

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD ARBÓREA DE VEGETACIÓN SECUNDARIA DERIVADA DE UNA SELVA MEDIANA SUBPERENNIFOLIA EN QUINTANA ROO

TREE STRUCTURE AND DIVERSITY OF SECONDARY VEGETATION DERIVED FROM A SEMI-EVERGREEN TROPICAL FOREST IN QUINTANA ROO

Roy J. Carreón-Santos; Juan I. Valdez-Hernández*

Colegio de Postgraduados, campus Montecillo. km 36.5 carretera México-Texcoco. C. P. 56230. Montecillo, Texcoco, Estado de México. MÉXICO.

Correo-e: ignacio@colpos.mx Tel.: 595 95 202 00 ext. 1471 (* Autor para correspondencia).

RESUMEN

La estructura y diversidad de una selva mediana subperennifolia se analizó en el ejido Andrés Quintana Roo, municipio de Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo. Para ello, se establecieron seis unidades de muestreo de 20 x 50 m (1,000 m²), dos unidades por condición de desarrollo de la selva (edad de la perturbación): a) incendio hace 10 años (C10), b) uso agrícola hace 24 años (C20) y c) uso ganadero hace 33 años (C30). La estructura se caracterizó mediante la distribución diamétrica y de altura de los individuos en cada condición, así como empleando los índices de valor de importancia (IVI) y forestal (IVF). *Pouteria reticulata* fue la especie con mayor IVI y *Ficus* sp. tuvo el mayor IVF, ambas en C10 y C20, mientras que *Bursera simaruba* y *Lysiloma latisiliquum* obtuvieron los mayores IVI e IVF, respectivamente, en C30. La diversidad se evaluó aplicando índices de abundancia proporcional (Shannon: H') y semejanza florística (Sorensen: IS). La diversidad de especies de brinzales, fustales y latizales fue mayor en C10, C30 y C20, respectivamente. Los fustales tuvieron, en promedio, semejanzas florísticas de 60 % entre las condiciones de desarrollo de la selva, mientras que los brinzales y latizales tuvieron menos de 50 %.

PALABRAS CLAVE: Condiciones de desarrollo de la selva, índices estructurales y de diversidad, especies arbóreas.

ABSTRACT

The structure and diversity of a semi-evergreen tropical forest in the Andrés Quintana Roo ejido, located in the municipality of Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo, Mexico, was analyzed. To this end, six sampling units of 20 x 50 m (1,000 m²), two units per tropical forest development condition (age of disturbance), were established: a) forest fire 10 years ago (C10), b) agricultural use 24 years ago (C20) and c) pastoral use 33 years ago (C30). Forest structure was characterized by the diameter and height distribution of individuals in each condition, as well as using the importance value (IVI) and forest value (FVI) indices. *Pouteria reticulata* was the species with the highest IVI and *Ficus* sp. had the highest FVI, both in C10 and C20, while *Bursera simaruba* and *Lysiloma latisiliquum* obtained the highest IVI and FVI, respectively, in C30. Species diversity was evaluated using proportional abundance (Shannon: H') and floristic similarity (Sorensen: IS) indices. Species diversity of seedlings, poles and saplings was higher in C10, C30 and C20, respectively. Poles had on average floristic similarities of 60 % between forest development conditions, while seedlings and saplings had less than 50 %.

KEYWORDS: Tropical forest development conditions, structural and diversity indices, tree species.



Recibido: 16 de junio, 2013
Aceptado: 24 de febrero, 2014
doi: 10.5154/r.rchscfa.2013.06.023
<http://www.chapingo.mx/revistas>

INTRODUCCIÓN

Las selvas se encuentran entre los ecosistemas más ricos, diversos y complejos de la tierra; se localizan en la región intertropical del planeta, desde el nivel del mar hasta los 1,200 m en zonas con temperatura media anual que fluctúa de 24 a 28 °C y precipitación pluvial media anual hasta de 4,000 mm o más en algunas regiones (Leigh, 1999; Whitmore & Sayer, 1992). Las selvas en México se encuentran a lo largo de la vertiente del golfo de México, desde la porción sureste de San Luis Potosí y el norte de Veracruz hasta los estados de Tabasco, Campeche y Quintana Roo, extendiéndose a las porciones norte de Oaxaca y Chiapas por la vertiente del océano Pacífico (Challenger, 1998).

En la actualidad, la vegetación de Quintana Roo comprende un mosaico de selvas con varios patrones estructurales y de diversidad, causados por distintos tipos y grados de perturbación (huracanes, sequías, incendios), con la posibilidad de ser manejadas para dirigir estados de sucesión a diferentes etapas de desarrollo (Martínez-Ramos & García-Orth, 2007; Navarro-Martínez, Durán-García, & Méndez-González, 2012). El proceso de regeneración natural determina qué árboles serán reemplazados. En Quintana Roo, muchas de las especies forestales de valor comercial requieren de luz durante la etapa de establecimiento, por lo que dependen de la apertura de claros ya sea de forma natural o inducida por el hombre (Flachsenberg & Galletti, 1999; Martínez & García, 2008). Los efectos de perturbaciones tanto humanas (extracción forestal) (Cupul, Macario, Navarro, & Bello, 1998; Macario, García, Aguirre, & Hernández, 1995) como naturales (huracanes) (Navarro-Martínez et al., 2012) se han estudiado en las selvas de Quintana Roo; sin embargo, todavía son pocos los trabajos dirigidos al conocimiento de la estructura y diversidad de la vegetación secundaria en diferentes tiempos de abandono, después del uso agrícola y pecuario. Por tanto, y con el propósito de generar parte de esta información, se describieron la estructura y diversidad arbórea de la vegetación secundaria derivada de una selva mediana subperennifolia (*sensu* Pennington & Sarukhán, 2005) en el ejido Andrés Quintana Roo, municipio de Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se establecieron seis unidades de muestreo (UM), dos unidades por cada condición de desarrollo de la selva (edad de la perturbación): a) 10 años (C10, incendio en el año 2002), b) 24 años (C20, uso agrícola hasta 1988) y c) 33 años (C30, uso ganadero hasta 1979).

El tamaño de cada UM fue de 20 x 50 m (1,000 m²) (Villavicencio-Enríquez & Valdez-Hernández, 2003). Las UM se dividieron en 10 cuadros de 10 x 10 m (100 m²); en cada uno de éstos se ubicaron, aleatoriamente, dos cuadros de 4 x 4 m (16 m²) y cinco cuadros de 1 x 1 m (1 m²) (modificado de Téllez-García & Valdez-Hernández, 2012). En los cuadros

INTRODUCTION

Tropical forests are among the richest, most diverse and complex ecosystems on Earth. They are located in the intertropical region of the planet, from sea level to 1,200 m, in areas with mean annual temperatures ranging from 24–28 °C and mean annual rainfall up to 4,000 mm or more in some regions (Leigh, 1999; Whitmore & Sayer, 1992). The tropical forests in Mexico are located along the Gulf of Mexico slope, from the southeastern portion of San Luis Potosí and northern Veracruz to the states of Tabasco, Campeche and Quintana Roo, extending to the northern portions of Oaxaca and Chiapas by the Pacific Ocean slope (Challenger, 1998).

Quintana Roo's vegetation consists of a mosaic of tropical forests with several structural and diversity patterns, caused by different types and degrees of disturbance (hurricanes, droughts, fires), with the possibility of being managed from succession states to different stages of development (Martínez-Ramos & García-Orth, 2007; Navarro-Martínez, Durán-García, & Méndez-González, 2012). The natural regeneration process determines which trees will be replaced. In Quintana Roo, many timber species require light during the establishment phase, so they depend on gaps being opened up, either naturally or by man (Flachsenberg & Galletti, 1999; Martínez & García, 2008). The effects of both human disturbances (logging) (Cupul, Macario, Navarro, & Bello, 1998; Macario, García, Aguirre, & Hernández, 1995) and natural ones (hurricanes) (Navarro-Martínez et al., 2012) have been studied in the tropical forests of Quintana Roo; however, few studies have been aimed at understanding the structure and diversity of secondary vegetation at different times of abandonment, after agricultural and livestock use. Therefore, and in order to generate some of this information, the tree structure and diversity of the secondary vegetation derived from a semi-evergreen tropical forest (*sensu* Pennington & Sarukhán, 2005) in the Andrés Quintana Roo ejido, municipality of Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo, were described.

MATERIALS AND METHODS

Six sampling units (SUs), two units for each forest development condition (age of the disturbance), were established: a) 10 years (C10, forest fire in the year 2002), b) 24 years (C20, agricultural use until 1988) and c) 33 years (C30, livestock use until 1979).

The size of each SU was 20 x 50 m (1,000 m²) (Villavicencio-Enríquez & Valdez-Hernández, 2003). The SUs were divided into squares of 10 x 10 m (100 m²); in each of them, two squares of 4 x 4 m (16 m²) and five squares of 1 x 1 m (1 m²) (modified from Téllez-García & Valdez-Hernández, 2012) were randomly located. In the 100 m² squares, poles (individuals > 2.5 cm in diameter at breast height [DBH]) were

de 100 m² se midieron los fustales (individuos > 2.5 cm de diámetro normal [DN]); en los de 16 m², los latizales (individuos ≥ 1.5 m de altura y hasta 2.5 cm de DN); y en los de 1 m², los brinzales (individuos < 1.5 m de altura) (Interian et al., 2009; Pineda, Valdez, López, Salgado, & Manzano, 2011).

Las variables registradas para determinar la estructura fueron nombre común y científico de las especies, DN con cinta diamétrica, altura total con estadal extendible, y diámetro de copa (mayor y menor) considerando la proyección de la misma sobre el suelo. Con esta información se calcularon los valores de densidad, área basal y cobertura de copa, así como los índices de valor de importancia (IVI) y forestal (IVF). El IVI se calculó para jerarquizar la dominancia de especies en rodales mezclados (Villavicencio-Enríquez, & Valdez-Hernández, 2003):

$$IVI = Dr + Domr + Fr$$

Donde:

Dr = Densidad relativa

Domr = Dominancia relativa (empleando área basal)

Fr = Frecuencia relativa

El *IVF* se estimó con la finalidad de incluir el estrato inferior en plano horizontal (DN), los estratos inferior y superior en plano vertical (altura total) y el estrato superior en plano horizontal (cobertura de copa) (Corella et al., 2001):

$$IVF = DNr + Ar + Cr$$

Donde:

DNr = Diámetro normal relativo

Ar = Altura total relativa

Cr = Cobertura de copa relativa

La estructura vertical de la vegetación se mostró con histogramas definiendo tres estratos (Ugalde-Lezama, Valdez-Hernández, Ramírez-Valverde, Alcántara-Carbajal, & Velázquez-Mendoza, 2009): a) inferior (< 3 m), b) medio (de 3 a 9 m) y c) superior (> 9 m), mientras que la distribución diamétrica consideró siete categorías: < 1 cm, 1 a 10 cm, 11 a 20 cm, 21 a 30 cm, 31 a 40 cm, 41 a 50 cm y > 50 cm.

Por otra parte, la diversidad, equidad y semejanza de las especies arbóreas se determinaron de acuerdo con lo siguiente:

Índice de Shannon-Wiener (*H'*): Grado de incertidumbre para predecir la especie a la que pertenece un individuo tomado al azar en una muestra (Somarriba, 1999).

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

Donde:

measured; in those of 16 m², saplings (individuals ≥ 1.5 m in height and up to 2.5 cm in DBH); and in those of 1 m², seedlings (individuals < 1.5 m in height) (Interian et al., 2009; Pineda, Valdez, López, Salgado, & Manzano, 2011).

The variables recorded to determine the structure were the common and scientific names of the species, DBH with diameter tape, total height with a telescopic pole, and crown diameter (major and minor) considering its projection on the ground. This information was used to calculate the following values: density, basal area, and crown cover, as well as the importance value (IVI) and forest value (FVI) indices. The IVI was calculated to rank species dominance in mixed stands (Villavicencio-Enríquez, & Valdez-Hernández, 2003):

$$IVI = Rd + Rdom + Rf$$

Where:

Rd = Relative density

Rdom = Relative dominance (using basal area)

Rf = Relative frequency

The FVI was estimated in order to include the lower layer in a horizontal plane (DBH), the lower and upper layers in a vertical plane (total height) and the upper layer in a horizontal plane (crown cover) (Corella et al., 2001):

$$FVI = DBHr + Hr + Cr$$

Where:

DBHr = Relative diameter at breast height

Hr = Relative total height

Cr = Relative crown cover

The vegetation's vertical structure was shown with histograms defining three layers (Ugalde-Lezama, Valdez-Hernández, Ramírez-Valverde, Alcántara-Carbajal, & Velázquez-Mendoza, 2009): a) lower (< 3 m), b) medium (3 to 9 m) and c) upper (> 9 m), while the diameter distribution considered seven classes: < 1 cm, 1 to 10 cm, 11 to 20 cm, 21 to 30 cm, 31 to 40 cm, 41 to 50 cm and > 50 cm.

On the other hand, the diversity, equity, and similarity of tree species were determined in accordance with the following:

Shannon-Wiener index (*H'*): Degree of uncertainty in predicting the species to which an individual taken randomly in a sample belongs (Somarriba, 1999).

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

Where:

S = Número de especies

p_i = Proporción de individuos de la especie i

Equidad (E): Proporción de la diversidad observada respecto a la máxima diversidad esperada (Magurran, 2003).

$$E = \frac{H'}{\ln(S)}$$

Donde:

H' = Índice de Shannon

S = Número total de especies

Índice de Sorensen (IS): Relación presencia-ausencia de especies entre dos comunidades (Stiling, 1999).

$$IS = \frac{2C}{A+B} \times 100$$

Donde:

A = Especies en comunidad A

B = Especies en comunidad B

C = Especies comunes A y B

La existencia de diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en la diversidad de especies arbóreas entre las condiciones de desarrollo de la selva (C10, C20 y C30) se determinó con el método de Hutcheson (Magurran, 2003) para calcular t modificada (Cuadro 1).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las mayores densidades de árboles se presentaron en el estrato inferior (< 3 m) de las dos condiciones de desarrollo más tempranas de la selva (C10 y C20) y en el estrato medio (de 3 a 9 m) de la condición más tardía (C30) (Figura 1). La mayor cantidad de individuos por hectárea (91 a 95 %) se concentró

S = Number of species

p_i = Proportion of individuals of species i

Equity (E): Proportion of the observed diversity with respect to the maximum expected diversity (Magurran, 2003).

$$E = \frac{H'}{\ln(S)}$$

Where:

H' = Shannon index

S = Total number of species

Sorensen index (SI): Presence-absence relationship of species between two communities (Stiling, 1999).

$$IS = \frac{2C}{A+B} \times 100$$

Where:

A = Species in community A

B = Species in community B

C = Common species A and B

The existence of significant differences ($P \leq 0.05$) in the diversity of tree species among the forest development conditions (C10, C20 and C30) was determined using the Hutcheson method (Magurran, 2003) to calculate modified t (Table 1).

RESULTS AND DISCUSSION

The highest tree densities occurred in the lower layer (< 3 m) of the two earliest forest development conditions (C10 and C20) and in the medium layer (3 to 9 m) of the later condition (C30) (Figure 1). The largest number of individuals per hectare (91 to 95 %) was concentrated in the lower (< 3

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

Índice	Fórmula	Variables
Varianza	$VarH' = \frac{\sum pi(\ln pi)^2 - (\sum pi \ln pi)^2}{N} - \frac{S-1}{2N^2}$	p_i = Proporción de individuos de la especie i S = Número de especies N = Número total de individuos
Grados de libertad	$gl = \frac{(VarH'_1 + VarH'_2)^2}{(VarH'_1)^2/N_1 + (VarH'_2)^2/N_2}$	$VarH'_1$ = Varianza de la comunidad 1 $VarH'_2$ = Varianza de la comunidad 2 N = Número total de individuos
t calculada	$t = \frac{H'_1 - H'_2}{(VarH'_1 + VarH'_2)^{1/2}}$	H'_1 = Índice de Shannon comunidad 1 H'_2 = Índice de Shannon comunidad 2

TABLE 1. Equations used to calculate modified t according to the Hutcheson method.

Índex	Formula	Variables
Variance	$VarH' = \frac{\sum p_i (\ln p_i)^2 - (\sum p_i \ln p_i)^2}{N} - \frac{S-1}{2N^2}$	p_i = Proportion of individuals of species i S = Number of species N = Total number of individuals
Degrees of freedom	$gl = \frac{(VarH'_1 + VarH'_2)^2}{(VarH'_1)^2/N_1 + (VarH'_2)^2/N_2}$	$VarH'_1$ = Variance of community 1 $VarH'_2$ = Variance of community 2 N = Total number of individuals
Calculated t	$t = \frac{H'_1 - H'_2}{(VarH'_1 + VarH'_2)^{1/2}}$	H'_1 = Shannon index community 1 H'_2 = Shannon index community 2

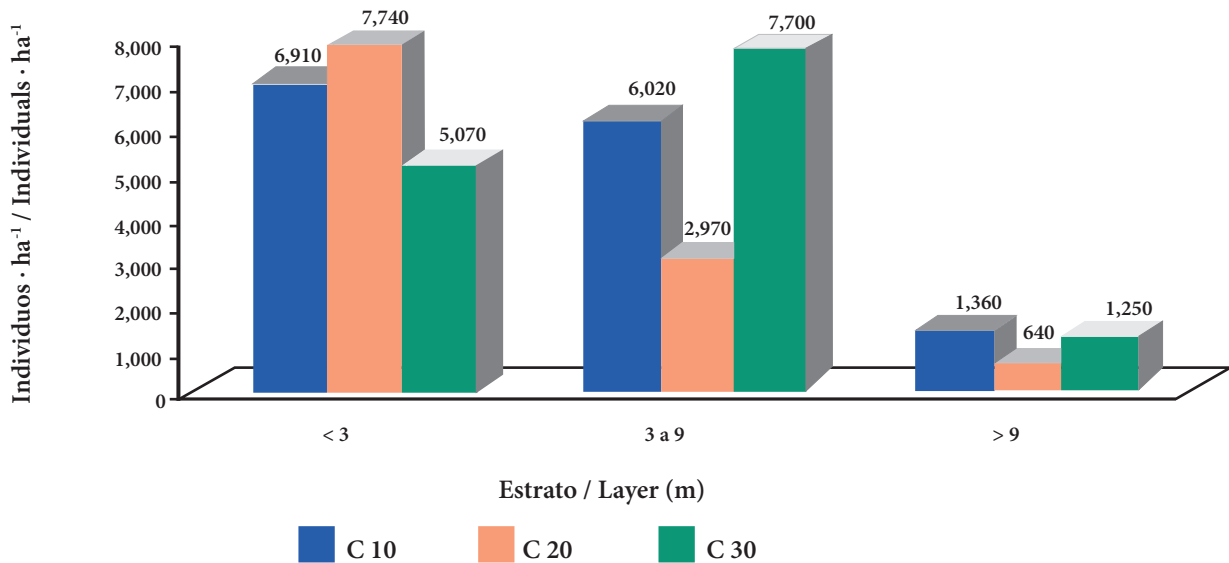


FIGURA 1. Estratificación vertical del componente arbóreo por condición de desarrollo de la selva mediana subperennifolia en el ejido Andrés Quintana Roo (C10 = 10 años, C20 = 24 años, C30 = 33 años).

FIGURE 1. Vertical stratification of the tree component by development condition in the semi-evergreen tropical forest in the Andrés Quintana Roo ejido (C10 = 10 years, C20 = 24 years, C30 = 33 years).

en los estratos inferior (< 3 m) y medio (3 a 9 m), lo cual fue similar a lo obtenido en otras selvas medianas subperennifolias de Veracruz (Godínez-Ibarra & López-Mata, 2002) y Campeche (Gutiérrez, Zamora-Crescencio, & Puc-Garrido, 2013).

m) and medium (3 to 9 m) layers, which was similar to the results obtained in other semi-evergreen tropical forests of Veracruz (Godínez-Ibarra & López-Mata, 2002) and Campeche (Gutiérrez, Zamora-Crescencio, & Puc-Garrido, 2013).

Respecto al DN, la mayor cantidad de individuos se concentró en la categoría diamétrica 1 a 10 cm en las tres condiciones de desarrollo: 60 % en C10, 49 % en C20 y 65 % en C30 (Figura 2). En el resto de las categorías, el número de individuos disminuyó progresivamente sugiriendo una distribución de J invertida, la cual indica una buena repoblación (Sabogal, Castillo, Carrera, & Castañeda, 2001; Sabogal, Castillo, Mejía, & Castañeda, 2001).

Regarding DBH, the largest number of individuals was concentrated in the 1-10 cm diameter class in the three development conditions: 60 % in C10, 49 % in C20 and 65 % in C30 (Figure 2). In the other categories, the number of individuals decreased progressively, suggesting an inverted J distribution, which indicates good repopulation (Sabogal, Castillo, Carrera, & Castañeda, 2001; Sabogal, Castillo, Mejía, & Castañeda, 2001).

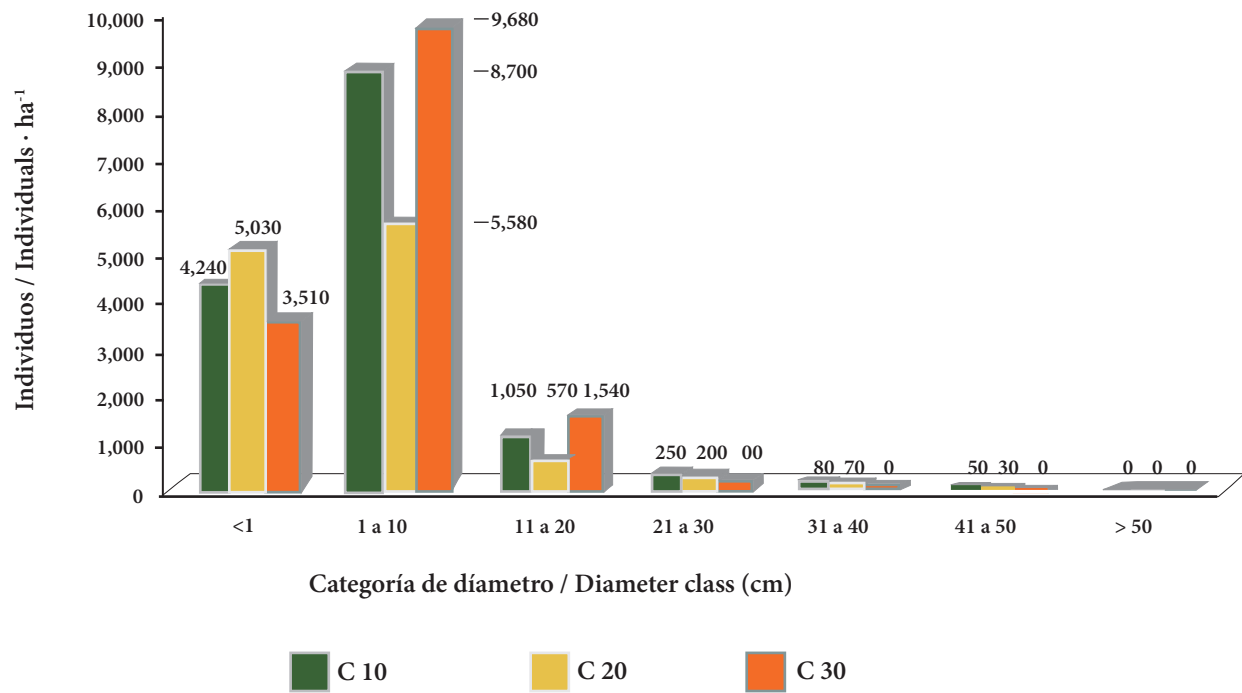


FIGURA 2. Distribución diamétrica del componente arbóreo por condición de desarrollo de la selva mediana subperennifolia en el ejido Andrés Quintana Roo (C10 = 10 años, C20 = 24 años, C30 = 33 años).

FIGURE 2. Diameter distribution of the tree component by development condition in the semi-evergreen tropical forest in the Andrés Quintana Roo ejido (C10 = 10 years, C20 = 24 years, C30 = 33 years).

El análisis de distribución diamétrica mostró que los individuos se concentraron en las categorías más pequeñas (< 1 cm, 1 a 10 cm), lo cual se ha reportado para otras selvas medianas subperennifolias en Veracruz (Godínez-Ibarra & López-Mata, 2002) y Campeche (Zamora-Crescencio et al., 2012). Este resultado indica la existencia de condiciones ecológicas que estimulan la regeneración (Guariguata, 1998) y concuerda con otros estudios donde se menciona la alta capacidad de recuperación de la vegetación secundaria neotropical, sobre todo si las fuentes de propágulos están cercanas y la intensidad en el uso del suelo no fue severa (Guariguata & Ostertag, 2001).

Las especies con mayor IVI fueron *Pouteria reticulata* (Engl.) Eyma, *Manilkara zapota* (L.) Van Royen y *Gymnanthes lucida* Sw. en las condiciones tempranas de desarrollo de la selva (C10 y C20), mientras que *Bursera simaruba* (L.) Sarg, *Piscidia piscipula* (L.) Sarg. y *Lysiloma latisiliquum* (L.) Benth lo fueron en la condición tardía (C30) (Cuadro 2). Se ha reportado que *P. reticulata* (abundante en C10) y *Psidium sartorianum* (O. Berg) Nied (abundante en C20 y C30) forman parte de las selvas medianas subperennifolias de Quintana Roo (Pennington & Sarukhan, 2005). Por otra parte, *B. simaruba*, *P. piscipula* y *L. latisiliquum*, especies con mayor IVI en la condición tardía (C30), han sido mencionadas como parte importante de la vegetación secundaria mayor de 30 años (Levy, Hernández, García, & Castillo, 1991) que siempre están en el dosel (Vester & Navarro, 2007).

Las especies con mayor IVF fueron *Ficus sp.* y *Lonchocarpus yucatanensis* Pittier en las condiciones tempranas de desa-

Diameter distribution analysis showed that individuals were concentrated in the smallest classes (< 1 cm, 1 to 10 cm), which has been reported for other semi-evergreen tropical forests in Veracruz (Godínez-Ibarra & López-Mata, 2002) and Campeche (Zamora-Crescencio et al., 2012). This result indicates the existence of ecological conditions that stimulate regeneration (Guariguata, 1998) and is consistent with other studies which mention the high regenerative power of neotropical secondary vegetation, especially if propagule sources are nearby and land-use intensity was not severe (Guariguata & Ostertag, 2001).

The species with the highest IVI were *Pouteria reticulata* (Engl.) Eyma, *Manilkara zapota* (L.) Van Royen and *Gymnanthes lucida* Sw. in the early forest development conditions (C10 and C20), and *Bursera simaruba* (L.) Sarg, *Piscidia piscipula* (L.) Sarg. and *Lysiloma latisiliquum* (L.) Benth in the late condition (C30) (Table 2). It has been reported that *P. reticulata* (abundant in C10) and *Psidium sartorianum* (O. Berg) Nied (abundant in C20 and C30) form part of the semi-evergreen tropical forests of Quintana Roo (Pennington & Sarukhan, 2005). On the other hand, *B. simaruba*, *P. piscipula* and *L. latisiliquum*, species with the highest IVI in the late condition (C30), have been mentioned as an important part of more than 30-year-old secondary vegetation (Levy, Hernández, García, & Castillo, 1991), as they are always in the canopy (Vester & Navarro, 2007).

The species with the highest FVI were *Ficus sp.* and *Lonchocarpus yucatanensis* Pittier in the early forest development

CUADRO 2. Especies con mayor índice de valor de importancia (IVI) por condición de desarrollo de la selva mediana subperennifolia en el ejido Andrés Quintana Roo.

TABLE 2. Species with the highest importance value (IVI) by development condition in the semi-evergreen tropical forest in the Andrés Quintana Roo ejido.

Especie / Species	IVI
Condición 10 años / 10-year condition (C10)	
<i>Pouteria reticulata</i> (Engl.) Eyma	26.16
<i>Gymnanthes lucida</i> Sw.	22.41
<i>Manilkara zapota</i> (L.) Van Royen	13.45
<i>Plumeria rubra</i> L.	11.68
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	9.69
<i>Metopium brownei</i> (Jacq.) Urban	8.51
<i>Psidium sartorianum</i> (O. Berg) Nied	8.47
<i>Nectandra salicifolia</i> (Kunth) Nees	8.46
<i>Swartzia cubensis</i> (Britton & Wilson) Standley	8.34
<i>Drypetes lateriflora</i> (Swartz) Krug. et Urb	7.95
Condición 24 años / 24-year condition (C20)	
<i>Pouteria reticulata</i> (Engl.) Eyma	50.40
<i>Manilkara zapota</i> (L.) Van Royen	22.15
<i>Brosimum alicastrum</i> Swartz.	13.27
<i>Metopium brownei</i> (Jacq.) Urban	12.46
<i>Psidium sartorianum</i> (O. Berg.) Nied.	12.43
<i>Alseis yucatanensis</i> Standl.	8.82
<i>Gymnanthes lucida</i> Sw.	6.48
<i>Talisia</i> sp. Aubl.	4.84
<i>Drypetes lateriflora</i> (Swartz) Krug. et Urb	4.69
Condición 33 años / 33-year condition (C30)	
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	29.51
<i>Piscidia piscipula</i> (L.) Sarg.	22.65
<i>Lysiloma latisiliquum</i> (L.) Benth	19.34
<i>Coccoloba spicata</i> Lundell	16.96
<i>Psidium sartorianum</i> (O. Berg.) Nied.	15.09
<i>Plumeria rubra</i> L.	14.19
<i>Vitex gaumeri</i> Greenman	11.45
<i>Gymnanthes lucida</i> Sw.	10.25
<i>Nectandra salicifolia</i> (Kunth) Nees.	8.84
<i>Dyospyros cuneata</i> Standl	8.16

rollo de la selva (C10 y C20), mientras que *L. latisiliquum*, *Ficus cotinifolia* Kunth y *Casimiroa tetrameria* Millsp. lo fueron en la condición tardía (C30) (Cuadro 3).

Acorde con el IVI y el IVF, las 10 especies con los valores más altos en cada condición de desarrollo de la selva no coincidieron, con excepción de *L. latisiliquum*, *B. simaruba*

CUADRO 3. Especies con mayor índice de valor forestal (IVF) por condición de desarrollo de la selva mediana subperennifolia en el ejido Andrés Quintana Roo.

TABLE 3. Species with the highest forest value index (FVI) by development condition in the semi-evergreen tropical forest in the Andrés Quintana Roo ejido.

Especie / Species	IVF
Condición 10 años / 10-year condition (C10)	
<i>Ficus</i> sp.	17.47
<i>Guettarda elliptica</i> Sirtz.	13.81
<i>Sabal japa</i> C. Wright. ex Becc.	11.01
<i>Luehea speciosa</i> Willd.	9.69
<i>Cordia dodecandra</i> DC	8.33
<i>Metopium brownei</i> (Jacq.) Urban	7.78
<i>Caesalpinia gaumeri</i> (Britton & Rose) Greenm	7.23
<i>Simarouba glauca</i> DC.	7.13
<i>Swartzia cubensis</i> (Britton & Wilson) Standley	7.00
Condición 24 años / 24-year condition (C20)	
<i>Ficus</i> sp.	21.28
<i>Lonchocarpus yucatanensis</i> Pittier.	18.58
<i>Sideroxylon gaumeri</i> Pitt.	13.91
<i>Lysiloma latisiliquum</i> (L.) Benth.	13.26
<i>Laetia thammia</i> L.	12.40
<i>Plumeria rubra</i> L.	12.14
<i>Cnidocolobus chayamansa</i> McVaugh.	7.93
<i>Coccoloba acapulcensis</i> Standl.	7.00
<i>Pouteria campechiana</i> (HBK.) Baehni	6.97
<i>Trichilia arborea</i> C. DC.	6.62
Condición 33 años / 33-year condition (C30)	
<i>Lysiloma latisiliquum</i> (L.) Benth	13.94
<i>Ficus cotinifolia</i> Kunth	12.77
<i>Casimiroa tetrameria</i> Millsp.	12.25
<i>Platymiscium yucatanum</i> St.	7.28
<i>Caesalpinia gaumeri</i> (Britton & Rose) Greenm.	6.63
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	6.48
<i>Sabal japa</i> C. Wright. ex Becc.	6.24
<i>Thouinia paucidentata</i> Radlk.	6.04
<i>Vitex gaumeri</i> Greenman	5.85

conditions (C10 and C20), and *L. latisiliquum*, *Ficus cotinifolia* Kunth and *Casimiroa tetrameria* Millsp. in the late condition (C30) (Table 3).

In accordance with the IVI and FVI, the 10 species with the highest values in each forest development condition did not coincide, with the exception of *L. latisiliquum*, *B. simaruba* and *Vitex gaumeri* Greenman in C30 and *Swartzia cubensis*

CUADRO 4. Densidad arbórea en la selva mediana subperennifolia del ejido Andrés Quintana Roo.

TABLE 4. Tree density in the semi-evergreen tropical forest in the Andrés Quintana Roo ejido.

Especie / Species	Brinzales (individuos-ha ⁻¹) / Seedlings (individuals-ha ⁻¹)	Latizales (individuos-ha ⁻¹) / Saplings (individuals-ha ⁻¹)	Fustales (individuos-ha ⁻¹) / Poles (individuals-ha ⁻¹)
<i>Pouteria reticulata</i> (Engl.) Eyma	7,533	156	310
<i>Psidium sartorianum</i> (O. Berg) Nied.	6,266	242	
<i>Gymnanthes lucida</i> Sw.	3,066	164	258
<i>Nectandra salicifolia</i> (Kunth) Nees.	3,066	148	
<i>Dyospyros cuneata</i> Standl	1,666		76
<i>Psychotria undata</i> Jacq.	1,400	41	
<i>Brosimum alicastrum</i> Swartz.	1,166		
<i>Plumeria rubra</i> L.	1,066	72	226
<i>Randia truncata</i> Greenm. & C.H. Thomps	1,000		
<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Decne. & Planch.		117	
<i>Manilkara zapota</i> (L.) Van Royen		49	116
<i>Coccoloba spicata</i> Lundell		40	165
<i>Bunchosia glandulosa</i> (Cav.) DC.		49	
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.			200
<i>Piscidia piscipula</i> (L.) Sarg.			173
<i>Thouinia paucidentata</i> Radlk.			108
<i>Hippocratea</i> <i>celastroides</i> Kunth			80

y *Vitex gaumeri* Greenman en C30 y de *Swartzia cubensis* (Britton & Wilson) Standley en C10. Esto puede deberse a que el IVF emplea variables que consideran no sólo el plano vertical (altura total) sino también el horizontal al nivel del estrato superior (cobertura de copa); en contraste, el IVI solamente incluye variables en el plano horizontal al nivel del estrato inferior (López-Toledo, Valdez-Hernández, Pérez-Farrera, & Cetina-Alcalá, 2012; Zarco, Valdez, Ángeles, & Castillo, 2010).

En el Cuadro 4 se muestran las densidades de brinzales, latizales y fustales. Las especies *P. reticulata*, *P. sartorianum* y *Nectandra salicifolia* (Kunth) Nee representaron la mayor densidad de brinzales y latizales. Esto concuerda con lo reportado para otra selva mediana subperennifolia de Quintana Roo, después del aprovechamiento forestal selectivo (Cupul et al., 1998), lo cual sugiere una posible convergencia en la composición florística de la repoblación como resultado de las perturbaciones humanas.

(Britton & Wilson) Standley in C10. This may be because the FVI uses variables that not only consider the vertical plane (total height) but also the horizontal one at the upper layer level (canopy cover); by contrast, the IVI only included variables in the horizontal plane at the lower layer level (López-Toledo, Valdez-Hernández, Pérez-Farrera, & Cetina-Alcalá, 2012; Zarco, Valdez, Ángeles, & Castillo, 2010).

Table 4 shows the densities of seedlings, saplings and poles. The species *P. reticulata*, *P. sartorianum* and *Nectandra salicifolia* (Kunth) Nee had the highest density of seedlings and saplings. This is consistent with the findings reported for another semi-evergreen tropical forest in Quintana Roo, after selective logging (Cupul et al., 1998), which suggests a possible convergence in the floristic composition of the repopulation as a result of human disturbances.

Poles had higher species diversity and equity in the late forest development condition (C30), whereas in seedlings these

CUADRO 5. Riqueza, diversidad, equidad y varianza de especies por condición de desarrollo de la selva mediana subperennifolia en el ejido Andrés Quintana Roo.

	Condición		
	10 años (C10)	24 años (C20)	33 años (C30)
Brinzales			
Número de especies	40.50	41.00	24.00
Shannon (H')	2.94	2.81	2.41
Equidad (E)	0.79	0.76	0.76
Varianza ($Var H'$)	0.00	0.00	0.00
Fustales			
Número de especies	54.50	48.00	52.00
Shannon (H')	3.26	3.23	3.33
Equidad (E)	0.82	0.76	0.84
Varianza ($Var H'$)	0.00	0.00	0.00
Latizales			
Número de especies	29.00	35.00	22.00
Shannon (H')	2.78	2.88	2.41
Equidad (E)	0.83	0.81	0.78
Varianza ($Var H'$)	0.00	0.00	0.01

Los fustales tuvieron mayor diversidad y equidad de especies en la condición tardía de desarrollo de la selva (C30), mientras que en los brinzales, dichos índices fueron superiores en la condición temprana (C10). Los latizales tuvieron mayor diversidad y equidad de especies en la condición intermedia (C20) y temprana (C10), respectivamente (Cuadro 5).

Las diferencias en la diversidad de especies fueron altamente significativas en los brinzales ($P < 0.001$) y latizales ($P < 0.01$) entre las condiciones intermedia y tardía, así como temprana y tardía, mientras que en los fustales, las diferencias no fueron significativas ($P > 0.05$) entre las condiciones estudiadas. Esto se apoya con los resultados obtenidos en los valores del coeficiente de Sorensen, donde los brinzales y latizales compartieron en promedio menos de 50 % de las especies entre las condiciones de desarrollo, en comparación con los fustales que compartieron en promedio alrededor de 60 % (Cuadro 6)

En comparación con otras selvas medianas subperennifolias de México, la diversidad de especies arbóreas en el ejido Andrés Quintana Roo ($H' = 3.27$) fue mayor que la obtenida en Papantla, Veracruz ($H' = 2.12$; Basañez, Alanís, & Badillo, 2008) y en Hampolol, Campeche ($H' = 2.28$; Gutiérrez et al., 2013), pero fue similar a la registrada en Vega de Alatorre, Veracruz ($H' = 3.30$; Godínez-Ibarra & López-Mata, 2002) y Calakmul, Campeche ($H' = 3.29$; Zamora-Crescencio et al., 2012).

La riqueza y diversidad de especies de latizales fue mayor en la condición 20 años de desarrollo de la selva, en concor-

TABLE 5. Species richness, diversity, equity, and variance by development condition in the semi-evergreen tropical forest in the Andrés Quintana Roo ejido.

	Condition		
	10 years (C10)	24 years (C20)	33 years (C30)
Seedlings			
Number of species	40.50	41.00	24.00
Shannon (H')	2.94	2.81	2.41
Equity (E)	0.79	0.76	0.76
Variance ($Var H'$)	0.00	0.00	0.00
Poles			
Number of species	54.50	48.00	52.00
Shannon (H')	3.26	3.23	3.33
Equity (E)	0.82	0.76	0.84
Variance ($Var H'$)	0.00	0.00	0.00
Saplings			
Number of species	29.00	35.00	22.00
Shannon (H')	2.78	2.88	2.41
Equity (E)	0.83	0.81	0.78
Variance ($Var H'$)	0.00	0.00	0.01

indices were higher in the early condition (C10). Saplings had higher species diversity and equity in the intermediate (C20) and early (C10) conditions, respectively (Table 5).

Differences in species diversity were highly significant in seedlings ($P < 0.001$) and saplings ($P < 0.01$) between the intermediate and early conditions, as well as early and late, whereas in poles the differences were not significant ($P > 0.05$) between the conditions studied. This is supported by the results obtained in the Sorensen coefficient values, where seedlings and saplings shared on average less than 50 % of the species between the development conditions, compared to poles that shared on average about 60 % (Table 6).

Compared to other semi-evergreen tropical forests in Mexico, the diversity of tree species in the Andrés Quintana Roo ejido ($H' = 3.27$) was higher than that obtained in Papantla, Veracruz ($H' = 2.12$; Basañez, Alanís, & Badillo, 2008) and in Hampolol, Campeche ($H' = 2.28$; Gutiérrez et al., 2013), but was similar to that recorded in Vega de Alatorre, Veracruz ($H' = 3.30$; Godínez-Ibarra & López-Mata, 2002) and Calakmul, Campeche ($H' = 3.29$; Zamora-Crescencio et al., 2012).

Sapling species richness and diversity was higher in the 20-year forest development condition, in concordance with the intermediate disturbance hypothesis suggested to explain tree diversity in tropical areas (Sheil & Burslem, 2003; Ugalde-Lezama et al., 2010). Pole species equity was greater in the 30-year condition, coinciding with late forest succession stages (Van der Wall, 1998).

CUADRO 6. Valores del coeficiente de Sorensen, grados de libertad y t calculada entre las condiciones de desarrollo de la selva mediana subperennifolia en el ejido Andrés Quintana Roo.

	Comparación entre condiciones		
	C10-C20	C20-C30	C10-C30
Brinzales			
Sorensen (IS)	48.00	41.70	47.60
Grados de libertad (gl)	467.80	397.50	376.40
t calculada (t _c)	1.11 ns	3.47***	4.55***
Fustales			
Sorensen (IS)	60.70	58.50	63.60
Grados de libertad (gl)	380.90	300.40	721.10
t calculada (t _c)	0.32 ns	1.09 ns	0.94 ns
Latizales			
Sorensen (IS)	57.60	33.50	46.00
Grados de libertad (gl)	272.00	168.30	155.80
t calculada (t _c)	0.83 ns	3.11**	2.48**

Significancia estadística: ns = $P > 0.05$; ** $P < 0.01$; *** $P < 0.001$

dancia con la hipótesis de perturbación intermedia sugerida para explicar la diversidad arbórea en zonas tropicales (Sheil & Burslem, 2003; Ugalde-Lezama et al., 2010). La equidad de especies de fustales fue mayor en la condición 30 años, en coincidencia con etapas tardías de la sucesión en selvas (Van der Wall, 1998).

Conocer la estructura y diversidad de los árboles tropicales es importante para apoyar la selección de tratamientos silvícolas y la presentación de estudios de manejo forestal que beneficien a las zonas con aprovechamiento maderable (Granados, López, & Trujillo, 1997). Al respecto, es posible utilizar los resultados de la presente investigación para una mejor definición de algunos aspectos silvícolas en el área de estudio; por ejemplo, el ciclo de corta usado en especies maderables. En el caso de los bosques en producción de Quintana Roo se determinó que la duración del ciclo de corta fuera de 25 años (Keyes, 1998; Rebollar, Santos, & Sánchez, 2002); sin embargo, y de acuerdo con los resultados obtenidos en el presente estudio, se sugiere aumentar la duración del ciclo a 33 años. Esta recomendación se basa en que *L. latisiliquum*, *B. simaruba* y *P. piscipula*, especies de importancia maderable, obtuvieron los mayores valores estructurales en la condición tardía de desarrollo de la selva (C30). Esto coincide con lo reportado para selvas secundarias en Panamá y Costa Rica, donde la densidad de árboles y proporción de especies leñosas tardías incrementaron significativamente con un

TABLE 6. Sorensen coefficient, degrees of freedom and calculated t values for the development conditions in the semi-evergreen tropical forest in the Andrés Quintana Roo ejido.

	Comparison between conditions		
	C10-C20	C20-C30	C10-C30
Seedlings			
Sorensen (IS)	48.00	41.70	47.60
Degrees of freedom (gl)	467.80	397.50	376.40
Calculated t (t _c)	1.11 ns	3.47***	4.55***
Poles			
Sorensen (IS)	60.70	58.50	63.60
Degrees of freedom (gl)	380.90	300.40	721.10
Calculated t (t _c)	0.32 ns	1.09 ns	0.94 ns
Saplings			
Sorensen (IS)	57.60	33.50	46.00
Degrees of freedom (gl)	272.00	168.30	155.80
Calculated t (t _c)	0.83 ns	3.11**	2.48**

Statistical significance: ns = $P > 0.05$; ** $P < 0.01$; *** $P < 0.001$

Knowing the structure and diversity of tropical trees is important to support the selection of silvicultural treatments and the presentation of forest management studies that benefit areas with timber harvesting (Granados, López, & Trujillo, 1997). In this regard, the results of this research can be used to better define some silvicultural aspects in the study area, such as the cutting cycle used in timber species. For production forests in Quintana Roo, it was determined that the length of the cutting cycle was 25 years (Keyes, 1998; Rebollar, Santos, & Sánchez, 2002); however, and in accordance with the results of this study, we suggest increasing the cycle time to 33 years. This recommendation is based on the fact that *L. latisiliquum*, *B. simaruba* and *P. piscipula*, important timber species, obtained the highest structural values in the late forest development condition (C30). This is consistent with the findings reported for tropical secondary forests in Panama and Costa Rica, where tree density and proportion of late woody species increased significantly the longer the fallow period (Chazdon, 2013; DeWalt, Maliakal, & Denslow, 2003).

CONCLUSIONS

The tree species with the highest IVI and FVI structural values were *P. reticulata* and *Ficus* sp., respectively, both species in the 10-year (C10) and 20-year (C20) forest development conditions, whereas *B. simaruba* and *Lysiloma latisiliquum* had the highest IVI and FVI, respectively, in the 30-year con-

tiempo mayor de descanso de los terrenos (Chazdon, 2013; DeWalt, Maliakal, & Denslow, 2003).

CONCLUSIONES

Las especies arbóreas con mayores valores estructurales IVI e IVF fueron *P. reticulata* y *Ficus* sp., respectivamente, ambas especies en las condiciones 10 años (C10) y 20 años (C20) de desarrollo de la selva; mientras que *B. simaruba* y *Lysiloma latisiliquum* tuvieron los mayores IVI e IVF, respectivamente, en la condición de 30 años (C30). La diversidad y equidad de especies que conformaron los fustales fueron mayores en la condición tardía de desarrollo de la selva (C30); en contraste, los brinzales tuvieron los valores más altos de diversidad y equidad en la condición temprana (C10). La diversidad y equidad de especies de los latizales fueron superiores en la condición intermedia (C20) y en la temprana (C10), respectivamente. Los resultados obtenidos en el presente trabajo pueden ser de utilidad en la modificación de algunos aspectos silvícolas en el área de estudio; por ejemplo, el ciclo de corta aplicado en especies de importancia maderable.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), al Colegio de Postgraduados (COLPOS) campus Montecillo, al comisariado del ejido Andrés Quintana Roo y a los revisores de la Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente.

REFERENCIAS

- Basañez, A. J., Alanís, J. L., & Badillo, E. (2008). Composición florística y estructura arbórea de la selva mediana subperennifolia del ejido "El Remolino" Papanla, Veracruz. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 12(2), 3–21. Obtenido de <http://www.uco.mx/reviaia/portal/pdf/2008/mayo/1.pdf>
- Challenger, A. (1998). Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México: Pasado, presente y futuro. México, D. F.: CONABIO-Instituto de Biología, UNAM-Agrupación Sierra Madre S. C.
- Chazdon, R. L. (2013). Tropical forest regeneration. In S. A. Levin (Ed.), *Encyclopedia of Biodiversity* (pp. 277–286). Waltham, MA, USA: Academic Press. doi: 10.1016/B978-0-12-384719-5.00377-4
- Corella, J. F., Valdez, H. J. I., Cetina, A. V. M., González, C. F. V., Trinidad, S. A., & Aguirre, R. J. R. (2001). Estructura forestal de un bosque de mangles en el noreste del estado de Tabasco, México. *Revista Ciencia Forestal en México*, 26(90), 73–102. Obtenido de <http://www.revistasinifap.org.mx/index.php/Forestales/article/view/38>
- Cupul, N. E., Macario, M. P., Navarro, M. A., & Bello, B. E. (1998). Regeneración de la selva mediana subperennifolia después del aprovechamiento forestal selectivo en el ejido "X-Hazil y Anexos", Quintana Roo. *Revista Ciencia Forestal en México*, 23(83), 67–79. Obtenido de <http://www.revistasinifap.org.mx/index.php/Forestales/article/view/2329>
- DeWalt, S. J., Maliakal, S. K., & Denslow, J. S. (2003). Changes in vegetation structure and composition along a tropical forest chronosequence: Implications for wildlife. *Forest Ecology and Management*, 182(1-3), 139–151. doi:10.1016/S0378-1127(03)00029-X
- Flachsenberg, H., & Galletti, H. (1999). El manejo forestal de la selva en Quintana Roo, México. México: Siglo XXI.
- Godínez-Ibarra, O., & López-Mata, L. (2002). Estructura, composición, riqueza y diversidad de árboles en tres muestras de selva mediana subperennifolia. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica*, 73(2), 283–314. Obtenido de <http://www.ejournal.unam.mx/bot/073-02/BOT73206.pdf>
- Granados, S. D., López, R. G. F., & Trujillo, M. E. (1997). Selva maya de Quintana Roo. *Ciencia*, 48(2), 36–52.
- Guariguata, M. R. (1998). Consideraciones ecológicas sobre la regeneración natural aplicada al manejo forestal. Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Guariguata, M. R., & Ostertag, R. (2001). Neotropical secondary forest succession: Changes in structural and functional characteristics. *Forest Ecology and Management*, 148(1-3), 185c206. doi: 10.1016/S0378-1127(00)00535-1
- Gutiérrez, B. C., Zamora-Crescencio, P., & Puc-Garrido, E. C. (2013). Estructura y composición florística de la selva mediana subperennifolia de Hampolol, Campeche, México. *Foresta Veracruzana*, 15(1), 1–8. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/497/49728291001.pdf>
- Interian-Ku, V. M., Valdez-Hernández, J. I., García-Moya, E., Romero-Manzanares, A., Borja-De la Rosa, M. A., & Vaquera-Huerta, H. (2009). Arquitectura y morfometría de dos especies arbóreas en una selva baja caducifolia del sur de Yucatán, México.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank the Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), the Montecillo campus of the Colegio de Postgraduados (COLPOS), the commission responsible for the Andrés Quintana Roo ejido and the reviewers of the Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente.

End of English Version

- Boletín de la Sociedad Botánica de México, 85, 17–29. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57712090003>
- Keyes, H. M. R. (1998). Cultura forestal en Quintana Roo, México; observaciones y perspectivas. *Madera y Bosques*, 4(1), 3–13. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61740102>
- Leigh, E. G. Jr. (1999). *Tropical forest ecology: A view from Barro Colorado Island*. New York, USA: Oxford University Press.
- Levy, T. S., Hernández, X. E., García, M. E., & Castillo, M. A. (1991). Sucesión secundaria bajo roza-tumba-quema en Yucatán. *Agrociencia serie Recursos Naturales Renovables*, 1(3), 7–24.
- López-Toledo, J. F., Valdez-Hernández, J. I., Pérez-Farrera, M. A., & Cetina-Alcalá, V. M. (2012). Composición y estructura arbórea de un bosque tropical estacionalmente seco en la Reserva de la Biósfera la Sepultura, Chiapas. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 3(12), 43–56. Obtenido de <http://www.revistasinifap.org.mx/index.php/Forestales/article/view/1847>
- Macario, M. P. A., García, M. E., Aguirre, R. J. R., & Hernández, X. E. (1995). Regeneración natural de especies arbóreas en una selva mediana subperennifolia perturbada por extracción forestal. *Acta Botánica Mexicana*, 32, 11–23. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57403202>
- Magurran, A. E. (2003). *Measuring biological diversity*. Oxford, England: Blackwell Publishing.
- Martínez-Ramos, M., & García-Orth, X. (2007). Sucesión ecológica y restauración de las selvas húmedas. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 80, 69–84. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57708008>
- Martínez, R. M., & García, O. X. (2008). Demografía de plantas y regeneración de selvas en campos degradados. In L. R. Sánchez-Velásquez, J. Galindo-González, & F. Díaz-Fleischer (Eds.), *Ecología, manejo y conservación de los ecosistemas de montaña en México* (pp. 73–92). México, D. F.: CONABIO, Universidad Veracruzana, Mundi-Prensa.
- Navarro-Martínez, A., Durán-García, R., & Méndez-González, M. (2012). El impacto del huracán Dean sobre la estructura y composición arbórea de un bosque manejado en Quintana Roo, México. *Madera y Bosques*, 18(1), 57–76. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61724713005>
- Pennington, T. D., & Sarukhán, J. (2005). *Arboles tropicales de México: Manual para la identificación de las principales especies* (3a ed.). México, D. F.: UNAM, Fondo de Cultura Económica.
- Pineda, H. E., Valdez, H. J. I., López, L. M. A., Salgado, U. I. H., & Manzano, M. F. (2011). Arquitectura de dos especies arbóreas en una selva alta perennifolia de Oaxaca. In A. R. Endara A., A. Mora S., & J. I. Valdez H. (Eds.), *Bosques y árboles del trópico mexicano: Estructura, crecimiento y usos* (pp. 23–36). Zapopan, Jalisco: Universidad de Guadalajara, CUCBA.
- Rebollar, D. S., Santos, J. V., & Sánchez, A. R. L. (2002). Estrategias de recuperación de selvas en dos ejidos de Quintana Roo, México. *Madera y Bosques*, 8(1), 19–38. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61789902>
- Sabogal, C., Castillo, A., Carrera, F., & Castañeda, A. (2001). Aprovechamiento mejorado en bosques de producción forestal: Estudio de caso Los Filos, Río San Juan, Nicaragua. Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Sabogal, C., Castillo, A., Mejía, A., & Castañeda, A. (2001). Aplicación de un tratamiento silvicultural experimental en un bosque de La Lupe, Río San Juan, Nicaragua. Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Sheil, D., & Burslem, D. (2003). Disturbing hypotheses in tropical forests. *Trends in Ecology and Evolution*, 18(1), 18–26. doi: 10.1016/S0169-5347(02)00005-8
- Somarriba, E. (1999). Diversidad Shannon. *Revista Agroforestería en las Américas*, 6(23), 72–74.
- Stiling, P. (1999). *Ecology; theories and applications* (3rd ed.). New Jersey, USA: Prentice Hall.
- Téllez-García, C. P., & Valdez-Hernández, J. I. (2012). Caracterización estructural del manglar en el estero Palo Verde, laguna de Cuyutlán, Colima. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 18(3), 395–408. doi:10.5154/r.rchscfa.2010.11.101
- Ugalde-Lezama, S., Valdez-Hernández, J. I., Ramírez-Valverde, G., Alcántara-Carbajal, J. L., & Velázquez-Mendoza, J. (2009). Distribución vertical de aves en un bosque templado con diferentes niveles de perturbación. *Madera y Bosques*, 15(1), 5–26. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61712185001>
- Ugalde-Lezama, S., Alcántara-Carbajal, J. L., Valdez-Hernández, J. I., Ramírez-Valverde, G., Velázquez-Mendoza, J., & Tarango-Arámbula, L. A. (2010). Riqueza, abundancia y diversidad de aves en un bosque templado con diferentes condiciones de perturbación. *Agrociencia*, 44(2), 159–169. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v44n2/v44n2a4.pdf>
- 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. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61709808>
- Van der Wal, H. (1998). *Chinantec shifting cultivation and secondary vegetation. A case-study on secondary vegetation resulting from indigenous shifting cultivation in the Chinantla, México*. Wageningen, The Netherlands: BOS Foundation, Organization for International Forestry Cooperation.
- Vester, H. F. M., & Navarro, M. A. (2007). *Arboles maderables de Quintana Roo*. Chetumal, Quintana Roo: Consejo Quintanarroense de Ciencia y Tecnología, Gobierno del estado de Quintana Roo.
- Villavicencio-Enríquez, L., & Valdez-Hernández, J. I. (2003). Análisis de la estructura arbórea del sistema agroforestal rusticano de café en San Miguel, Veracruz, México. *Agrociencia*, 37(4), 413–423. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30237410>
- Whitmore, T. C., & Sayer, J. A. (1992). Deforestation and species extinction in tropical forest. In T. C. Whitmore, & J. A. Sayer (Eds.), *Tropical deforestation and species extinction* (pp. 1–14). London, UK: Chapman & Hall.
- Zamora-Crescencio, P., Gutiérrez-Báez, C., Folan, W. J., Domínguez-Carrasco, M. R., Villegas, P., Cabrera-Mis, G., Castro-Angulo, C. M., & Carballo, J. C. (2012). La vegetación leñosa del sitio arqueológico de Oxpemul, municipio de Calakmul, Campeche, México. *Polibotánica*, 33, 131–150. Obtenido de <http://www.herbario.encb.ipn.mx/pb/pdf/pb33/vege.pdf>
- Zarco-Espinoza, V. M., Valdez-Hernández, J. I., Ángeles-Pérez, G., & Castillo-Acosta, O. (2010). Estructura y diversidad de la vegetación arbórea del Parque Estatal Agua Blanca Macuspana, Tabasco. *Universidad y Ciencia Trópico Húmedo*, 26(1), 1–17. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/uc/v26n1/v26n1a1.pdf>