coeficiente de Sorensen de 9%. Pese a la cercanía entre las unidades de muestreo, algo equivalente se observó en este estudio a una escala local; incluso, dentro de una misma condición ecológica (Cañada), el máximo valor de semejanza de Sorensen fue de 71%, con una media para todas las UM de 30%.

Aunque de manera aparente, los tipos de vegetación muestreados en la REBISE pertenecen a selva mediana subperennifolia (Arroyo) y baja caducifolia (Cañada y Loma), al investigar en detalle su estructura y composición florística, se aprecia que, al menos la condición Cañada, se aproxima a un ecotono entre estos tipos de vegetación donde se combinan los elementos de uno y otro, por lo que resulta difícil precisar un límite claro. Ello se refleja en las agrupaciones que indicaron los análisis de agrupamientos (Figura 4), la semejanza florística, las diferencias significativas calculadas por el método de "t" modificado por Hutchinson, así como por las alturas. Además, las características físicas del terreno tales como la altitud, el suelo y, en parte, la inclinación y exposición de la pendiente, no difieren entre condiciones ambientales. Lo anterior hace suponer que el disturbio humano es otro factor que ha determinado, en gran medida, la composición y estructura de la vegetación en el área de estudio, sobre todo en Loma, la cual refleja una fuerte alteración del paisaje original.

Es importante indicar que la máxima altura de los árboles en Cañada fue inferior a los 15 m y, de acuerdo con Miranda y Hernández (1963), esto es una condición que debe cumplirse para una selva baja caducifolia. Sin embargo, se identificaron especies como *C. pentandra*, *B. simaruba*, *E. capuli*, *G. ulmifolia*, *Sapium macrocarpum* Müll. Arg., *Thouinidium decandrum* (Bonpl.) Radlk. y *A. graveolens*, las cuales caracterizan mejor a una selva mediana subperennifolia (Lott *et al.*, 1987; Godínez y López, 2002) que a una selva baja caducifolia. Otro ejemplo es el de la UM A2, donde los árboles más altos no alcanzaron los 15 m; no obstante, las características del medio físico y la fenología observadas coinciden con las de una selva mediana subperennifolia, por lo que se presume están en una etapa de desarrollo; de manera conjunta, especies como *E. capuli* y *Stemmadenia donnell-smithii* (Rose) Woodson, que ocuparon el estrato inferior en otras UM, en esta se localizaron en el superior.

of this analysis. This shows that the floristic characteristics of the analyzed area are consistent with the Atlantic and Pacific slopes, as reported by Gallardo *et al.* (2005) for the Istmo de Tehuantepec region.

Lowland deciduous forests have high beta diversity. Trejo (2002) found that from 20 sampled sites, 72% of the species were found in just one of them, with an average Sorensen quotient of 9%. Despite the closeness of the sampling units, something equivalent was observed locally in this study: within a single ecological condition (Ravine), the maximum Sorensen similarity value was 71%, with a median for all UMs of 30%.

Although apparently the types of vegetation sampled in the REBISE belong to the tropical semi-evergreen forest (Stream) and lowland deciduous forest (Ravine and Hill), it has been noted, when the floristic structure and composition is closely analyzed, that at least the Ravine condition gets close to an ecotone between these types of vegetation, where the elements of both are combined, which makes it hard to distinguish clear limits. This is reflected in the groupings indicated in the analysis (Figure 4), the floristic similarity, the significant differences calculated by the "t" method (modified by Hutchinson) and by heights. Moreover, the physical qualities of the land, such as height, soil, and, partly, inclination and face of the slope, do not differ from one condition to another. Therefore, we can assume that human disturbance is another factor that has greatly determined the composition and structure of the vegetation in the studied area, especially in Hills, which show a strong alteration of the original landscape.

It is important to indicate that the maximum height of trees in Ravines was below 15 m, and, according to Miranda and Hernández (1963), this is a *sine qua non* condition for lowland deciduous forests. However, species such as *C. pentandra*, *B. simaruba*, *E. capuli*, *G. ulmifolia*, *Sapium macrocarpum* Müll. Arg., *Thouinidium decandrum* (Bonpl.) Radlk., and *A. graveolens* were identified. These usually characterize tropical semi-evergreen forests (Lott *et al.*, 1987; Godínez and López, 2002) more than lowland deciduous forests. Another example is A2 UM, where the highest trees were below 15 m; yet, the observed characteristics of the physical environment and phenology coincide with those of a tropical semi-evergreen forest, which is why it was presumably in a development stage. Moreover, species such as *E. capuli* and *Stemmadenia donnell-smithii* (Rose) Woodson, found in the lower stratum of other UMs, was found in the upper stratum of this one.

Another argument supporting the ecotone quality of Ravines is that Lott *et al.* (1987) have registered a higher density (3,530 individuals ha⁻¹) and a lower basal area (25.4 m²) for Chamela than the current study (2678 individuals ha⁻¹ and 28.9 m², respectively); that is, shorter individuals, which are typical of lowland deciduous forests. From another point of

Otro argumento que señala la ecotonía de Cañada es que Lott *et al.* (1987) registraron para Chamela mayor densidad (3,530 individuos ha^{-1}) y menor área basal (25.4 m^2) que en esta investigación (2,678 individuos ha^{-1} y 28.9 m^2 , respectivamente); es decir, individuos de menor tamaño, propios de las selvas bajas caducifolias. Visto desde otra perspectiva, en la condición Cañada existió un porcentaje más pronunciado de individuos de diámetros mayores a 20 cm (5.2%) que lo citado por Lott *et al.* (1987): 3.8% para Chamela y 1.1% para Nizanda (Gallardo *et al.*, 2005).

Varios autores (Miranda y Hernández, 1963; Lott, *et al.*, 1987; Durán *et al.*, 2002) han señalado la convivencia de la selva mediana subperennifolia o subcaducifolia en los márgenes de arroyos y cañadas inmersos en una matriz de selva baja caducifolia, pero no el hecho de que la transición entre ambas es paulatina, lo cual, en apariencia, es una peculiaridad del área de trabajo.

La distribución diamétrica en forma de J invertida, los valores de atributos estructurales y de diversidad elevados, y la composición florística, indicaron que Arroyo y Cañada estuvieron constituidos por bosques maduros, en cierto modo conservados, cuyos resultados pueden compararse con los obtenidos por otros autores. Por ejemplo, Cañada presentó 28.9 $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ de área basal, superior a lo encontrado por Lott *et al.* (1987) en Chamela y por Gillespie *et al.* (2000) en Nicaragua y Costa Rica; Arroyo mostró 35 $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$, ligeramente inferior a lo consignado por Godínez y López (2002) para una selva mediana subperennifolia conservada de Veracruz.

La vegetación arbórea de la condición Loma se hallaba en estado de sucesión secundaria temprana: los diámetros no rebasaron la categoría de 15 cm, presentó una menor área basal y estuvo dominada por especies como *C. corymbosa*, *G. ulmifolia*, *Heliocarpus reticulatus* y *Adenaria floribunda* Kunth, debido al manejo pecuario que había tenido durante al menos 30 años, así como al desmonte y quemas constantes a las que estuvo sometida. Este tipo de manejo es muy común en las selvas bajas caducifolias (Figueroa, 2000; Trejo y Dirzo, 2000). Otros autores que estudiaron selvas bajas perturbadas en México destacan áreas basales superiores a lo encontrado en Loma (5.1 $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$); 9.7 $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ en el Estado de México (Figueroa, 2000), 14 y 17.2 $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ en áreas de cultivo abandonadas en Yucatán (Mizrahi *et al.*, 1997). Pese a esto, la diversidad (alfa de Fisher) en Loma solo fue un poco inferior a la registrada por otros autores. La similitud entre la riqueza de especies en las clases latizales y brinzales en las tres condiciones ecológicas demuestra que la vegetación en Loma estaba en etapa de regeneración, lo que se evidencia por la presencia de brinzales y latizales.

Las especies más comunes en todas las UM fueron *Eugenia capuli* y *Lonchocarpus minimiflorus*, pues están presentes en siete y seis UM, respectivamente, excepto en las UM más perturbadas (L1 y L2). Esta amplia distribución local se atribuye a su abundante regeneración por medio de semillas y brotes.

view, in Ravines, there was a more pronounced percentage of individuals with diameters over 20 cm (5.2%) than what Lott *et al.* (1987) reported: 3.8% for Chamela and 1.1% for Nizanda (Gallardo *et al.*, 2005).

Various authors (Miranda and Hernández, 1963; Lott, *et al.*, 1987; Durán *et al.*, 2002) have reported the coexistence of tropical semi-evergreen and semi deciduous forests in the margins of streams and ravines, immerse in a matrix of lowland deciduous forest. However, they have not pointed out the fact that the transition from one to the other is gradual, which is apparently a peculiarity of the work area.

The diametrical distribution in inverted J shape, the elevated values of structural and diversity attributes, and the floristic composition indicated that Streams and Ravines were constituted by mature trees, somehow conserved, whose results can be compared to those obtained by other authors. For instance, Ravine had 28.9 $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ of basal area, which is higher than the results reported by Lott *et al.* (1987) in Chamela and by Gillespie *et al.* (2000) in Nicaragua and Costa Rica; Stream had 35 $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$, which is slightly lower in comparison to the data reported by Godínez and López (2002) in a conserved tropical semi-evergreen forest in Veracruz.

The tree vegetation in Hills was found in a state of early secondary succession: the diameters did not exceed the 15 cm category, it had a smaller basal area, and was dominated by species such as *C. corymbosa*, *G. ulmifolia*, *Heliocarpus reticulatus* and *Adenaria floribunda* Kunth, due to the livestock handling that it had had during at least 30 years, as well as due to the constant clearings and burnings it has subjected to. This kind of handling is very common in lowland deciduous forests (Figueroa, 2000; Trejo and Dirzo, 2000). Other authors that have studied disturbed lowland forests in Mexico, report higher basal areas than those found in Hills (5.1 $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$); 9.7 $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ in Mexico state (Figueroa, 2000), 14 and 17.2 $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ in abandoned agricultural lands in Yucatán (Mizrahi *et al.*, 1997). Despite of this, the diversity (Fisher's alpha) in Hills was only slightly lower than that registered by the other authors. The similarity between the richness of species in thickets and saplings, in the three ecological conditions, shows that the vegetation in Hills was in a state of regeneration, which is demonstrated by thickets and saplings.

The most common species found in all UMs were *Eugenia capuli* and *Lonchocarpus minimiflorus*, which were distributed in seven and six UMs, respectively, except in the most disturbed UMs (L1 and L2). This wide local distribution can be attributed to the abundant regeneration produced by seeds and sprouts.

E. capuli is a small tree (Bejarano-Castillo and Guevara, 2008; Arroyo-Rodríguez *et al.*, 2009) with a Neotropical geographical distribution, found in the tropical semi-deciduous forest in Chamela (Lott, 2002), and in the fragmented forests in Los Tuxtlas, where deforestation levels range from low to medium,

E. capuli es un árbol pequeño (Bejarano-Castillo y Guevara, 2008; Arroyo-Rodríguez *et al.*, 2009) neotropical, que ha sido encontrado en la selva mediana subcaducifolia en Chamela (Lott, 2002) y en las selvas fragmentadas en Los Tuxtlas, donde los niveles de deforestación son de baja a intermedia, aunque es más común en sotobosques (Arroyo-Rodríguez *et al.*, 2009). De acuerdo con Bejarano-Castillo y Guevara (2008), su dispersión es realizada por aves y murciélagos (dispersión ornito-quiroptecoro) de manera muy eficiente, ya que su fructificación ocurre de marzo a abril, época más crítica de la sequía; por lo tanto, es depredada intensamente y dispersada en un amplio espacio. Además, Vallejo-Marín *et al.* (2006) demostraron que las semillas de *E. capuli* toleran la depredación, lo que disminuye ligeramente la probabilidad de su germinación, siempre y cuando el embrión no haya sido dañado.

Por su parte, Cordero y Boshier (2003) describen a *L. minimiflorus* como un árbol pequeño, de vegetación secundaria, de rápido crecimiento y con gran capacidad de rebrote. Estos autores mencionan que no es consumida por el ganado, lo cual explica, en gran parte, su abundante regeneración en Arroyo y su existencia en las otras condiciones ambientales.

Pseudobombax ellipticum obtuvo un IVI elevado en Cañada a causa de su área basal ($3.4 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$, 11.8%); sin embargo, su densidad fue baja (44 individuos ha^{-1} , 1.7 %). En razón de su ausencia en la UM C1, no se calculó su MF (Cuadro 2). Pese a que *Brosimum alicastrum* sólo apareció en la UM A1, su valor de IVI fue alto dada la existencia de tres individuos de gran tamaño. Su regeneración fue abundante en la clase brinzales, pero no en la de latizales. En relación a lo anterior, Macario *et al.* (1995) explican esta discontinuidad de individuos con el aumento en la demanda de luz conforme a su crecimiento. Una situación distinta se identificó en Cañada con *B. simaruba*, la cual estuvo ausente en brinzales, mas no en latizales ni en fustales. Conforme a Esquivel (2005), esta especie se regenera en áreas abiertas porque no es tolerante a la sombra (Godínez y López, 2002). Por el contrario, en Loma *Cordia alliodora* (Ruíz & Pav.) Oken no se localizó en fustales, pero sí en latizales y brinzales, ya que se regenera de manera amplia en potreros abandonados (Sánchez *et al.*, 2005).

Ceccon *et al.* (2006) plantean que las áreas desmontadas para uso agropecuario, como la condición Loma, invariablemente son repobladas por las siguientes vías: 1) dispersión anemócora de semillas procedentes de manchones de vegetación natural ubicadas hasta 200 m de distancia y 2) rebrote de individuos que estaban en la vegetación original. La eficiencia de la primera vía en la REBISE debe estar determinada por los fuertes vientos que inciden durante el otoño e invierno, aunado a que la mayoría de las especies de las selvas bajas fructifican dentro de este período (Bullock y Solis-Magallanes, 1990).

although it is more commonly found in understory (Arroyo-Rodríguez *et al.*, 2009). According to Bejarano Castillo and Guevara (2008), its dispersion is quite efficiently carried out by birds and bats, since fructification takes place from March to April, which is the driest season. Therefore, it is highly predated and spread. Moreover, Vallejo-Marín *et al.* (2006) showed that the *E. capuli* seeds are tolerant to predation, since it only slightly reduces their chance to sprout, as long as the embryo remains undamaged.

Moreover, Cordero and Boshier (2003) describe *L. minimiflorus* as a small tree, of secondary vegetation, fast growth and great sprouting capacity. These authors mention that it is not eaten by livestock, which partially explains its abundant regeneration in Streams and its presence in the other environmental conditions.

Pseudobombax ellipticum got an elevated IVI in Ravines due to its basal area ($3.4 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$, 11.8%); however, its density was low (44 individuals ha^{-1} , 1.7 %). Given its absence in the A1 UM, its IVI value was high because of the existence of three large sized individuals. Its regeneration was abundant in the case of saplings, but not in thickets. Considering this, Macario *et al.* (1995) explain such discontinuity of individuals with the increased demand of light related to growth. A different situation was identified in Ravines with *B. simaruba*, which was absent in saplings, but not in thickets or poles. According to Esquivel (2005), this species regenerates in open areas because it is intolerant to shade (Godínez and López, 2002). On the contrary, at the Hills, *Cordia alliodora* (Ruíz & Pav.) Oken was not found in poles, but as saplings and tickets, since it regenerates in wide abandoned fields (Sánchez *et al.*, 2005).

Ceccon *et al.* (2006) suggest that areas cleared for farming uses, as is the case of Hills, are invariable repopulated in the following ways: 1) an anemochory seed dispersal proceeding from patches of natural vegetation located at a distance of 200 m, and 2) sprout of individuals that were in the original vegetation. The efficiency of the first in the REBISE must be determined by the strong winds during fall and winter, along with the fact that most lowland forest species fructify during this period (Bullock and Solis-Magallanes, 1990).

In regard to habitat preferences (responses to physical conditions), Durán *et al.* (2002) have reported that in the lowland forest of Chamela, *Comocladia engleriana* Loes., *Cochlospermum vitifolium* Spreng., *Plumeria rubra* and *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. showed a negative response towards the inclination of the slope: its abundance was higher in plain areas and lower in inclined places. Similarly to this study, the first three species were found only in Ravines (lowland forest, ecotone with tropical midland forest); however, they were also present in very steep slopes (40-80%). Moreover, *C. engleriana* and *P. rubra* were not abundant (one and two individuals, respectively), and

En lo relativo a preferencias por el hábitat (respuestas a las condiciones físicas), Durán *et al.* (2002) consiguieron que en la selva baja de Chamela, *Comodadia engleriana* Loes., *Cochlospermum vitifolium* Spreng., *Plumeria rubra* y *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. mostraron una respuesta negativa a la inclinación de la pendiente: su abundancia fue mayor en zonas planas y menor en sitios inclinados. Dicho comportamiento coincide con esta investigación en que las tres primeras especies fueron encontradas sólo en Cañada (selva baja, ecotono con selva mediana), pero no en que aparecieron en pendientes muy inclinadas (40-80%). Además, *C. engleriana* y *P. rubra* fueron poco abundantes (uno y dos individuos, de forma respectiva) y *G. sepium* sí se distribuyó en pendientes menores (23-35%) pero únicamente en los sitios más perturbados (L1 y L2).

CONCLUSIONES

A partir de los resultados generados mediante esta investigación (elevada riqueza de especies y diversidad arbórea, buen estado de conservación de las condiciones Arroyo y Cañada, buena regeneración y enriquecimiento natural de especies en Loma, especies con elevada abundancia y frecuencia, como *E. capuli* y *L. minimiflorus*) se concluye que es muy conveniente conservar la vegetación nativa en sitios poco aptos para actividades agropecuarias como cañadas, pendientes muy inclinadas y orillas de arroyos, mismas que son muy comunes en las zonas de amortiguamiento de la REBISE, en donde la principal actividad económica es la agropecuaria. Esta vegetación, además de que puede servir para el ramoneo del ganado en la época de sequía (siempre y cuando se respete la capacidad de carga) y como corredor biológico, funcionará como fuente de productos de uso local (madera y frutos) y reservorios de germoplasma, ya sea para colectas futuras o como fuentes de semilla para la repoblación natural.

Debe hacerse un uso local de las especies abundantes; por ejemplo, *L. minimiflorus* se emplea en Centroamérica como sombra para café, leña, carbón, postes y construcciones rurales, y tiene potencial para producir pulpa para papel. Así mismo, resulta claro que no son necesarios los trabajos de reforestación con fines de conservación del suelo en estas zonas, ya que existe abundante regeneración natural, pero lo que sí es importante realizar, es la protección de dicha repoblación.

Otro asunto que amerita atención es que en la superficie muestreada aparecieron *A. graveolens* y *S. macrocarpum* como especies catalogadas en la NOM-059 dentro de la categoría de amenazadas, por lo que también es necesario preservar las áreas de su distribución. 🍃

G. sepium was actually distributed in not very steep slopes (23-35%), but only in the most disturbed sites (L1 and L2).

CONCLUSIONS

From the evidence presented in this analysis, increased richness of species and tree diversity, adequate state of conservation in the Stream and Ravine conditions, good regeneration and natural enrichment of species in Hills, species with increased abundance and frequency, such as *E. capuli* and *L. minimiflorus*, it can be concluded that it is mandatory to preserve the native vegetation in places that are inadequate for agricultural and livestock activities, such as ravines, steep slopes and stream banks, which are commonly found in REBISE's buffer zones, where the main economic activities are agriculture and livestock. This vegetation, apart from being useful for grazing during the dry season (as long as the loading capacity is observed), and functioning as a biological path, will also be a source of products for local use (timber and fruits) and reservoir of germ plasm, whether for future collections, or as seed sources for natural repopulation.

The local use of abundant species should be promoted. For instance, *L. minimiflorus* is used in Central America to cast a shade over coffee plantations, timber, carbon, posts and rural constructions, and can potentially be used for producing paper pulp. Moreover, it is clear that reforestation intended for soil conservation is not necessary in these areas, since the natural regeneration is abundant. However, it is important to protect such regeneration. Another relevant issue is that *A. graveolens* and *S. macrocarpum* catalogued in the NOM-059 within the endangered species category, were found in the sampled surface, which implies that it is also necessary to conserve their distribution areas. 🍃

ACKNOWLEDGEMENTS

The first author would like to thank CONACYT for the grant given to him during his Master in Sciences. We would also like to thank Mr. Eldio López Vázquez for letting us carry out the research in his lands, Mr. Pedro Camacho García for its enthusiastic collaboration during field trips, and his family for all their attentions. Thanks to biologists Nayeli and Jorge Martínez of the Herbario Eizi Matuda of the Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, for helping us with the taxonomic identification of botanic specimens.

End of the English version

AGRADECIMIENTOS

El primer autor agradece al CONACYT por la beca otorgada para la realización de estudios de Maestría en Ciencias Al Sr. Eldio López Vázquez, por permitir la realización de esta investigación en terrenos de su propiedad. Al Sr. Pedro Camacho García por su entusiasta colaboración en los recorridos de campo y a su familia por las atenciones brindadas. A los biólogos Nayeli y Jorge Martínez, personal del herbario "Eizi Matuda" de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, por su ayuda en la identificación de ejemplares botánicos.

REFERENCIAS

- Arroyo-Rodríguez, V., J. C. Dunn, J. Benítez-Malvido and S. Mandujano. 2009. A09. Angiosperms, Los Tuxtlas Biosphere Reserve, Veracruz, Mexico. Check list. *Journal of Species Lists and Distribution* 5 (4):787-799
- Bejarano-Castillo, M. y S. Guevara. 2008. Algunos atributos de los árboles que atraen frugívoros a los potreros. *Cuadernos de Biodiversidad* 27: 3-10.
- Bullock, S. H. and J. A. Solís-Magallanes. 1990. Phenology of canopy trees of a tropical deciduous forest in Mexico. *Biotropica* 22 (1):22-35.
- Ceccon, E., P. Huante and E. Rincón. 2006. Abiotic factors influencing tropical dry forests regeneration. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 49 (2): 305-312.
- Corella J. F., J. I. Valdez H., V. M. Cetina A., F. V. González C., A. Trinidad S. y J. R. Aguirre R. 2001. Estructura forestal de un bosque de mangles en el noreste del estado de Tabasco, México. *Rev. Cien. For. en Méx.* Vol. 26 (90): 73-102.
- Curtis, J. T. and R. P. McIntosh. 1951. An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology* 32:476-496.
- Durán, E., P. Balvanera, E. Lott, G. Segura, L. A. Pérez-Jiménez, A. Islas y M. Franco. 2002. Estructura, composición y dinámica de la vegetación. In: Noguera, F. A., J. H. Vega R., A. N. García-Aldrete y M. Quesada A. (Eds.). *Historia natural de Chamela*. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F., México. pp. 443-472.
- Esquivel S., M. J. 2005. Regeneración natural de árboles y arbustos en potreros activos en Muy Muy, Matagalpa, Nicaragua. Tesis de Maestría. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 158 p.
- Figueroa S., M. E. 2000. Uso agroecológico, actual y potencial, de especies arbóreas en una selva baja caducifolia perturbada del suroeste del Estado de México. Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de Méx., México. 120 p.
- Gallardo C., J. A., J. A. Meave y E. A. Pérez G. 2005. Estructura, composición y diversidad de la selva baja caducifolia del Cerro Verde de Nizanda (Oaxaca), México. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 76: 19-35.
- Gillespie, T. W., A. Grijalva and Ch. N. Farris. 2000. Diversity, composition and structure of tropical dry forests in Central America. *Plant Ecology* 147:37-47.
- Godínez I., O. y L. López M. 2002. Estructura, composición, riqueza y diversidad de árboles en tres muestras de selva mediana subperennifolia. *Anales del Instituto de Biología. Serie Botánica* 73:283-314.
- Google Earth. 2006. Image NASA. Europa technologies. Tele Atlas. Map data. DMapas/El Mercurio. Disponible en: www.earthgoogle.com (6 de marzo de 2009)
- Holdridge, L. R., W. Grenke, W. H. Hatheway, T. Liang and J. A. Tosi. 1971. *Forest environments in tropical life zones: a pilot study*. Pergamon Press. Oxford, UK. 747 p.
- Instituto Nacional de Ecología (INE). 1999. Programa de manejo Reserva de la Biosfera La Sepultura. Unidad de Participación Social, Enlace y Comunicación. México, D.F., México. 247 p.
- Lot, A. y F. Chiang. 1986. *Manual de herbario: administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos*. Consejo Nacional de la Flora de México. México, D.F., México. pp. 11-30.
- Lot E., J., S. H. Bullock and A. Solís M. 1987. Floristic diversity structure of upland and arroyo forest of Coastal Jalisco. *Biotropica* 19:228-235.
- Lot E., J., S. and T. Atkinson. 2006. Mexican and Central American seasonally dry tropical forests: Chamela-Cuixmala, Jalisco, as a focal point for comparison. In: Pennington T., G. P. Lewis and J. A. Ratter (Eds.). *Neotropical Savannas and seasonally dry forests. Plant diversity, biogeography and conservation*. Taylor & Francis. Boca Raton, FL, USA, pp. 315-342.
- Macario M., P. A., E. García M., J. R. Aguirre R. y E. Hernández X. 1995. Regeneración natural de especies arbóreas en una selva mediana subperennifolia perturbada por extracción forestal. *Act. Bot. Mex.* 32:11-23.
- Magurran, A. E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press. Princeton, NJ, USA. 179 p.
- Miranda, F. y E. Hernández X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 28:29-179.
- Mizrahi, A., J. M. Ramos P. y J. Jiménez O. 1997. Composition, structure, and management potential of secondary dry tropical vegetation in two abandoned henequen plantations of Yucatan, Mexico. *Forest Ecology and Management* 96:273-282.
- Sánchez M., D., C. A. Harvey, A. Grijalva, A. Medina, S. Vilchez y B. Hernández. 2005. Diversidad, composición y estructura de la vegetación en un agropaisaje ganadero en Matiguás, Nicaragua. *Rev. Biol. Trop.* 53:387-414.
- Servicio Meteorológico Nacional (SMN). 2010. Comisión Nacional del Agua. www.smn.cna.gob.mx. (4 de junio de 2010).
- Statistical Analysis System Institute. 2002. *The SAS® Systems for Windows 9.0*. Cary, NC, USA, s/p.
- Trejo, I. 1999. El clima de la selva baja caducifolia en México. *Bol. Inst. Geografía* 39:40-52.
- Trejo, I. and R. Dirzo. 2000. Deforestation of seasonally dry tropical forest: a national and local analysis in Mexico. *Biol. Conserv.* 94:133-142.
- Trejo, I. and R. Dirzo. 2002. Floristic diversity of Mexican seasonally dry tropical forest. *Biodiversity and Conservation* 11:2063-2084.
- Valdez H., J. I. 2002. Aprovechamiento forestal de manglares en el estado de Nayarit, costa Pacífica de México. *Madera y Bosques*, Número Especial: 129-145.
- Vallejo-Marín, M., C. A. Domínguez and R. Dirzo. 2006. Simulated seed predation reveals a variety of germination responses of neotropical rain forest species. *Am. J. Bot.* 93:369-376.