



**Polibotánica**

ISSN: 2395-9525

[polibotanica@gmail.com](mailto:polibotanica@gmail.com)

Instituto Politécnico Nacional

México

<http://www.polibotanica.mx>

# ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DE ESPECIES ARBÓREAS EN EL SITIO ARQUEOLÓGICO “EL MIRADOR”, SELVA LACANDONA, CHIAPAS

## STRUCTURE AND DIVERSITY OF TREE SPECIES IN THE ARCHAEOLOGICAL SITE "EL MIRADOR", SELVA LACANDONA, CHIAPAS

**Sánchez-Gutiérrez, F.; A. Valenzuela-Gómez, J.I. Valdez-Hernández, y C.A. González-González**

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DE ESPECIES ARBÓREAS EN EL SITIO ARQUEOLÓGICO  
“EL MIRADOR”, SELVA LACANDONA, CHIAPAS

STRUCTURE AND DIVERSITY OF TREE SPECIES IN THE ARCHAEOLOGICAL SITE  
"EL MIRADOR", SELVA LACANDONA, CHIAPAS

## ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DE ESPECIES ARBÓREAS EN EL SITIO ARQUEOLÓGICO "EL MIRADOR", SELVA LACANDONA, CHIAPAS

### STRUCTURE AND DIVERSITY OF TREE SPECIES IN THE ARCHAEOLOGICAL SITE "EL MIRADOR", SELVA LACANDONA, CHIAPAS

Sánchez-Gutiérrez, F.; A. Valenzuela-Gómez, J.I. Valdez-Hernández, y C.A. González-González

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DE ESPECIES ARBÓREAS EN EL SITIO ARQUEOLÓGICO "EL MIRADOR", SELVA LACANDONA, CHIAPAS

STRUCTURE AND DIVERSITY OF TREE SPECIES IN THE ARCHAEOLOGICAL SITE "EL MIRADOR", SELVA LACANDONA, CHIAPAS

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 44: 79-94. Julio 2017

DOI:

10.18387/polibotanica.44.5

F. Sánchez-Gutiérrez

A. Valenzuela-Gómez

Universidad Autónoma de Chiapas. Escuela Maya de Estudios Agropecuarios  
Carretera Catazajá-Palenque Km 4, CP 29980, Catazajá, Chiapas, México.

J.I. Valdez-Hernández/ignaciiov@colpos.mx

Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Estado de México.

C.A. González-González

Universidad Autónoma de Chiapas. Escuela Maya de Estudios Agropecuarios  
Carretera Catazajá-Palenque Km 4, CP 29980, Catazajá, Chiapas

**RESUMEN:** Se describió la composición, estructura y diversidad de especies arbóreas del sitio arqueológico "El Mirador", situado en el área natural protegida (ANP) Metzabok, al noreste de la Selva Lacandona. Se clasificaron tres tipos de selva: baja subperennifolia (SBSP), mediana perennifolia (SMP) y alta perennifolia (SAP). En cada una se establecieron cuatro unidades de muestreo (UM) de 20 x 50 m. A todos los árboles con diámetro normal (DN)  $\geq 3$  cm se les midió su DN y altura total, identificándolos taxonómicamente. Se describió la estructura vertical y horizontal, calculando los índices de valor de importancia (IVI) y de valor forestal modificado (IVFm). La diversidad se analizó mediante los índices de Shannon-Wiener ( $H'$ ), de Simpson ( $S$ ) y de equidad ( $E$ ), mientras que la semejanza florística con el coeficiente de Sorensen ( $IS$ ). En total se registraron 152 especies (nueve en SBSP, 70 en SMP y 128 en SAP), siendo las de mayores valores de importancia y forestal *Haematoxylum campechianum* L. en SBSP, *Clusia salvinii* Donn Sm. en SMP y *Brosimum alicastrum* Sw. en SAP. Se identificaron tres estratos verticales en las SAP y SMP: inferior ( $< 4$  m;  $< 5$  m), medio (4 a 9 m; 5 a 8 m) y superior ( $> 9$  m;  $> 8$  m); en la SBSP se encontró un solo estrato ( $< 12$  m). La diversidad de especies arbóreas fue significativamente mayor ( $p < 0.01$ ) en la SAP ( $H' = 3.21$ ) en comparación con la SMP ( $H' = 2.19$ ) y la SBSP ( $H' = 0.91$ ). Las UM fueron florísticamente más parecidas en la SBSP ( $IS =$  de 58.5 a 79.9%) en relación con la SAP ( $IS =$  de 23.5 a 48.1%) y la SMP ( $IS =$  de 1.1 a 35%). En el presente estudio se reconocen las especies relevantes y la composición florística de cada selva, lo cual se espera sea de utilidad en investigaciones futuras y contribuir de esta manera a definir estrategias de conservación, reproducción y aprovechamiento sustentable de éstas selvas.

**Palabras clave:** Selvas perennifolias y subperennifolia, estratos verticales, valores de importancia y forestal, índice de Shannon-Wiener, semejanza florística.

**ABSTRACT:** The composition, structure, and diversity of tree species was described on the archaeological site "El Mirador", located in the natural protected area (ANP) Metzabok, northeastern portion of the Selva Lacandona. Three tropical forest types were classified: low semi-evergreen (SBSP), medium evergreen (SMP), and high evergreen (SAP). In each type four sampling units (UM) of 20 x 50 m were established. All trees with normal diameter (DN)  $\geq 3$  cm were taxonomically identified and measured for their DN and total height. Vertical and horizontal structure was

described, and the importance value (*IVT*) and the modified forest value (*IVFm*) indices were calculated. Diversity was analyzed using indices of Shannon-Wiener (*H'*), Simpson (*S*) importance and forest values *Haematoxylum campechianum* L. in SBSP, *Clusia salvinii* Donn Sm. in SMP and *Brosimum alicastrum* Sw. in SAP. Three vertical layers were identified: below (< 4 m; < 5 m), medium (4 to 9 m; 5 to 8 m) and upper (> 8 m; > 9 m up to 25 and 38 m) in the SMP and SAP, in the SBSP a single layer (12 m) was found. Diversity of tree species was significantly ( $p < 0.01$ ) higher in SAP ( $H' = 3.21$ ) compared to SMP ( $H' = 2.19$ ) and SBSP ( $H' = 0.91$ ). Floristic similarity among UM was higher in SBSP ( $IS = 58.5$  to  $79.9\%$ ) compared to SAP ( $23.5$  to  $48.1\%$ ) and SMP ( $1.1$  to  $35\%$ ). In this study the major species and the floristic composition for each tropical forest are recognized, which is expected to be useful in future research and thus contribute to define conservation, reproduction and sustainable use strategies of these tropical forests.

**Key words:** Evergreen and semi-evergreen tropical forests, vertical strata, importance and forest values, Shannon-Wiener index, floristic similarity.

## INTRODUCCIÓN

La superficie de las selvas en el mundo es de 1 172 millones de hectáreas (7% de la superficie terrestre) (Dirzo *et al.*, 2009) y se encuentran entre los ecosistemas más ricos, diversos y complejos de la tierra (Pennington y Sarukhán, 2005); en ellas habitan más de la mitad de las especies del planeta (Wright, 2010).

A nivel mundial se ha descrito alrededor de 298 mil especies de plantas vasculares (Mora *et al.*, 2011); en Latinoamérica 120 mil (Toledo, 1988); en México 23 424 (Llorente y Ocegueda, 2008); en Chiapas 4 314 especies (el 19% del reportado en el país), de las cuales 3 400 se encuentran en la Selva Lacandona. Se estima que en todo el trópico existen entre 40 a 53 mil especies arbóreas, en contraste con toda Europa con 124 (Slik *et al.*, 2015).

A pesar de la gran biodiversidad de las selvas, son los ecosistemas más amenazados (Achard *et al.*, 2002); principalmente por la actividad antropogénica, extracción de madera, caza, cambio atmosférico, urbanización y vías de comunicación (Noble y Dirzo, 1997; Wright, 2010); además de eventos naturales tales como huracanes, incendios, plagas y enfermedades (González-Marín *et al.*, 2008). En los últimos 150 años se han perdido más del 30% de su superficie (ter Steege *et al.*, 2015), debido a la falta de una política del uso suelo, lo que ha provocado la pérdida de biodiversidad al disminuir las poblaciones de la flora y fauna, estos cambios, también han provocado modificaciones en la estructura de la vegetación y composición florística de los remanentes de selvas (Zamora *et al.*, 2008; Gutiérrez-Báez *et al.*, 2012).

Los estudios que se han realizado en las selvas con base en la composición y estructura de las especies arbóreas, contribuyen al conocimiento de su dinámica y favorecen la definición de estrategias para el manejo sustentable y conservación de su biodiversidad (Basáñez *et al.*, 2008). En Chiapas destacan los trabajos de Escobar-Ocampo y Ochoa-Gaona (2007) en Ocozocoautla, así como de López-Toledo *et al.* (2012) en la Reserva de la Biósfera la Sepultura; mientras que en la Selva Lacandona, resaltan estudios de anatomía de la madera por Barajas *et al.* (1979), descripción de la vegetación por Calzada y Valdivia (1979), estructura y composición de la selva por Meave (1990), listados florísticos por Martínez *et al.* (1994) y Levy *et al.* (2006), reservorios de semillas y repoblación natural por Quintana-Ascencio *et al.* (1996), deforestación por Ortiz y Toledo (1998), distribución y fenología de la flora leñosa por Ochoa-Gaona y Domínguez-Vázquez (2001) y diversidad de plantas por Meave *et al.* (2008).

A pesar que la Selva Lacandona es considerada uno de los relictos forestales de mayor extensión y constituye una de las regiones prioritarias de conservación más importantes en México (CONANP, 2006; Granados-Sánchez *et al.*, 2000) por los diferentes bienes y servicios ambientales que brinda (p. ej. resguardo genético, absorción de gases de invernadero, regulación climática, mantenimiento de

recursos hídricos, conservación de suelos, preservación de hábitat, valores paisajísticos, producción de recursos forestales maderables y no maderables), no existen todavía suficientes investigaciones de su diversidad biológica y estructural. Con el propósito de contribuir al acervo de información básica para esta región, el presente estudio tuvo como objetivo describir la composición, estructura y diversidad de las especies arbóreas en el sitio arqueológico “El Mirador”, municipio de Ocosingo, Chiapas. Nuestros resultados pretenden apoyar la definición de estrategias para el manejo y conservación sustentable de especies arbóreas en la región, coadyuvando a la protección de sus monumentos y vestigios arqueológicos. Con base en lo anterior se plantearon las siguientes preguntas: ¿Cuál es la estructura y composición arbórea en estos tres tipos de selva? ¿Existen diferencias en riqueza y diversidad de especies arbóreas entre éstas selvas?

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Área de estudio

El sitio arqueológico El Mirador (17° 08' 36'' latitud Norte, 91° 34' 42'' longitud Oeste, 500-650 m s.n.m.) se localiza al noreste de la Selva Lacandona, situado en el área natural protegida (ANP) Metzabok en la comunidad de Puerto Bello Metzabok, municipio de Ocosingo, Chiapas, con una extensión de 57 hectáreas (CONANP, 2006) y rodeado por las lagunas T'zi BaNá y Metzabok (fig. 1). Surgió en el periodo Cretácico y se caracteriza por una secuencia de planicie-sierra, con rocas sedimentarias (calizas, areniscas) y un tipo de clima (Af) (m) w'' (i)g: cálido húmedo con lluvias todo el año, temperatura media anual de 24°C y una precipitación media anual de 3 160 mm (según registros de la estación Chajul). Los tipos de suelo son rendzinas, gleysoles mólicos, vertisoles y litosoles calcáricos (INEGI, 2012).

### Muestreo y variables dasométricas

Mediante recorridos de campo y siguiendo la clasificación de Miranda y Hernández (1963) se identificaron tres tipos de selva: baja subperennifolia (SBSP), mediana perennifolia (SMP) y alta perennifolia (SAP). En cada una de ellas se establecieron aleatoriamente cuatro unidades de muestreo (UM) de 20 x 50 m (1000 m<sup>2</sup>) para un total de 12 UM (12,000 m<sup>2</sup>) (fig. 1). Cada UM fue dividida en 10 subunidades de muestreo (SUM) de 10 x 10 m (Vázquez-Negrín *et al.*, 2011; López-Toledo *et al.*, 2012).

### Composición de especies arbóreas

En cada UM a todos los individuos arbóreos con diámetro normal (DN  $_{1.3 \text{ m del suelo}} \geq 3 \text{ cm}$ ) se les midió su DN con cinta métrica y su altura total (Ht) con Pistola Haga (López-Toledo *et al.*, 2012), identificándolos con ayuda de manuales y guías de campo (Pennington y Sarukhán, 2005; Ochoa *et al.*, 2012). De los individuos desconocidos se recolectó material botánico que se herborizó en el herbario ECOSC-H del ECOSUR en San Cristóbal de las Casas, Chiapas, para su identificación con ayuda del especialista. Con esta información se elaboró una curva de especies-área, graficando el número de especies encontradas para una determinada superficie de muestreo (Soberón y Llorente, 1993; Zarco *et al.*, 2010).

### Análisis de la estructura arbórea

La formación de estratos verticales se determinó por tipo de selva mediante las inflexiones de curvas generadas entre el número de árboles contra su altura (López-Toledo *et al.*, 2012; García *et al.*, 2015). Las categorías diamétricas se establecieron a intervalos de 10 cm de DN para cada tipo de selva (Carreón-Santos y Valdez-Hernández, 2014).

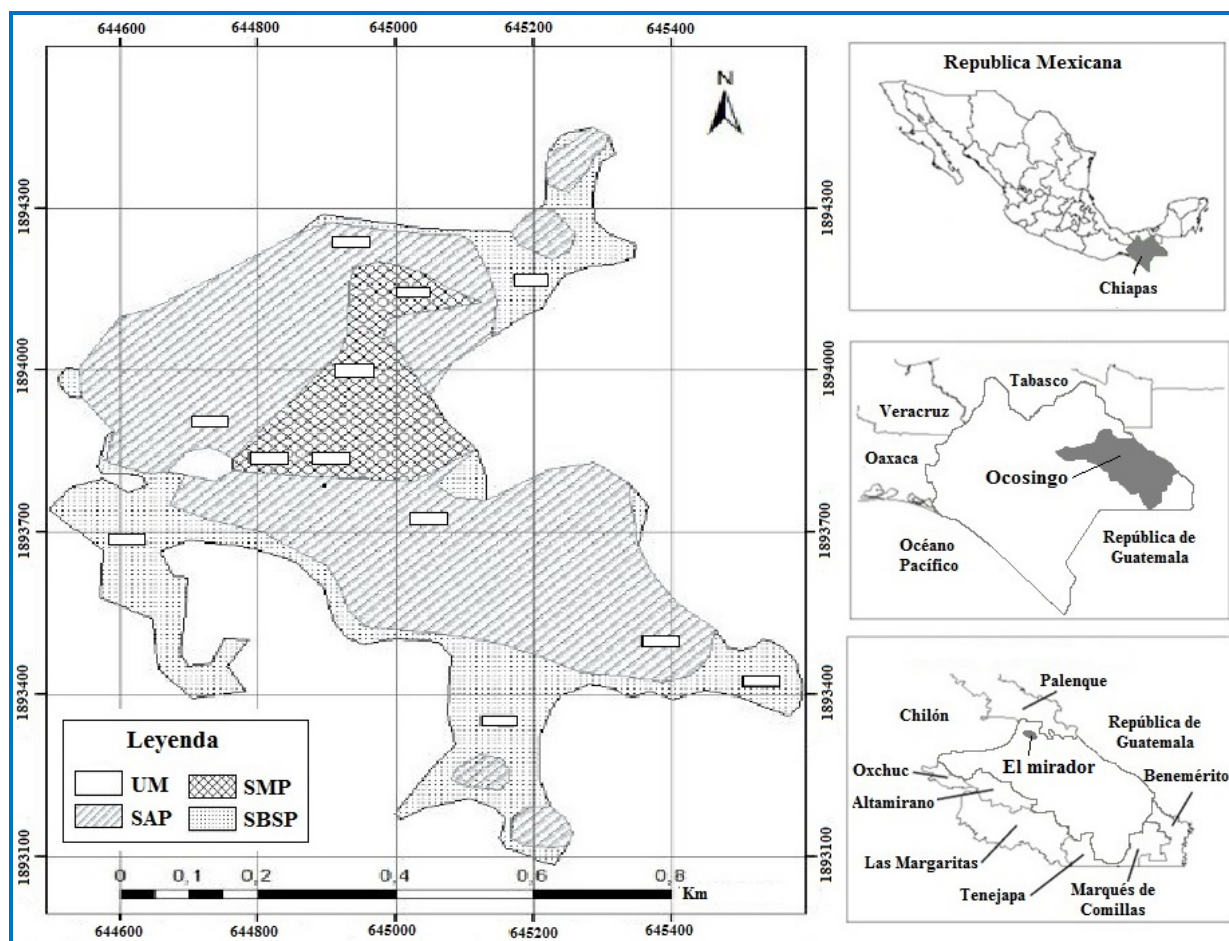


Fig. 1. Ubicación de las unidades de muestreo (UM) en selvas baja subperennifolia (SBSP), mediana perennifolia (SMP) y alta perennifolia (SAP) del sitio arqueológico “El Mirador”, municipio de Ocosingo, Chiapas.

Se realizó el análisis de valoración estructural a través del índice de valor de importancia (*IVI*), desarrollado principalmente para jerarquizar la dominancia de cada especie en rodales mezclados (Curtis y McIntosh, 1951), calculándose con la siguiente ecuación:

$$IVI = \text{Densidad relativa (DR)} + \text{Área basal relativa (ABR)} + \text{Frecuencia relativa (FR)}$$

Se determinó también el índice de valor forestal modificado (*IVFm*) mediante la ecuación:  
 $IVFm = \text{diámetro normal relativo (DNR)} + \text{altura total relativa (HR)}$

A diferencia del *IVI*, que sólo involucra variables en sentido horizontal, el *IVFm* incluye, al menos, una variable en sentido vertical: la altura (Corella *et al.*, 2001; Carreón-Santos y Valdez-Hernández, 2014).

#### Diversidad de especies arbóreas

La riqueza tomó en cuenta el número de especies registradas. Para conocer la diversidad de cada selva, se calcularon los siguientes índices por UM: índice de Shannon-Wiener (*H'*), alfa de Fisher ( $\alpha$ ), índice de Simpson (*S*) y la Equidad (*E*) (Magurran, 2003; Basáñez *et al.*, 2008; López-Toledo *et al.*, 2012). Para determinar si existen diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) en la



diversidad de especies entre cada selva (SBSP, SMP y SAP), se utilizó la prueba de *t* modificada por Hutcheson utilizando las ecuaciones del cuadro 1 (Magurran, 2003; Carreón-Santos y Valdez-Hernández, 2014); además se realizó una prueba Kruskal-Wallis.

**Cuadro 1.** Ecuaciones usadas para calcular *t* modificada según método de Hutcheson.

	Ecuaciones	Variables
Var	$\frac{\sum pi(\ln pi)^2 - (\sum pi \ln pi)^2}{N} - \frac{S - 1}{2N^2}$	Pi = porción de individuos de la especie i S = Número de especies N = Número total de individuos
gl	$\frac{(VarH'_1 + VarH'_2)^2}{\frac{(VarH'_1)^2}{N_1} + \frac{(VarH'_2)^2}{N_2}}$	VarH' <sub>1</sub> = Varianza de la comunidad 1 VarH' <sub>2</sub> = Varianza de la comunidad 2
<i>t</i>	$\frac{(H'_1 - H'_2)}{(VarH'_1 + VarH'_2)^{1/2}}$	H' <sub>1</sub> = Índice de Shannon comunidad 1 H' <sub>2</sub> = Índice de Shannon comunidad 2

Var = varianza, gl = grados de libertad, *t* = *t* calculada

**Para determinar que semejantes fueron cada UM** se utilizó el coeficiente de Sørensen ( $IS = \left[ \frac{2C}{A+B} \times 100 \right]$ ) que se basa en la presencia-ausencia de especies entre dos comunidades (Basáñez *et al.*, 2008), tomando valores entre 0 y 1 significando la menor y mayor semejanza, respectivamente (Zarco *et al.*, 2010); dónde: *A* = número de especies en la comunidad A, *B* = número de especies en la comunidad B, *C* = número de especies comunes en ambas comunidades.

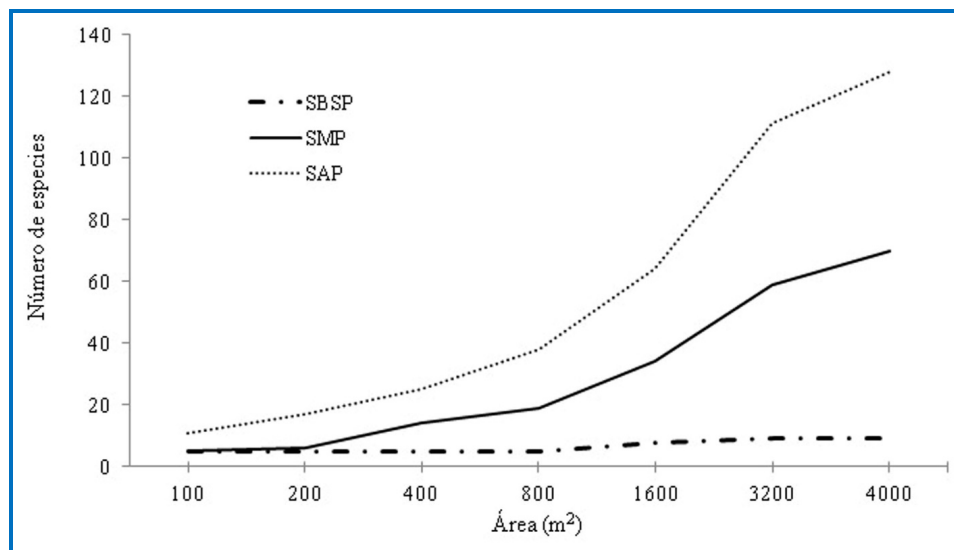
## RESULTADOS

### Composición de especies arbóreas

En los tres tipos de selva se registraron un total de 2 279 individuos de 152 especies arbóreas, pertenecientes a 96 géneros y 51 familias. Tres de las especies se encuentran en la NOM-059-SEMARNAT-2010, dos como amenazadas: *Astronium graveolens* Jacq. y *Calophyllum brasiliense* Cambess, y una en peligro de extinción: *Vatairea lundellii* (Standl.).

En la SBSP se encontraron 506 árboles, nueve especies, siete géneros y seis familias. Las especies más comunes fueron ek' (*Haematoxylum campechianum* L.), meje Shini'ch (*Eugenia gaumeri* Standl.) y shic (*Bonellia macrocarpa* (Cav.) B.Stahl & Källersjö), así como las familias Fabaceae, Primulaceae y Malvaceae. En la SMP se registraron 1 022 árboles de 70 especies en 45 géneros y 38 familias, de las cuales k'an k'anché (*Clusia salvinii* Donn Sm.), mumuche' (*Myriocarpa longipes* Liebm.) y chak'a witz (*Bursera simaruba* (L.) Sarg.) fueron las más frecuentes, así como las familias Rubiaceae, Fabaceae y Lauraceae. En la SAP se registraron 751 árboles, pertenecientes a 128 especies, 70 géneros y 42 familias. Las especies más comunes fueron majas (*Quararibea funebris* Standl.), sak vache (*Guarea glabra* Vahl), ox (*Brosimum alicastrum* Sw.), we'ch (*Dialium guianense* Steud) y yá (*Manilkara zapota* (L.) Van Royen, así como las familias Fabaceae, Sapotaceae, Lauraceae y Moraceae.

El número de especies registradas varió de acuerdo al tipo de selva como se muestra en la figura 2. La curva de acumulación de la riqueza específica en la SMP y SAP no llegó al nivel de la asíntota; sin embargo, la SBSP sí la alcanzó por su baja riqueza de especies, formando un espacio exclusivo para algunas especies.



**Fig. 2.** Curvas especies-área de selvas baja subperennifolia (SBSP), mediana perennifolia (SMP) y alta perennifolia (SAP) del sitio arqueológico “El Mirador”, municipio de Ocosingo, Chiapas.

### Estructura vertical

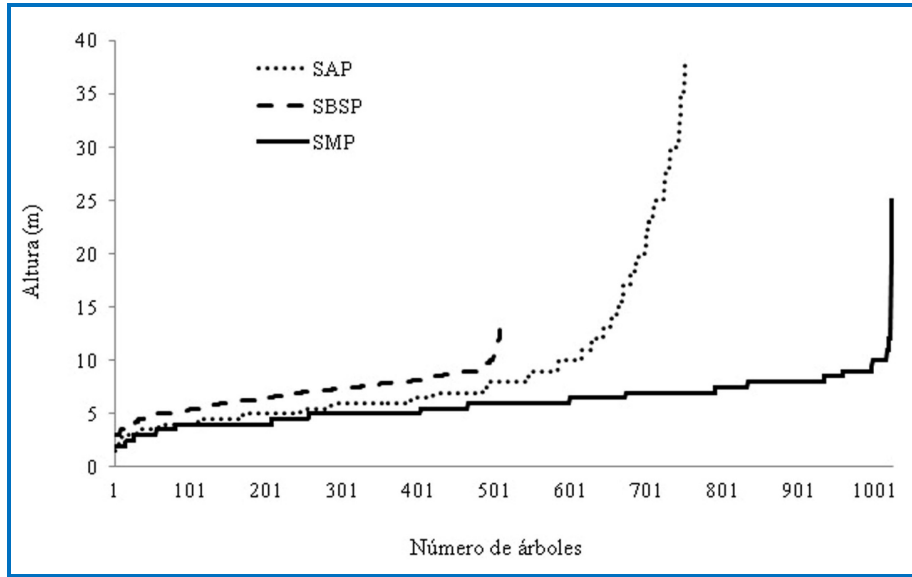
En la figura 3 se aprecia un solo estrato vertical con menos de 12 m de altura en la SBSP, dominado por *H. campechianum* y *Pachira aquatica* Aubl. En la SMP se registraron tres estratos (inferior, intermedio y superior): el estrato inferior con menos de 5 m de altura donde *C. salvinii*, *M. longipes*, *Miconia impetiolaris* (Sw.) D. Don ex DC y *Eugenia acapulcensis* Steud. fueron las más frecuentes; en el intermedio de 5 a 8 m dominaron *C. salvinii*, *M. longipes* y *Pseudobombax ellipticum* (Kunth) Dugand., y en el superior con más de 8 m fueron *D. guianense*, *Manilkara chicle* (Pittier) Gilly, *Terminalia amazonia* (J.F.Gmel.) Exell, *Cecropia obtusifolia* Bertol. y *Heliocarpus appendiculatus* Turcz. En la SAP también se distinguieron tres estratos: inferior con menos de 4 m dominado por *M. longipes*, *Trichilia moschata* Sw, *Rinorea guatemalensis* (S.watson) Bartlett y *Piper psilorhachis* C. DC.; intermedio de 4 a 9 m por *B. alicastrum*, *Cymbopetalum baillonii* R.E.Fr. *Pseudolmedia oxiphyllaria* Donn.Sm. *Psychotria costivenia* Griseb. y *Trophis mexicana* (Liebm.) Bureau; y superior con más de 9 m por *D. guianense*, *T. amazonia*, *C. brasiliense*, *G. glabra*, *M. chicle*, *Nectandra ambigens* (S.F. Blake) C.K.Allen (fig. 3).

### Distribución horizontal

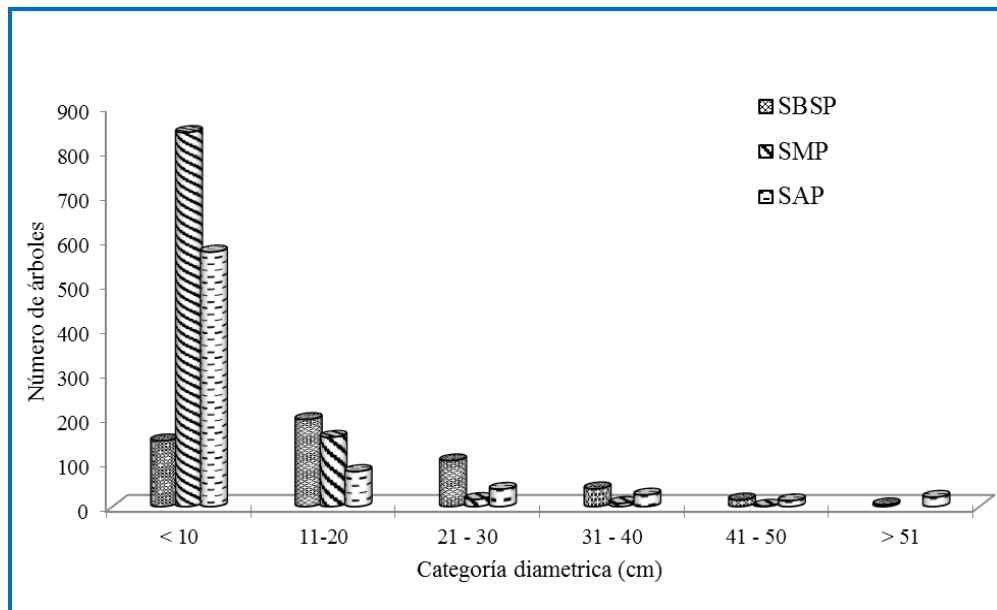
Los valores en DN de la SBSP variaron de 3 a 71.6 cm (media de 17.5 cm), reportando mayor número de individuos en la segunda categoría diamétrica (39% del total registrado) por un bajo porcentaje de sobrevivencia de la repoblación natural, todas las categorías estuvieron dominadas por *H. campechianum* (fig. 4). En la SMP el DN varió de 3 a 50 cm (media de 7.5 cm) y en la SAP de 3 a 108 cm (media de 10.9 cm) (fig. 4). Las primeras categorías diamétricas estuvieron dominadas por *R. guatemalensis*, *P. psilorhachis*, *T. moschata* y *E. acapulcensis*,

mientras que las últimas categorías por *T. amazonia*, *Sebastiania longicuspis* Standl., *Pouteria reticulata* (Engl.) Eyma, *N. ambigens* y *M. zapota*.

Los valores más altos de densidad (2 555 árboles ha<sup>-1</sup>) se obtuvieron en la SMP, mientras que los de área basal (45.2 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>) en la SAP (cuadro 2).



**Fig. 3.** Distribución de frecuencias de altura de árboles en tres tipos de selvas del sitio arqueológico El Mirador, Ocosingo, Chiapas (SAP: selva alta perennifolia; SMP: selva mediana perennifolia; SBSP: selva baja subperennifolia).



**Fig. 4.** Distribución diamétrica de árboles en tres tipos de selvas del sitio arqueológico El Mirador, municipio de Ocosingo, Chiapas (SAP: selva alta perennifolia; SMP: selva mediana perennifolia; SBSP: selva baja subperennifolia).



**Cuadro 2.** Atributos estructurales (At) e índices de diversidad de especies arbóreas con  $DN \geq 3$  cm por unidad de muestreo (1, 2, 3 y 4) en tres tipos de selvas (SBSP, SMP y SAP) del sitio arqueológico El Mirador, municipio de Ocosingo, Chiapas.

At	SBSP				SMP				SAP						
	SBSP1	SBSP2	SBSP3	SBSP4	SMP1	SMP2	SMP3	SMP4	SAP1	SAP2	SAP3	SAP4			
D	1370	1660	1160	870	1265	4540	2120	2740	820	2555	2230	2130	1100	2050	1878
R	5	8	5	6	9	26	24	32	25	70	43	57	36	53	128
AB	34.5	45.6	46.9	43.3	42.58	22.1	13.4	19.8	9.1	16.1	45.8	34.9	41.9	58.1	45.18
Ht	6.2	7.1	7.4	7.4	7.03	6.55	5.47	5.66	5.49	5.79	8.4	7.1	10.8	9.1	8.85
S	1.74	2.44	1.45	1.86	1.87	1.634	7.72	5.12	11.57	6.511	15.67	14.75	16.52	21.94	17.22
$\alpha$	1.02	1.75	1.06	1.46	1.32	5.99	6.96	9.39	12.25	8.65	15.85	25.49	18.63	23.17	20.785
H'	0.85	1.27	0.6	0.92	0.91	1.11	2.41	2.46	2.77	2.19	3.09	3.27	3.06	3.41	3.21
E	0.53	0.61	0.37	0.51	0.51	0.34	0.76	0.71	0.86	0.67	0.82	0.81	0.85	0.86	0.84
V	0.0072	0.0069	0.0076	0.0119	0.0084	0.0062	0.0056	0.0079	0.0108	0.0076	0.0048	0.0073	0.0083	0.0049	0.0063

D = densidad (ind. ha<sup>-1</sup>), R = riqueza de especies, AB = área basal (m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>), Ht = altura media (m), S = índice de Simpson,  $\alpha$  = alfa de Fisher, H' = índice de Shannon, E = equidad y V = varianza.

### Índices de valor de importancia (IVI) y de valor forestal modificado (IVFm)

Las especies arbóreas con más altos valores estructurales fueron las mismas para ambos índices (IVI e IVFm) tanto en la SBSP (cuatro primeras) como en la SAP (cinco primeras), a diferencia de los valores para el IVFm en la SMP que cambiaron no solo el orden de la tercera y cuarta especies sino también la inclusión de una especie distinta en el quinto lugar: *Alseis yucatanensis* Standl. (cuadro 3).

En la SBSP *H. campechianum* presentó los mayores valores estructurales, mientras que en la SMP los mostraron *C. salvinii* y *M. longipes* y en la SAP *B. alicastrum* y *Q. funebris* (cuadro 3).

### Diversidad de especies arbóreas

La diversidad de especies arbóreas fue significativamente ( $p < 0.01$ ) mayor en la SAP ( $H' = 3.21$ ) en comparación con la SMP ( $H' = 2.19$ ) y la SBSP ( $H' = 0.91$ ). La SAP presentó los valores más altos de riqueza ( $R = 36$  a  $57$  especies) y una distribución más equitativa ( $E = 0.81$  a  $0.86$ ) de las especies en las UM que la SMP ( $R = 24$  a  $32$ ;  $E = 0.34$  a  $0.86$ ) y la SBSP ( $R = 5$  a  $8$ ;  $E = 0.37$  a  $0.61$ ). Este orden también coincide con los resultados obtenidos para los índices de Simpson y alfa de Fisher (cuadro 2).

### Semejanza florística

Las UM fueron florísticamente más parecidas en la SBSP ( $IS =$  de  $58.5$  a  $79.9\%$ ) debido a que comparten más especies, que en la SAP ( $IS =$  de  $23.5$  a  $48.1\%$ ) y la SMP ( $IS =$  de  $1.1$  a  $35\%$ ); la comparación SMP-SAP ( $1.4$  a  $10.4\%$ ) fue más semejante en especies que las comparaciones SBSP-SMP ( $0.0$  a  $7.2\%$ ) y SBSP-SAP ( $0.0$  a  $3.1\%$ ) (cuadro 4).

**Cuadro 3.** Especies arbóreas con mayores índices de valor de importancia (IVI) y de valor forestal modificado (IVFm) en tres tipos de selva del sitio arqueológico “El Mirador”, municipio de Ocosingo, Chiapas.

Especies	IVI	Especies	IVFm
<b>Selva baja subperennifolia</b>		<b>Selva baja subperennifolia</b>	
<i>Haematoxylum campechianum</i> L.	193.5	<i>Haematoxylum campechianum</i> L.	158.8
<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	29.7	<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	12.2
<i>Eugenia gaumeri</i> Standl.	26.8	<i>Eugenia gaumeri</i> Standl.	9.8
<i>Bonellia macrocarpa</i> (Cav.) B.Ståhl & Källersjö	18.2	<i>Bonellia macrocarpa</i> (Cav.) B.Ståhl & Källersjö	6.7
<i>Lonchocarpus guatemalensis</i> Benth.	13.9	Especie 1	5.2
cuatro especies restantes	17.9	cuatro especies restantes	7.3
<b>Selva mediana perennifolia</b>		<b>Selva mediana perennifolia</b>	
<i>Clusia salvinii</i> Donn Sm.	54.4	<i>Clusia salvinii</i> Donn Sm	50.2
<i>Myriocarpa longipes</i> Liebm.	29.2	<i>Myriocarpa longipes</i> Liebm.	25.9
<i>Pseudobombax ellipticum</i> (Kunth) Dugand.	15.8	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	10.2
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	15.6	<i>Pseudobombax ellipticum</i> (Kunth) Dugand.	8.8
<i>Hampea nutricia</i> Fryxell	13.5	<i>Alseis yucatanensis</i> Standl.	8.1
65 especies restantes	171.6	65 especies restantes	96.8
<b>Selva alta perennifolia</b>		<b>Selva alta perennifolia</b>	
<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.	37.4	<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.	23.5
<i>Quararibea funebris</i> Standl.	20.7	<i>Quararibea funebris</i> Standl.	15.1
<i>Guarea glabra</i> Vahl.	17.2	<i>Guarea glabra</i> Vahl	13.6
<i>Dialium guianense</i> Steud.	14.2	<i>Dialium guianense</i> Steud.	11.8
<i>Trichilia moschata</i> Sw.	10.6	<i>Trichilia moschata</i> Sw.	8.2
123 especies restantes	199.9	123 especies restantes	127.8

**Cuadro 4.** Valores del coeficiente de Sorensen entre UM para cada tipo de selva y entre tipos de selva para el sitio arqueológico “El Mirador”, municipio de Ocosingo, Chiapas.

UM	SBSP1	SBSP2	SBSP3	SBSP4	SMP1	SMP2	SMP3	SMP4	SAP1	SAP2	SAP3	SAP4
SBSP1	1											
SBSP2	0.799	1										
SBSP3	0.783	0.730	1									
SBSP4	0.598	0.585	0.798	1								
SMP1	0.024	0.046	0.058	0.0	1							
SMP2	0.052	0.058	0.032	0.008	0.285	1						
SMP3	0.018	0.024	0.067	0.010	0.137	0.350	1					
SMP4	0.022	0.027	0.072	0.012	0.011	0.014	0.046	1				
SAP1	0.017	0.0	0.0	0.0	0.044	0.042	0.014	0.018	1			
SAP2	0.031	0.0	0.0	0.0	0.041	0.104	0.019	0.029	0.385	1		
SAP3	0.006	0.0	0.0	0.0	0.048	0.090	0.083	0.046	0.318	0.235	1	
SAP4	0.013	0.0	0.0	0.0	0.046	0.027	0.104	0.056	0.481	0.335	0.324	1

SAP: selva alta perennifolia; SMP: selva mediana perennifolia; SBSP: selva baja subperennifolia.

## DISCUSIÓN

De acuerdo con las clasificaciones de Miranda y Hernández (1963) así como de Pennington y Sarukhán (2005), el sitio arqueológico El Mirador presenta tres tipos de selva: baja subperennifolia (SBSP) (baja inundable según Orozco y Lot, (1976), mediana perennifolia (SMP) y alta perennifolia (SAP); esta variabilidad se considera un reflejo de la conjunción de factores geográficos (ubicación), geológicos, topográficos, climáticos e hidrológicos (CONANP, 2006).

De los resultados obtenidos en este estudio se identificaron 152 especies arbóreas, tres de ellas catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, dos amenazadas: *Astronium graveolens* Jacq. y *Calophyllum brasiliense* Cambess y una en peligro de extinción: *Vatairea lundellii* (Standl.) Record.; por lo que es importante conservar y manejar sustentablemente el área de estudio, protegiendo los monumentos y vestigios arqueológicos de la cultura maya, patrimonio nacional que se encuentra en el sitio (CONANP, 2006).

En el presente estudio se registró mayor riqueza arbórea en comparación con otros trabajos realizados en las selvas de Tabasco por Zarco *et al.* (2010) y Maldonado y Maldonado (2010), de Veracruz por Godínez y López (2002), Villavicencio-Enrique y Valdez-Hernández (2003) y Basáñez *et al.* (2008), así como de Chiapas por López-Toledo *et al.* (2012) (cuadro 5). La mayor riqueza está relacionada por los tipos selvas, formando ecosistemas exclusivas para ciertas especies. En contraste, la riqueza arbórea del presente estudio fue menor al de Vázquez-Negrín *et al.* (2011) en Tenosique, Tabasco, quizás debido a que en éste último se muestreo una mayor superficie de selva alta perennifolia (1 ha).

La SBSP tuvo una baja riqueza arbórea (nueve especies) parecida con lo reportado por Palomeque *et al.* (2011) en Balancán, Tabasco (10 especies) (cuadro 5). Esta baja riqueza se atribuye a una topografía plana que facilita la inundación temporada de lluvias (Díaz-Gallegos *et al.*, 2002), la cual puede alcanzar hasta dos metros de profundidad durante cuatro a seis meses del año en el área del presente estudio; Olmsted y Duran (1986) reportan un metro de profundidad. Esta condición inundable restringe la repoblación y sobrevivencia de otras especies, favoreciendo los mayores valores de importancia y forestal a *H. campechianum* (cuadro 3), especie característica de la SBSP (selva baja inundable) del sureste de México (Tun-Dzul *et al.*, 2008) en general y de Campeche (Martínez y Galindo, 2002) en particular. Ahora bien, si el espesor de la lámina de agua disminuye en el suelo durante los periodos secos, especies como *Cameraria latifolia* L. y *Metopium brownei* (Jacq.) Urb (Díaz-Gallegos *et al.*, 2002), pueden llegar a formar comunidades casi puras en las SBSP (Pennington y Sarukhán, 1998).

En la SMP se registraron 70 especies, similar a lo reportado por Zarco *et al.* (2010) en Macus-pana, Tabasco, con 71 especies (cuadro 5). Las especies *C. salvinii* y *M. longipes* (altos valores de importancia y forestal) así como *Dendropanax arboreus* (L.) Decne. & Planch., *D. guianense*, *M. chicle* y *Pseudobombax ellipticum* (Kunth) Dugand. (bajos valores de importancia y forestal) fueron las mismas que reconocieron Zarco *et al.* (2010) como integrantes de la vegetación primaria en este tipo de selva (Pennington y Sarukhán, 2005). También se registraron *B. simaruba*, *Alseis yucatanensis* Standl., *Spondias mombin* L. y *Cecropia obtusifolia* Bertol., especies de vegetación secundaria (acahual) en el trópico mexicano, concordando con lo mencionado en Veracruz por Godínez y López (2002) y Basáñez *et al.* (2008), en Quintana Roo por Carreón-Santos y Valdez-Hernández (2014), así como en Chiapas por López-Pérez *et al.* (2014).

En la SAP se identificaron 128 especies, cantidad mayor que la encontrada por Maldonado y Maldonado (2010), pero menor con la señalada por Vázquez-Negrín *et al.* (2011) (Cuadro 5). De estas especies las que tuvieron mayores valores de importancia y forestal fueron *B. alicastrum*, *Q. funebris*, *G. glabra* y *D. guianense*, coincidiendo con las reportadas en otros lugares de México por Levy *et al.* (2006), Ochoa *et al.* (2007), Meave *et al.* (2008), Maldonado y Maldonado (2010), y reconocidas como parte de la vegetación primaria en la selva alta perennifolia del trópico mexicano (Pennington y Sarukhán, 2005).

En la SBSP se identificó un solo estrato vertical con dominancia de *H. campechianum* especie que cumple un importante papel como refugio de fauna y fuente de germoplasma florístico González-Marín *et al.* (2008). En las SMP y SAP se observaron tres estratos, igual que lo encontrado para Veracruz (Godínez y López, 2002) y Tabasco (Maldonado y Maldonado, 2010; Vázquez-Negrín *et al.*, 2011), mientras que en el estrato superior las especies dominantes *B. alicastrum* y *D. guianense* y *T. amazonia*, *M. zapota*, características de las selvas altas y medianas perennifolias en México (Pennington y Sarukhan, 2005).

Las distribuciones diamétricas de la SMP y SAP reportaron un mayor número individuos en la primera categoría con una disminución progresiva en las siguientes, indicando una distribución de “J” invertida, patrón que coincide el mencionado para Yucatán (Zamora *et al.*, 2008), Tabasco (Zarco *et al.*, 2010; Vázquez-Negrín *et al.*, 2011) y Chiapas (López-Toledo *et al.*, 2012) sugiriendo una buena repoblación de las especies arbóreas (Carreón-Santos y Valdéz-Hernández, 2014; García-Licona *et al.*, 2014). En comparación, la SBSP mostró una mayor cantidad de individuos en la segunda categoría diamétrica, posiblemente debido a que las condiciones de inundación durante varios meses del año, aunado a la gran cantidad de árboles caídos y muertos en el piso forestal, están impidiendo el establecimiento y supervivencia de la repoblación natural.

En la SBSP se encontró una diversidad arbórea ( $H' = 0.9$ ) comparable a la registrada en otras zonas inundables de Quintana Roo ( $H' = 1.74$ ; González-Marín *et al.*, 2008) y en Tabasco ( $H' = 1.9$ ; Palomeque *et al.*, 2011), coincidiendo con lo mencionado por Dupuy *et al.* (2012) que en las planicies existe una menor diversidad que en los cerros.

En contraste, la SMP mostró tanto una diversidad arbórea comparable a la de otras selvas medianas en Veracruz (Basáñez *et al.*, 2008), Tabasco (Zarco *et al.*, 2010) y Quintana Roo (Carreón-Santos y Valdez-Hernández, 2014) como una diversidad menor a la de selvas subperennifolias en Veracruz (Godínez y López, 2002; Villavicencio-Enríquez y Valdez-Hernández, 2003) y Chiapas (López-Toledo *et al.*, 2012) (cuadro 5). Esto quizás debido a una perturbación que por incendio se presentó hace alrededor de 35 años provocando que la vegetación se encuentre todavía en recuperación.

**Cuadro 5.** Valores de densidad, área basal, riqueza y diversidad de especies arbóreas en diferentes selvas de México.

Tipo de selva	Área de muestreo (ha)	Límite inferior de DN	Densidad (ha <sup>-1</sup> )	Área basal (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	Núm. de especies	Diversidad (H')	Referencia
SMSP	2.95	1	4442	38.6	131	3.3	Godínez y López (2002)
SMSP	0.4	2.5	-	-	66	3.5	Villavicencio-Enríquez y Valdez-Hernández (2003)
SMSP	0.32	4.77	803	76.7	30	2.12	Basáñez <i>et al.</i> (2008)
SAP	0.5	3.1	1084	34.5	51	3.35	Maldonado y Maldonado (2010)
SMP	1	1	3789	-	71	2.53	Zarco <i>et al.</i> (2010)
SAP	1	2.5	4773	-	196	3.58	Vázquez-Negrín <i>et al.</i> (2011)
SMSP	0.18	2.5	2117	35	58	3.12	López-Toledo <i>et al.</i> (2012)
SMSP	0.6	2.5	-	-	-	2.23	Carreón-Santos y Valdez-Hernández (2014)
SBSP	0.4	3	1265	42.58	9	0.91	Presente estudio
SMP	0.4	3	2555	16.1	70	2.19	Presente estudio
SAP	0.4	3	1878	45.2	128	3.21	Presente estudio

SBSP: selva baja subperennifolia; SMSP: selva mediana subperennifolia; SMP: selva mediana perennifolia; SAP: selva alta perennifolia.

La diversidad arbórea en la SAP fue comparable con la de otras selvas altas en Tabasco (Maldonado y Maldonado, 2010; Vázquez-Negrín *et al.*, 2011), no obstante que en al menos uno de esos estudios el área de muestreo fue mayor y el límite inferior de medición del diámetro normal menor (cuadro 5).

Las selvas del presente estudio fueron significativamente diferentes ( $P < 0.05$ ) en sus valores de diversidad arbórea, confirmando lo obtenido por el coeficiente de Sorensen con diferencias florísticas hasta del 99 y 100% entre sus UM. La SBSP presentó mayor semejanza florística entre sus UM se debe a que comparten un elevado número de especies de *H. campechianum*.

## CONCLUSIONES

El sitio arqueológico El Mirador, a pesar de su pequeña superficie (57 ha) presenta tres tipos de selvas, ecosistemas importantes para el hábitat de flora y fauna de la región. En él se identificaron 152 especies arbóreas, tres de ellas se encuentran catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, dos amenazadas y una en peligro de extinción, por ello la importancia de proteger y conservar este lugar.

Los mayores valores de importancia y forestal fueron para *Haematoxylum campechianum* y *Pachira aquatica* en la selva baja subperennifolia, *Clusia salvinii* y *Myriocarpa longipes* en la selva mediana perennifolia, así como para *Brosimum alicastrum* y *Quararibea funebris* en la selva alta perennifolia; indicadoras de la vegetación original de cada tipo de selva y funcionando como bancos de germoplasma para la Selva Lacandona.

Mientras que en la selva baja subperennifolia se identificó un solo estrato vertical y mayor abundancia de individuos en la segunda categoría diamétrica, en las selvas mediana y alta perennifolias se encontraron tres estratos verticales y mayor número de individuos en la primer categoría diamétrica, indicando una buena repoblación de las especies arbóreas en éstas dos últimas selvas, característica ideal para la conservación de la biodiversidad, y un reducido establecimiento o supervivencia en dicha repoblación natural para la primera selva, revelando la necesidad de proponer estrategias para su futuro aumento.

La diversidad de especies arbóreas fue mayor en la selva alta perennifolia que en las selvas mediana perennifolia y baja subperennifolia; en contraste, la semejanza florística fue más alta entre las unidades de muestreo de la selva baja subperennifolia que entre aquella de las selvas alta y mediana perennifolias.

En el presente estudio se identificaron las especies estructuralmente importantes y la composición florística de cada selva, lo cual pretende ser de utilidad para la realización de estudios posteriores que contribuyan a implementar estrategias de conservación, reproducción y aprovechamiento sustentable en cada ecosistema.

## LITERATURA CITADA

- Achard, F.; H.D. Eva, H.J Stibig, P. Mayaux, J. Gallego, T. Richards, y J.P. Malingreau, 2002. "Determination of deforestation rates of the world's humid tropical forest". *Science*, **297**: 999-1002.
- Basáñez, A.J.; J.L. Alanís, y E. Badillo, 2008. "Composición florística y estructura arbórea de la selva mediana subperennifolia del ejido El Remolino, Papantla, Veracruz". *Avances en Investigación Agropecuaria*, **12**(2): 3-21.
- Barajas, M.J.; S.D. Rebollar, y R.M. Echenique, 1979. "Anatomía de maderas de México núm. 2. Veinte especies de la Selva Lacandona". *Biótica*, **4**(4): 163-193.

- Calzada, J.I., y P.E. Valdivia, 1979. "Introducción al estudio de la vegetación de dos zonas de la Selva Lacandona, Chiapas, México". *Biótica*, **4**(4): 149-169.
- Carreón-Santos, R.J., y J.I. Valdez-Hernández, 2014. "Estructura y diversidad arbórea de vegetación secundaria derivada de una selva mediana subperennifolia en Quintana Roo". *Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, **20**(1): 119-130.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), 2006. *Programa de manejo del área de protección de flora y fauna Metzabok*. CONANP, 176 pp.
- Corella, J.F.; H.J.I. Valdez, A.V.M. Cetina, C.F.V. González, S.A. Trinidad, y R.J.R. Aguirre, 2001. "Estructura forestal de un bosque de mangles en el noreste del estado de Tabasco, México". *Rev. Cien. For. en Méx.*, **26**(90): 73-102.
- Curtis, J., y R. Mcintosh, 1951. "An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin". *Ecology*, **32**: 476-496.
- Díaz-Gallegos, J.R.; O. Castillo-Acosta, y G. García-Gil, 2002. "Distribución espacial y estructura arbórea de la selva baja subperennifolia en un ejido de la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche, México". *Universidad y Ciencia*, **18**(35): 11-28.
- Dirzo, R.; A. Aguirre, y J.C. López, 2009. "Diversidad florística de las selvas húmedas en paisajes antropizados". *Investigación ambiental*, **1**(1): 17-22.
- Dupuy, J.M.; J.L. Hernández-Stefanoni, R.A. Hernández-Juárez, E. Tetetla-Rangel, J.O. López-Martínez, E. Leyequién-Abarca, F.J. Tun-Dzul, y F. May-Pat, 2012. "Patterns and correlates of tropical dry forest structure and composition in a highly replicated chronosequence in Yucatán, Mexico". *Biotropica*, **44**: 151-162.
- Escobar-Ocampo, M.C.; y S. Ochoa-Gaona, 2007. "Estructura y composición florística de la vegetación del Parque Educativo Laguna Bélgica, Chiapas, México". *Revista Mexicana de Biodiversidad*, **78**: 391-419.
- García-Licona, J.B.; L.G. Esparza-Olguín, y E. Martínez-Romero, 2014. "Estructura y composición de la vegetación leñosa de selvas en diferentes estadios sucesionales en el ejido El Carmen II, Calakmul, México". *Polibotánica*, **38**: 1-26.
- García M., L.E.; J.I. Valdez H., M. Luna C., y R. López M. 2015. "Estructura y diversidad arbórea en sistemas agroforestales de café en la Sierra de Atoyac, Veracruz". *Madera y Bosques* **21**(3): 69-82.
- Godínez, I.O., y M.L. López, 2002. "Estructura, composición, riqueza y diversidad de árboles en tres muestras de selva mediana subperennifolia". *Anales del Instituto de Biología, UNAM, Serie Botánica*, **73**(2): 283-314.
- González-Marín, R.M.; S. Gallina, S. Mandujano, y M. Weber, 2008. "Densidad y distribución de ungulados silvestres en la reserva ecológica el Edén, Quintana Roo, México". *Acta Zoológica Mexicana*, **24**(1): 73-93.
- Granados-Sánchez, D.; G.F. López-Ríos, y J. Hernández-Solano, 2000. "Estudio integral de la selva Lacandona, Chiapas". *Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, **5**(2): 97-106.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2012. *Guía para la interpretación de cartografía: Uso del suelo y vegetación*. Escala 1:250, 000: Serie IV/Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México: INEGI. 132 pp.
- Levy, T.S.I.; R.R.J. Aguirre, P.J.D. García, y R.M.M. Martínez, 2006. "Aspectos florísticos de Lacanhá Chansayab, Selva Lacandona, Chiapas". *Acta Botánica Mexicana*, **77**: 69-98.
- López-Pérez, D.; O. Castillo-Acosta, J. Zavala-Cruz, y H. Hernández-Trejo, 2014. "Estructura y composición florística de la vegetación secundaria en tres regiones de la Sierra Norte de Chiapas, México". *Polibotánica*, **37**: 1-23.
- López-Toledo, J.F.; J.I. Valdez-Hernández, M.A. Pérez-Farrera, y V.M. Cetina-Alcalá, 2012. "Composición y estructura arbórea de un bosque tropical estacionalmente seco en la Reserva de la Biosfera la Sepultura, Chiapas". *Rev. Mex. Cien. Fo*, **3**(2): 43-56.
- Llorente, B.J., y S. Ocegueda, 2008. *Estado del conocimiento de la biota, en Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. CONABIO, México, 283-322 pp.
- Magurran, A.E., 2003. *Measuring biological diversity*. Oxford, England: Blackwell Publishing. 215 pp.



- Maldonado, S.E.A., y M.F. Maldonado, 2010. "Estructura y diversidad arbórea de una selva alta perennifolia en Tacotalpa, Tabasco, México". *Universidad y Ciencia*, **26**(3): 235-245.
- Martínez, E.; C. Ramos, y F. Chiang, 1994. "Lista florística de Lacandona, Chiapas". *Bol. Soc. Bot. Mex.*, **54**: 99-177.
- Martínez, E., y C. Galindo, 2002. "La vegetación de Calakmul, Campeche, México: Clasificación, descripción y distribución". *Bol. Soc. Bot. Mex.*, **71**: 7-32.
- Meave, C.J.A., 1990. *Estructura y composición de la selva alta perennifolia de los alrededores de Bonampak. Colección Científica*, serie Arqueología, Instituto Nacional de Antropología e Historia, México, DF, 147 pp.
- Meave, C.J.A.; R.M.A. Romero, D.A. Valle, G.A. Rincón, E. Martínez, y C.H. Ramos, 2008. "Plant diversity assessment in the Yaxchilán Natural Monument, Chiapas, México". *Bol. Soc. Bot. Mex.*, **83**: 53-76.
- Miranda, F.G., y X. Hernández, 1963. "Los tipos de vegetación de México y su clasificación". *Bol. Soc. Bot. Mex.*, **28**: 29-179.
- Mora, C.; D.P. Tittensor, S. Adl, A.G.B. Simpson, y B. Worm, 2011. "How Many Species Are There on Earth and in the Ocean?". *PLoS Biol.*, **9**(8): e1001127. doi:10.1371/journal.pbio.1001127.
- Noble, R.I., y R. Dirzo, 1997. "Forests as human-dominated ecosystems". *Science*, **277**: 523-525.
- Ochoa-Gaona, S., y G. Domínguez-Vázquez. 2001. "Distribución y fenología de la flora leñosa de Chajul, Selva Lacandona, Chiapas, México". *Brenesia*, **54**: 1-24.
- Ochoa, G.S.; V.F. Hernández, B.H.J. Jong, y G.F.D. Gurri, 2007. "Pérdida de diversidad florística ante un gradiente de intensificación del sistema agrícola de roza-tumba-quema: un estudio de caso en la selva Lacandona, Chiapas, México". *Bol. Soc. Bot. Mex.*, **81**: 65-80.
- Ochoa, G.S.; C.L.F. Zamora, P.S. Cabrera, V.N.A. González, H.I. Pérez, y M.V. López, 2012. *Flora leñosa útil de la sierra de Tenosique, Tabasco, México*. El Colegio de la Frontera Sur. Proyecto FOMIX CONACYT, estado de Tabasco. 311 pp.
- Ortiz, E.B., y V. Toledo, 1998. "Tendencias en la deforestación de la selva lacandona (Chiapas, México): el caso de las Cañadas". *Interciencia*, **23**: 218-327.
- Palomeque, M.I.; R.I. Contreras, A.O. Castillo, H.J. Canul, C.L. Cámara, T. H. Hernández, P.A.L. García, V.S. Izquierdo, L.C. Zequeira, y C.J. Zavala, 2011. "Vegetación y uso de suelo de la reserva ecológica cascadas de Reforma, Balancán, Tabasco". *Kuxulkab'*, **17**(32): 49-59.
- Pennington, T.D., y J. Sarukhán, 2005. *Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies*, 3a. ed. Universidad Nacional Autónoma de México-Fondo de Cultura Económica, México, 523 pp.
- Quintana-Ascencio P.F.; González-Espinosa, N. Ramírez-Marcial, G. Domínguez-Vázquez, y M. Martínez-Ico, 1996. "Soil seed banks and regeneration of tropical rain forest from milpa fields at the Selva Lacandona, Chiapas, México". *Biotropica*, **28**: 192-209.
- Soberón, J., y J. Llorente, 1993. "The use of species accumulation functions for the prediction of species richness". *Conservation Biology*, **7**: 480-488.
- Ter Steege, H.; Pitman, N. C. A., Killeen, T. J., Laurance, W. F., Peres, C. A., Guevara, J. E., et al., 2015. "Estimating the global conservation status of more than 15,000 Amazonian tree species". *Sci. Adv.*, **1**: e1500936. doi: 10.1126/sciadv.1500936.
- Toledo, V.M., 1988. "La diversidad biológica de Latinoamérica: un patrimonio amenazado". *Ambiente y Desarrollo*, **4**(3): 13-24.
- Trejo, I., y R. Dirzo, 2002. "Floristic diversity of Mexican seasonally dry tropical forests". *Biodiversity and Conservation*, **11**: 2063-2084.
- Tun-Dzul, F.J.; H. Vester, G.R. Durán, y B. Schmook, 2008. "Estructura arbórea y variabilidad temporal del NDVI en los 'bajos inundables' de la Península de Yucatán, México". *Polibotánica*, **25**: 69-90.

**Recibido:**  
11/marzo/2016

**Aceptado:**  
9/marzo/2017

- Vázquez-Negrín, I.; O. Castillo-Acosta, J.I. Valdez-Hernández, J. Zavala-Cruz, y J.L. Martínez-Sánchez, 2011. "Estructura y composición florística de la selva alta perennifolia en el ejido Niños Héroes Tenosique, Tabasco, México". *Polibotánica*, **32**: 41-61.
- Villavicencio-Enríquez, L., y J.I. Valdez-Hernández, 2003. "Análisis de la estructura arbórea del sistema agroforestal rusticano de café en San Miguel, Veracruz, México". *Agrociencia*, **37**: 413-423.
- Wright, S.J, 2010. "The future of tropical forests". *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, **1195**: 1-27.
- Zamora, P.C.; G.G. García, J.S. Flores, y J.J. Ortiz, 2008. "Estructura y composición florística de la selva mediana subcaducifolia en el sur del estado de Yucatán, México". *Polibotánica*, **26**: 33-66.
- Zarco, E.V.M.; H.J.L. Valdez, P.L. Ángeles, y A.O. Castillo, 2010. "Estructura y diversidad de la vegetación arbórea del parque estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco". *Universidad y Ciencia*, **26**(1): 1-17.