

CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL DEL MANGLAR EN EL ESTERO PALO VERDE, LAGUNA DE CUYUTLÁN, COLIMA

STRUCTURAL CHARACTERIZATION OF THE MANGROVE FOREST IN THE ESTERO PALO VERDE, CUYUTLÁN LAGOON, COLIMA

Citlalli P. Téllez-García¹; Juan I. Valdez-Hernández^{2*}

¹División de Ciencias Forestales Universidad Autónoma Chapingo - Restauración Forestal. km 38.5 Carretera México-Texcoco, Chapingo, Estado de México. C. P. 56230.

²Programa Forestal. Colegio de Postgraduados. km 36.5 Carretera México-Texcoco, Montecillo, Estado de México. C. P. 56230, Correo-e: ignacio@colpos.mx (*Autor para correspondencia).

RESUMEN

En el Estero Palo Verde, ubicado en el vaso IV de la Laguna de Cuyutlán, estado de Colima, se establecieron 48 unidades de muestreo (UM) en tres rodales de mangle: 10 UM en rodal monoespecífico de *Laguncularia racemosa*, 25 UM en rodal monoespecífico de *Rhizophora mangle* y 13 UM en rodal mixto de *L. racemosa-R. mangle*. Se registró altura del dosel, diámetro del tronco, densidad de adultos y de repoblación, también se calculó área basal y volumen de madera. Los resultados indicaron que la densidad, área basal y volumen, para la categoría diamétrica (CD) de 5 cm fueron significativamente diferentes ($P < 0.05$) entre los rodales monoespecíficos de *R. mangle* (2,500 árboles·ha⁻¹, 4.2 m²·ha⁻¹ y 22 m³·ha⁻¹, respectivamente) y *L. racemosa* (700 árboles·ha⁻¹, 1.9 m²·ha⁻¹ y 10 m³·ha⁻¹, respectivamente). En las CD de 20 a 30 cm, el área basal fue significativamente mayor ($P < 0.05$) en el rodal monoespecífico de *L. racemosa* (1.6 - 3.8 m²·ha⁻¹) que en el mixto de *L. racemosa-R. mangle* (0.5 - 2.5 m²·ha⁻¹). La repoblación natural fue más abundante en el rodal de *R. mangle* (138 a 270 individuos·ha⁻¹) que en el de *L. racemosa* (70 a 80 individuos·ha⁻¹). Los valores estructurales mayores se alcanzaron para altura del dosel (10 m) en el rodal de *L. racemosa*; para diámetro (40 cm) y área basal (14.1 m²·ha⁻¹) en el rodal de *L. racemosa-R. mangle*; y para repoblación natural (624 individuos·ha⁻¹) en el rodal de *R. mangle*.

Recibido: 25 de octubre de 2010
Aceptado: 2 de mayo de 2012
doi: 10.5154/rchscfa.2010.11.101
<http://www.chapingo.mx/revistas>

PALABRAS CLAVE: Rodal monoespecífico y mixto, *Laguncularia racemosa*, *Rhizophora mangle*, características dasonómicas, repoblación natural, categorías

ABSTRACT

In the Estero Palo Verde, located in section IV of the Cuyutlán Lagoon, state of Colima, 48 sample units (SU) were established on three types of mangrove stands: 10 SU on pure stand of *Laguncularia racemosa*, 25 SU on pure stand of *Rhizophora mangle* and 13 SU on mixed forest stand of *L. racemosa-R. mangle*. Canopy height, trunk diameter, density of adults and natural regeneration were recorded, also basal area and tree volume were calculated. Results indicated that density, basal area and tree volume for diameter category (DC) of 5 cm were significantly ($P < 0.05$) different between the pure stands of *R. mangle* (2500 trees·ha⁻¹, 4.2 m²·ha⁻¹, 22 m³·ha⁻¹) and *L. racemosa* (700 trees·ha⁻¹, 1.9 m²·ha⁻¹, 10 m³·ha⁻¹). In the case of DC of 20 to 30 cm, the basal area was significantly ($P < 0.05$) higher in the pure stand of *L. racemosa* (1.6 - 3.8 m²·ha⁻¹) than in the mixed forest stand of *L. racemosa-R. mangle* (0.5 - 2.5 m²·ha⁻¹). Natural regeneration was more abundant in the stand of *R. mangle* (138 - 270 individuals·ha⁻¹) than in the stand of *L. racemosa* (70 - 80 individuals·ha⁻¹). The highest structural values were reached for canopy height (10 m) in the stand of *L. racemosa*, for trunk diameter (40 cm) and basal area (14.1 m²·ha⁻¹) in the stand of *L. racemosa-R. mangle*, and for natural regeneration (624 individuals·ha⁻¹) in the stand of *R. mangle*.

KEYWORDS: Pure and mixed forest stands, *Laguncularia racemosa*, *Rhizophora mangle*, forest characteristics, natural regeneration, diameter

INTRODUCCIÓN

Los manglares constituyen un recurso forestal importante en las costas tropicales y subtropicales del planeta. Cubren una superficie aproximada de 15.2 millones de hectáreas y han sido ampliamente utilizados en la mayoría de los países en los que existen (Food and Agriculture Organization [FAO], 1994, 2007).

INTRODUCTION

Mangroves are an important forest resource in tropical and subtropical coasts of the planet. They cover an area of about 15.2 million hectares and have been widely used in countries where they exist (Food and Agriculture Organization [FAO], 1994, 2007).

El conocimiento de las condiciones anteriores y actuales de los manglares, es esencial para la toma de decisiones en su conservación y manejo sustentable. Como ejemplo, la falta de información básica en estructura de la vegetación y repoblación natural son los principales obstáculos para la conservación de manglares en Haití (M'elanie & Lise, 2001), Sri Lanka (Dahdouh-Guebas, Gitundu, Jayatissa, Cannicci, & Koedam, 2002) y Kenya (Mohamed, Neukermans, Gitundu, Dahdouh-Guebas, & Koedam, 2009), ya que estos datos permiten conocer mejor la dinámica forestal y facilitan la formulación de pautas de manejo. En Brasil, a pesar de la presencia de grandes zonas de manglares en la costa de Río de Janeiro, el estudio de sus atributos estructurales y funcionales es casi inexistente (Soares, 1999).

Para manglares de México se tiene información de estructura de la vegetación en la costa del Pacífico (Flores-Verdugo, González-Farías, Segura-Zamorano, & Ramírez-García, 1992), estructura forestal en Tabasco (Corella et al., 2001), estructura forestal y repoblación natural en Nayarit (Valdez, 2002), así como estructura de la vegetación en Yucatán (Zaldívar, Herrera, Coronado, & Alonzo, 2004). No obstante, que estos datos son fundamentales para comprender la demografía y estructura de tamaños en comunidades naturales y manejadas (López & Ezcurra, 2002), no se tienen para gran parte de los manglares del país, particularmente del estado de Colima.

Por lo anterior, los objetivos del presente trabajo fueron describir la estructura forestal y evaluar la repoblación natural en rodales de mangles del Estero Palo Verde, Laguna de Cuyutlán, Colima, con el propósito de contribuir a su manejo adecuado. Se plantea la hipótesis de que no existen diferencias significativas en densidad de individuos entre clases de altura y categorías diamétricas para un mismo rodal o entre rodales para una misma clase de altura y categoría diamétrica.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el Estero Palo Verde, en el vaso IV de la Laguna de Cuyutlán, estado de Colima; localizado entre los 18° 52' a 18° 55' latitud norte y 103° 59' a 104° 04' longitud oeste (Figura 1). El clima del área de estudio es semiseco-cálido con lluvias en verano; BS₁ (h' wi w". La temperatura media anual es de 26 °C, con una máxima de 28 °C y mínima de 22 a 23 °C, la precipitación media anual es de 800 a 1,200 mm (García, 1987).

La vegetación predominante se compone de manglar (*Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa*) con vegetación halófila (*Batis maritima*) (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 1994), y el suelo, de origen aluvial, es clasificado como fluvisol éutrico (INEGI, 1995).

The knowledge of the past and current conditions of mangrove forests is essential for decision making in their conservation and sustainable management. As an example, the lack of basic information on vegetation structure and natural regeneration are the main obstacles to the conservation of mangrove forests in Haiti (M'elanie & Lise, 2001), Sri Lanka (Dahdouh-Guebas, Gitundu, Jayatissa, Cannicci, & Koedam, 2002) and Kenya (Mohamed, Neukermans, Gitundu, Dahdouh-Guebas, & Koedam, 2009), because this information provides insights into forest dynamics and facilitate the formulation of management guidelines. In Brazil, despite the presence of large areas of mangroves on the coast of Rio de Janeiro, the study of these structural and functional attributes is almost nonexistent (Soares, 1999).

In the case of Mexico's mangroves there is information on vegetation structure in the Pacific Coast (Flores-Verdugo, González-Farías, Segura-Zamorano, & Ramírez-García, 1992), forest structure in Tabasco (Corella et al., 2001), forest structure and natural regeneration in Nayarit (Valdez, 2002), as well as vegetation structure in Yucatán (Zaldívar, Herrera, Coronado, & Alonzo, 2004). Despite the fact, that this information is essential to understand demography and size structure in natural and managed communities (López & Ezcurra, 2002), these data do not exist for many mangroves in Mexico, especially in the state of Colima.

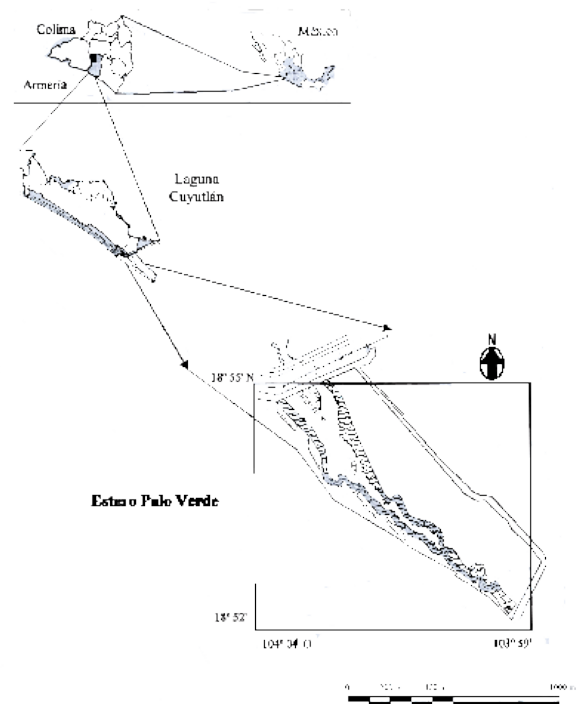


FIGURE 1. Geographic location of the study area.

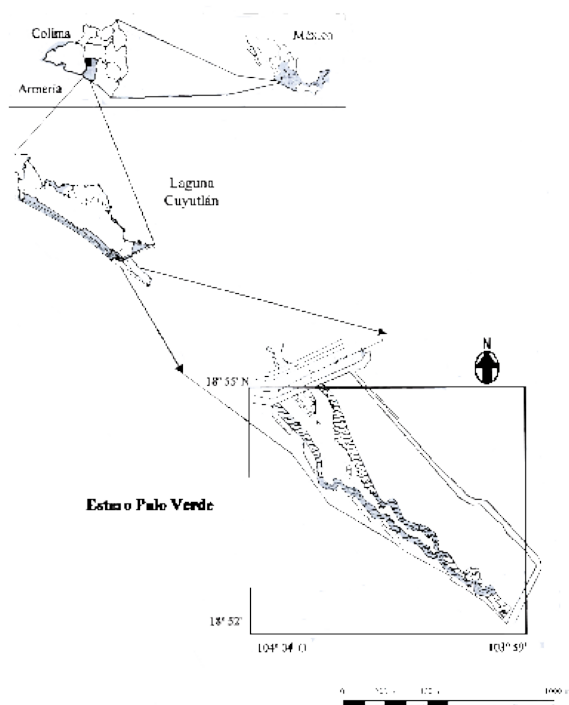


FIGURA 1. Localización geográfica del área de estudio.

Mediciones en campo. Se establecieron, de manera aleatoria, 48 unidades de muestreo (UM) de 30 x 10 m en tres rodales de mangle: 10 UM en rodal mono-específico de *L. racemosa*, 25 UM en rodal mono-específico de *R. mangle* y 13 UM en rodal mixto de *L. racemosa-R. mangle*. Considerando el tipo de información a registrar (Valdez, 2002), cada UM fue subdividida en tres cuadros de 10 x 10 m (100 m²), sobre los que se establecieron en forma aleatoria dos cuadros de 4 x 4 m (16 m²) y cinco de 1 x 1 m (1 m²). En los cuadros de 100 m² se registró el diámetro normal (DN) de todos los individuos mayores a 2.5 cm de DN; en los de 16 m² se midió la densidad de los tallos menores a 2.5 cm de DN pero mayores que 1.3 m de altura; y en los de 1 m² la densidad de los tallos que se encontraban en un intervalo de 0.30 m a 1.3 m de altura, así como el total de individuos menores a 30 cm de altura.

La altura de los árboles se obtuvo utilizando una pistola Haga. Los diámetros se midieron con una cinta diamétrica a una altura de 1.3 m del suelo y 20 cm arriba de la parte final de las raíces zancudas en *R. mangle*. Las UM se delimitaron con una cuerda. En cada UM se registró el total de individuos muertos, así como la altura y diámetro de éstos.

Cálculos. La información se organizó por especie, clase de altura (5 m de amplitud) y categoría diamétrica (5 cm de amplitud). Se tuvieron dos clases de altura: 5 y 10 m. La clase 5 corresponde a aquellos árboles que midieron de 2.5 a 7.4 m de altura y la clase 10 a los árboles que midieron de 7.5 a 12.4 m. En el caso de la

Therefore, the objectives of this study were to describe the forest structure and evaluate the natural regeneration of mangrove stands of the Estero Palo Verde, Cuyutlán Lagoon, Colima, with the purpose of contributing to its proper management. The hypothesis that there is no significant difference in density of individuals between height class and diameter category for the same forest stand or among forest stands for the same height class and diameter category is raised.

MATERIALS AND METHODS

The present study was conducted in the Estero Palo Verde, in the section IV of the Cuyutlán Lagoon, Colima state; located between the parallels 18° 52' to 18° 55' N and the meridians 103° 59' to 104° 04' W (Figure 1). The climate of the study area is semidry-warm with summer rains; BS₁ (h'') w' w'. The average annual temperature is 26 °C, with a maximum of 28 °C and a minimum of 22 to 23 °C, average annual precipitation of 800 to 1,200 mm (García, 1987).

The predominant vegetation consist of mangrove forest (*Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa*) with halophyte vegetation (*Batis maritima*) (Instituto Nacional de Estadística and Geografía [INEGI], 1994), and soil, of alluvial origin, is classified as eutric fluvisol.

Field measurements. Forty eight sample units (SU) of 30 x 10 m were randomly established on three forest stands: 10 SU on pure stand of *Laguncularia racemosa*, 25 SU on pure stand of *Rhizophora mangle* and 13 SU on mixed forest stand of *L. racemosa-R. mangle*. Regarding the type of information to be recorded (Valdez, 2002); each SU was divided into three areas of 10 x 10 m (100 m²), where two sites of 4 x 4 m (16 m²) and five of 1 x 1 m (1 m²) were randomly established. Normal diameter (ND) of all individuals greater than 2.5 cm ND was recorded in the areas of 100 m²; stem density lower than 2.5 cm ND but higher than 1.3 m height was measured in the sites of 16 m²; and the density of stems which was in a range of 0.30 m to 1.3 m height, as well as the total individuals smaller than 30 cm height were measured in the 1 m² sites.

Tree height was obtained using a Haga altimeter. Diameters were measured with a diameter tape to at a height of 1.3 m above the ground and 20 cm above the end of stilt roots in *R. mangle*. SU were delimited with a rope. Height, diameter and total number of dead individuals were recorded in each SU.

Calculations. Data was organized by species, height class (5 m wide) and diameter category (5 cm wide). There were two height classes: 5 and 10 m. Class 5 corresponds to those trees that measured 2.5 to 7.4 m height and class 10 to trees that measured 7.5 to 12.4

categoría diamétrica, la categoría 5 se refiere a aquéllos árboles que midieron de 2.5 a 7.4 cm de DN, la categoría 10 a los que midieron de 7.5 a 12.4 cm de DN, así sucesivamente, hasta la clase 40. El área basal de los tallos

$$AB = \frac{\pi}{4} (DN)^2$$

mayores a 2.5 cm de DN fue calculada con la siguiente fórmula:

Donde:

$$AB = \text{Área basal (m}^2\text{)}$$

$$DN = \text{Diámetro Normal (1.3 m)}$$

El volumen del arbolado se calculó mediante la fórmula consultada en Valdez (2004). Cabe mencionar que dicha fórmula fue generada para árboles de *L. racemosa*, pero en este caso también se aplicó para árboles de *R. mangle*.

$$V = 0.00543946 + 0.00003622 (DN^2 H)$$

Donde:

$$V = \text{Volumen (m}^3\text{)}$$

$$DN = \text{Diámetro Normal (m)}$$

$$H = \text{Altura total (m)}$$

Se utilizaron dos índices de valoración estructural de los rodales: a) Índice de Valor de Importancia (IVI) y b) Índice de Valor Forestal (IVF).

El IVI es un índice de importancia estructural, desarrollado principalmente para rodales mezclados. Se calculó de acuerdo a la fórmula utilizada por Villavicencio-Enríquez y Valdez-Hernández (2003):

$$IVI = Dr + Domr + Fr$$

Donde:

$$IVI = \text{Índice de Valor de Importancia (\%)}$$

$$Dr = \text{Densidad relativa (\%)}$$

$$Domr = \text{Dominancia relativa (\%)}$$

$$Fr = \text{Frecuencia relativa (\%)}$$

El IVF se aplicó con el propósito de considerar la altura de todos los individuos medidos en el rodal, así como la densidad de cobertura de dosel, mediante la fórmula utilizada por Corella et al. (2001):

$$IVF = DAPr + Ar + Cr$$

$$AB = \frac{\pi}{4} (DN)^2$$

m. In the case of diameter categories, category 5 refers to those trees that measured 2.5 to 7.4 cm ND, category 10 to those that measured 7.5 to 12.4 cm ND, and so on until category 40. The basal area of stems higher than 2.5 cm ND was obtained with the following formula:

Where:

$$AB = \text{Basal area (m}^2\text{)}$$

$$ND = \text{Normal Diameter (1.3 m)}$$

Tree volume was obtained by means of the formula consulted in Valdez (2004). It is worth mentioning that this formula was created for *L. racemosa* trees, but in this case it was also used of *R. mangle* trees.

$$V = 0.00543946 + 0.00003622 (DN^2 H)$$

Where:

$$V = \text{Volume (m}^3\text{)}$$

$$DN = \text{Normal Diameter (m)}$$

$$H = \text{Total height (m)}$$

Two indices of structural valuation of forest stands were used: a) Importance Value Index (IVI) and b) Forest Value Index (IVF).

IVI is an index of structural importance, mainly developed for mixed forest stands. This index was calculated according to the formula used by Villavicencio-Enríquez and Valdez-Hernández (2003):

$$IVI = Dr + Domr + Fr$$

Where:

$$IVI = \text{Importance Value Index (\%)}$$

$$Dr = \text{Relative Density (\%)}$$

$$Domr = \text{Relative Dominance (\%)}$$

$$FR = \text{Relative Frequency (\%)}$$

IVF was applied with the purpose of considering the height of all individuals measured in the forest stand, and the density of canopy cover, by means of the formula used by Corella et al. (2001):

$$IVF = DAPr + Ar + Cr$$

Where:

$$IVF = \text{Forest Value Index (\%)}$$

$$DAPr = \text{Relative Diameter at Breast Height (\%)}$$

$$Ar = \text{Relative Height (\%)}$$

$$Cr = \text{Relative Cover (\%)}$$

Donde:

IVF = Índice de Valor Forestal (%)

DAPr = Diámetro relativo a la altura del pecho (%)

Ar = Altura relativa (%)

Cr = Cobertura relativa (%)

Análisis estadístico. Se generó una base de datos con los atributos estructurales: densidad, área basal, altura del dosel y volumen; así como con el número de individuos muertos y de renuevo. Se elaboraron gráficas por especie para las variables de altura, diámetro, área basal, volumen y repoblación natural.

Se realizó un análisis de varianza con los datos promedio por rodal para cada atributo estructural (altura, diámetro, área basal, volumen, renuevos), distinguiendo individuos vivos y muertos. Los datos se analizaron en un diseño completamente al azar. Se hizo una comparación de medias con la prueba de Tukey ($P < 0.05$) para identificar posibles diferencias. El análisis se ejecutó con el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System [SAS] 1999).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La especie con el valor mayor de Índice de Valor de Importancia en el rodal mixto fue *L. racemosa* (Cuadro 1). Este resultado coincide con lo reportado por Zaldívar et al. (2004) en laguna Celestún, Yucatán, donde la especie *L. racemosa* presentó dominancia mayor hacia la zona terrestre (IVI = 61 %), pero disminuyó hacia el borde de la laguna (IVI = 22 %) donde *R. mangle* fue dominante (IVI = 52 %).

También *L. racemosa* obtuvo el Índice de Valor Forestal más alto (169 %) en el rodal mixto (Cuadro 2), similar a lo señalado en Centla, Tabasco, por Corella et al. (2001).

CUADRO 1. Índice de Valor de Importancia (IVI) en 13 unidades de muestreo para dos especies arbóreas del Estero Palo Verde, Laguna de Cuyutlán, Colima.

ESPECIE	DENSIDAD		FRECUENCIA		DOMINANCIA		IVI %
	Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa	
<i>L. racemosa</i>	49.3	67.6	3,676.7	87.4	87.1	57.6	200.7
<i>R. mangle</i>	24.3	32.3	526.6	12.5	64.1	42.3	99.2
Total	73.6	100	4,203.3	100.0	151.2	100.0	300.0

CUADRO 2. Índice de Valor Forestal (IVF) en 13 unidades de muestreo para dos especies arbóreas del Estero Palo Verde, Laguna de Cuyutlán, Colima.

ESPECIE	DIÁMETRO		ALTURA		COBERTURA		IVF %
	Absoluto	Relativo	Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa	
<i>L. racemosa</i>	5,143.9	79.4	3,019.4	75.5	47,807.3	87.5	242.3
<i>R. mangle</i>	1,334.4	20.5	980.7	24.5	6,849.9	12.5	57.6
Total	6,478.3	100.0	4,000.1	100.0	54,657.2	100.0	300.0

Statistical analysis. A data base was generated with the structural attributes: density, basal area, canopy height and volume, as well as number of dead individuals and seedlings. Graphics by species for the variables: height, diameter, basal area, volume and natural regeneration were elaborated.

An analysis of variance was performed using the average data per forest stand for each structural attribute (height, diameter, basal area, volume and seedlings), differentiating live and dead individuals. Data was analyzed by means of a completely randomized design. Mean comparison was conducted using the Tukey test ($P < 0.05$) to identify any differences. Analysis was performed with the SAS software (Statistical Analysis System [SAS] 1999).

RESULTS AND DISCUSSION

L. racemosa was the specie with the highest Importance Value Index (Table 1). This result agrees with that reported by Zaldívar et al. (2004) in Celestún Lagoon, Yucatan, where the specie *L. racemosa* had greater dominance to the terrestrial area (IVI = 61 %), but decreased towards the edge of the lake (IVI = 22 %) where *R. mangle* was dominant (IVI = 52 %).

L. racemosa had also the highest Forest Value Index (169 %) in mixed forest stand (Table 2), similar to that observed in Centla, Tabasco, by Corella et al. (2001).

In the present study significant differences ($P < 0.05$) were observed for density of individuals between height class and diameter category for the same forest stand, as well as among forest stands for the same height class and diameter category, for this reason, we reject the hypothesis initially raised.

Height and diameter. Significant differences ($P < 0.05$) were observed among height classes for the three

TABLE 1. Importance Value Index (IVI) in 13 sampling units for two tree species of Estero Palo Verde, Cuyutlán Lagoon, Colima.

SPECIES	DENSITY		FREQUENCY		DOMINANCE		IVI %
	Absolute	Relative	Absolute	Relative	Absolute	Relative	
<i>L. racemosa</i>	49.3	67.6	3,676.7	87.4	87.1	57.6	200.7
<i>R. mangle</i>	24.3	32.3	526.6	12.5	64.1	42.3	99.2
Total	73.6	100	4,203.3	100.0	151.2	100.0	300.0

TABLE 2. Forest Value Index (IVF) in 13 sampling units for two tree species of Estero Palo Verde, Cuyutlán Lagoon, Colima.

SPECIES	DIAMETER		HEIGHT		COVER		IVF %
	Absolute	Relative	Absolute	Relative	Absolute	Relative	
<i>L. racemosa</i>	5,143.9	79.4	3,019.4	75.5	47,807.3	87.5	242.3
<i>R. mangle</i>	1,334.4	20.5	980.7	24.5	6,849.9	12.5	57.6
Total	6,478.3	100.0	4,000.1	100.0	54,657.2	100.0	300.0

En el presente trabajo se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) para la variable densidad de individuos entre clases de altura y categorías diamétricas para un mismo rodal, así como entre rodales para una misma clase de altura y categoría diamétrica, por tal motivo, se rechaza la hipótesis inicialmente planteada.

Altura y diámetro. Se presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre clases de altura para los tres rodales y entre los rodales para la clase 5 m; en contraste, los rodales mono-específicos no fueron diferentes ($P > 0.05$) para la clase de altura 10 m (Figura 2). La altura del manglar en el área de estudio (11.8 m) fue mayor que la registrada en Haití (2 m) por M'elanie y Lise (2001), pero menor que la reportada en Tijuca, Brasil (16.1 m) por Soares (1999) y en Centla, Tabasco (23.5 m) por Corella et al. (2001). Este resultado puede estar relacionado, entre otros factores, con la precipitación anual (800-1,200 mm) en el área de estudio, ya que es menor que la señalada por Schaeffer-Novelli, Cintron-Molero, Rothleder y Camargo (1990) para que los manglares se desarrollen favorablemente ($> 1,500$ mm) y alcancen su máxima altura ($> 2,500$ mm). Además, Menéndez y Guzmán (2007) indican que la variación en altura del dosel depende de las condiciones de inundación y del sustrato.

Todas las categorías diamétricas presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) a excepción de las categorías 20 y 25 cm en el rodal de *L. racemosa*, 25 y 30 cm en el rodal de *R. mangle*, así como 15 y 20 cm en el rodal mixto de *L. racemosa-R. mangle* (Figura 3). El diámetro de los árboles en el área de estudio (18.5 cm) fue menor que los señalados en San Mateo, Brasil (22.9 cm), por Silva, Bernini y Carmo (2005) y en Centla, Tabasco (19.6 cm), por Corella et al. (2001). Esto quizá pueda deberse a un bajo aporte de nutrientes al manglar, ya que según lo expresado por Holguín et al. (1999), el flujo constante de nutrientes continentales a través de los ríos permite

forest stands and among forest stands for the 5 m category; in contrast, no differences ($P > 0.05$) were found among pure stands for the 10 m category (Figure 2). Mangrove height in the study area (11.8 m) was greater than that recorded by M'elanie and Lisa (2001) in Haiti (2m), but lower to that reported by Soares (1999) in Tijuca, Brasil (16.1 m) and that by Corella et al. (2001) in Centla, Tabasco (23.5 m). This result may be related, among other factors, to the annual precipitation (800-1,200 mm) in the study area, because this precipitation is lower to that reported by Schaeffer-Novelli, Cintron-Molero, Rothleder and Camargo (1990) so forest mangroves can developed favorably ($> 1,500$ mm) and reach their maximum height ($> 2,500$ mm). In addition, Menéndez and Guzmán (2007) denoted that the variation in canopy height depends on the conditions of flooding and substrate.

All diameter categories showed significant differences ($P < 0.05$) with the exception of the categories 20 and 25 cm in the forest stand of *L. racemosa*, 25 and 30 cm in the forest stand of *R. mangle*, and 15 and 20 cm in the mixed forest stand of *L. racemosa-R. mangle* (Figure 3). Tree diameter in the study area (18.5 cm) was lower than that recorded by Silva, Bernini and Carmo (2005) in San Mateo, Brasil (22.9 cm), and by Corella et al. (2001) in Centla, Tabasco (19.6 cm), probably due to low nutrient supply to the mangrove forest, because according to Holguín et al. (1999), the constant flow of continental nutrients through rivers allows good structural development of the mangrove trees. Also, Zaldívar et al. (2004) say that environmental factors such as soil salinity and groundwater discharges are of great importance in the vegetation structure.

Basal area and volume. The highest values for basal area and volume were obtained for the forest stand of *L. racemosa* (19.1 m²·ha⁻¹ and 68.9 m³·ha⁻¹), followed by the forest stand of *R. mangle* (13.7 m²·ha

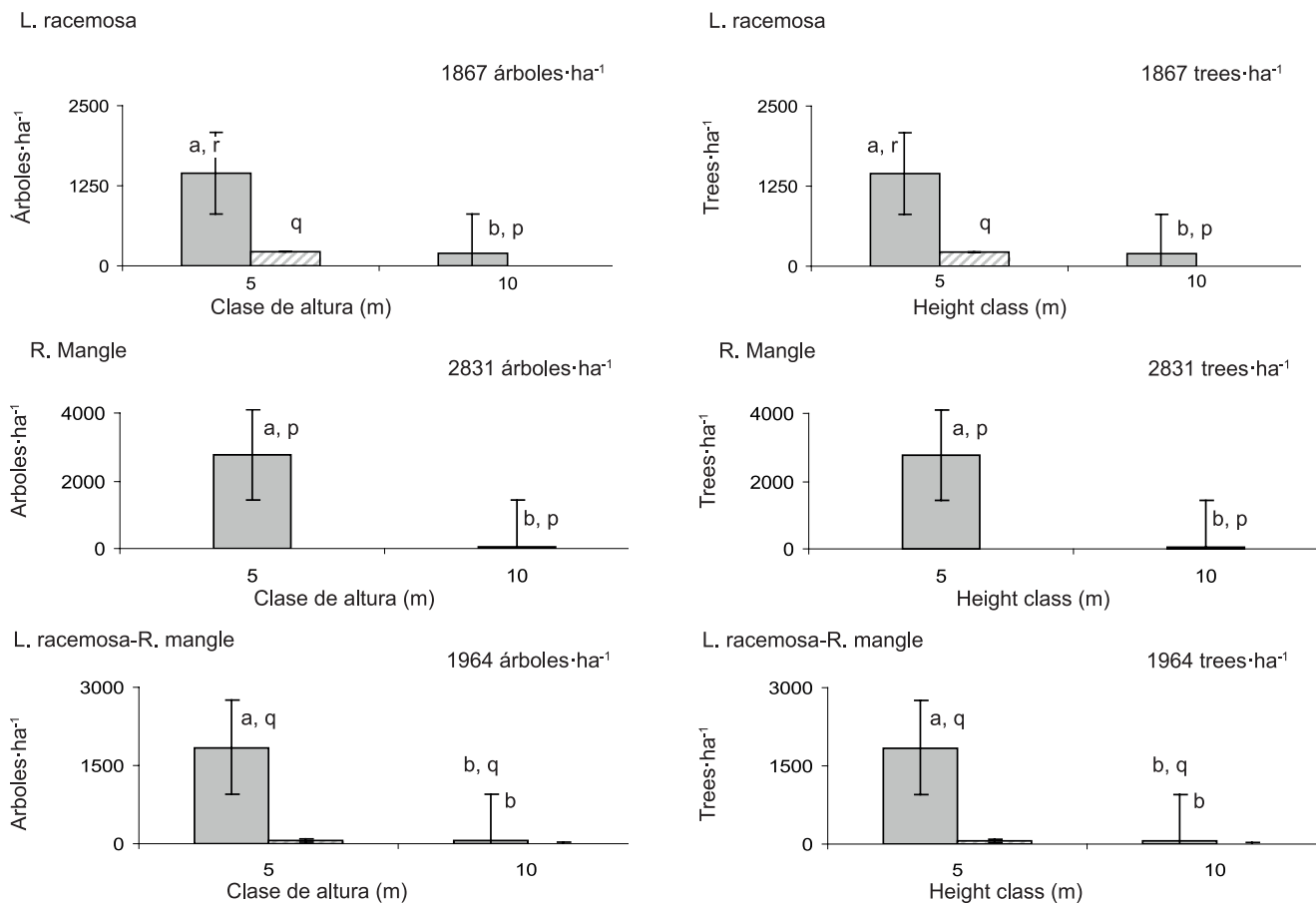


FIGURA 2. Distribución promedio del número de árboles (vivos , muertos) por clases de altura en tres rodales de mangle en el Estero Palo Verde, Laguna de Cuyutlán, Colima. Letras iguales indican diferencias no significativas ($P < 0.05$) entre clases de altura para una misma especie (letras a, b) y entre especies para una misma clase (letras p, q, r).

FIGURE 2. Average distribution of the number of trees (living , dead) per height class in three mangrove stands in the Estero Palo Verde, Cuyutlán Lagoon, Colima. Same letters indicate no significant differences ($P < 0.05$) among height classes for the same species (letters a, b) and among species for the same class (letters p, q, r).

un buen desarrollo estructural de los árboles de mangle. Asimismo, Zaldívar et al. (2004) mencionan que factores ambientales como la salinidad del suelo y las descargas de agua subterránea son de importancia en la estructura de la vegetación.

Área basal y volumen. Los valores mayores para área basal y volumen se obtuvieron para el rodal de *L. racemosa* ($19.1 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ y $68.9 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$), seguidos por los del rodal de *R. mangle* ($13.7 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ y $44.4 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) y finalmente por aquellos del rodal de *L. racemosa-R. mangle* ($14.1 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ y $23 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) (Figuras 4 y 5). Sin embargo, estos valores fueron menores al compararlos con el área basal de manglares en Yucatán: $23.6 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ (Zaldívar et al., 2004), Tabasco: $24.4 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ (Corella et al., 2001), Brasil: $31.1 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ (Silva et al., 2005) y Cuba: $56.3 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ (Menéndez & Guzmán, 2007); así como menores en volumen que manglares de Nayarit: $86.6 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (Valdez, 2004), Kenya: $153 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (Gitundu, Dahdouh-Guebas, Giuada, Ochieng, & Koedom, 2002) e Indonesia: $226 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (FAO, 2007). El área basal es

1 and $44.4 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) and finally for those in the forest stand of *L. racemosa-R. mangle* ($14.1 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ and $23 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) (Figure 4 and 5). However, these values were lower compared to the basal area of mangrove forests in Yucatán: $23.6 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ (Zaldívar et al., 2004), Tabasco: $24.4 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ (Corella et al., 2001), Brazil: $31.1 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ (Silva et al., 2005) and Cuba: $56.3 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ (Menéndez & Guzman, 2007); and lower in volume than mangrove forests of Nayarit: $86.6 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (Valdez, 2004), Kenya: $153 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (Gitundu, Dahdouh-guebas, Giuada, Ochieng, & Koedom, 2002) and Indonesia: $226 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (FAO, 2007). Basal area is an indicator of the structural development of a forest stand. As the forest stand gets older, it has fewer trees but has a greater basal area (Corella et al., 2001). Therefore, it is considered that the Estero Palo Verde has not reached its structural maturity.

Natural regeneration. Seedlings density was greater in the pure stand of *R. mangle* ($624 \text{ individuals} \cdot \text{ha}^{-1}$) than in the mixed forest stand of *L. racemosa-R. mangle* ($326 \text{ individuals} \cdot \text{ha}^{-1}$) and the pure stand of *L. racemosa*

un indicador del desarrollo de la estructura en un rodal. Conforme éste avanza en edad, posee menos árboles pero logra área basal mayor (Corella et al., 2001). Por lo tanto, se considera que el manglar en el Estero Palo Verde no ha alcanzado su madurez estructural.

Repoblación natural. La densidad de renuevos fue mayor en el rodal monoespecífico de *R. mangle* (624 individuos·ha⁻¹) que en el mixto de *L. racemosa*-*R. mangle* (326 individuos·ha⁻¹) y que en el monoespecífico de *L. racemosa* (143 individuos·ha⁻¹). Datos similares fueron obtenidos en Nayarit (625 individuos·ha⁻¹) por Valdez (2002) y en Kenya (461 individuos·ha⁻¹) por Gitundu et al. (2002). Existen reportes que indican un crecimiento menor en plántulas de mangle bajo dosel cerrado (Koch, 1997) y la importancia que tiene la apertura de claros en los manglares para propiciar su renovación (Kathiresan & Bingham, 2001). Incluso una alta mortalidad de plántulas no constituye un problema si existe abundante repoblación natural (Fonseca, Cortés, & Zamora, 2007).

Implicaciones de manejo. En el rodal monoespecífico de *L. racemosa* se presentó la densidad mayor de

(143 individuos·ha⁻¹). Similar data was obtained in Nayarit (625 individuos·ha⁻¹) by Valdez (2002) and in Kenya (461 individuos·ha⁻¹) by Gitundu et al. (2002). There are reports that show a lower growth in mangrove seedlings under closed canopy (Koch, 1997) and the importance of having gap opening in mangroves to foster its regeneration (Kathiresan & Bingham, 2001). Even a high mortality of seedlings is not a problem if there is an abundant natural regeneration (Fonseca, Cortés, & Zamora, 2007).

Management implications. *L. racemosa* in the pure stand had the highest density of dead trees, mainly in the small diameter categories: 5 and 10 cm (Figure 3). The locals attribute the death of these individuals to increased salinity due to lack of water inlet of the estuary; however there are no measurements that can help to corroborate that. Furthermore, the density of new seedlings was lower in this forest stand than in the other two, and no individuals lower than 30 cm height were recorded (Figure 6). For this reason and taking into account that reports elsewhere indicate that mangrove trees can die due to land subsidence (Jiménez, Lugo, & Cintron, 1985), high rates of sedimentation (Silva et al., 2005) or increase in salinity

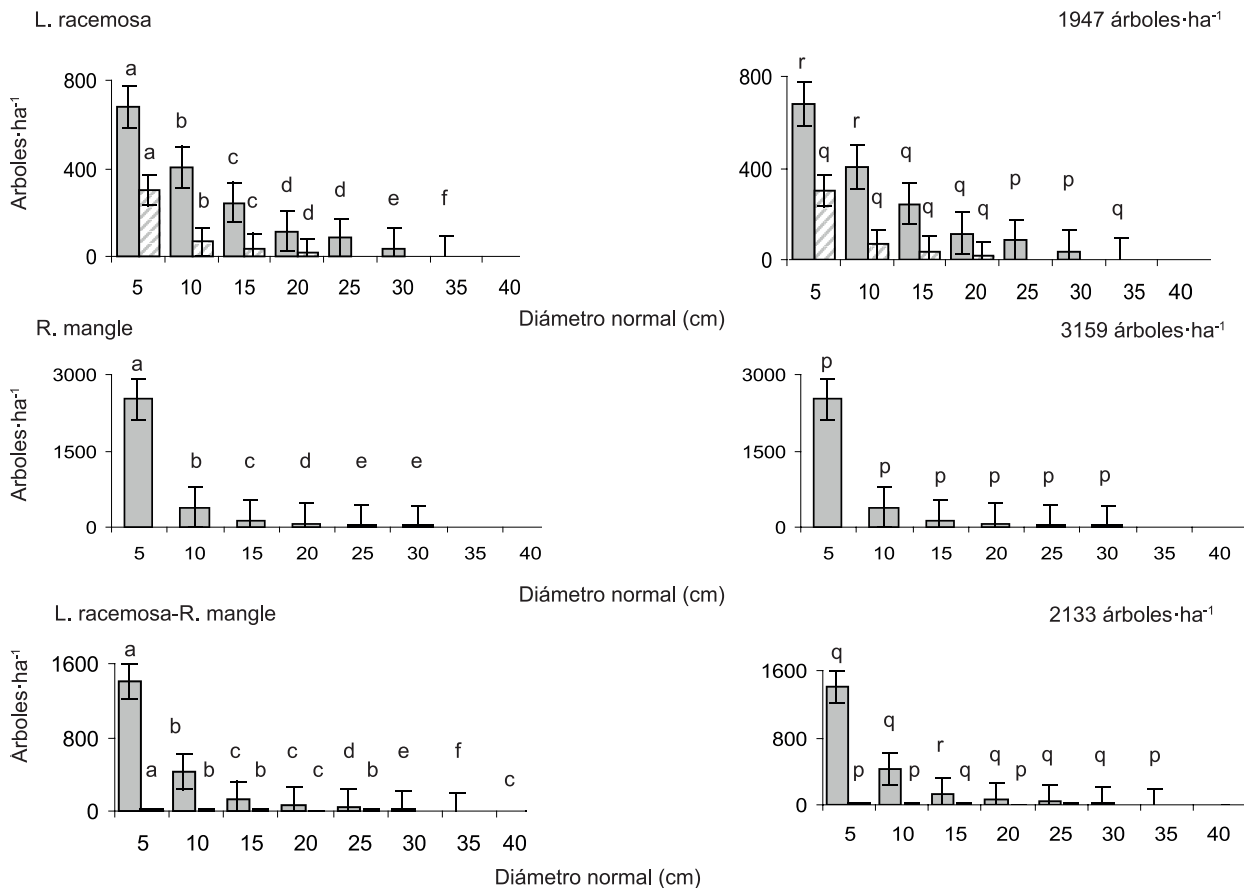


FIGURA 3. Distribución promedio del número de árboles (vivos , muertos) por categoría diamétrica en tres rodales de mangle en el Estero Palo Verde, Laguna de Cuyutlán, Colima. Letras iguales indican diferencias no significativas ($P > 0.05$) entre categorías diamétricas para una misma especie (letras a, b, c, d, e, f) y entre especies para una misma categoría (letras p, q, r).

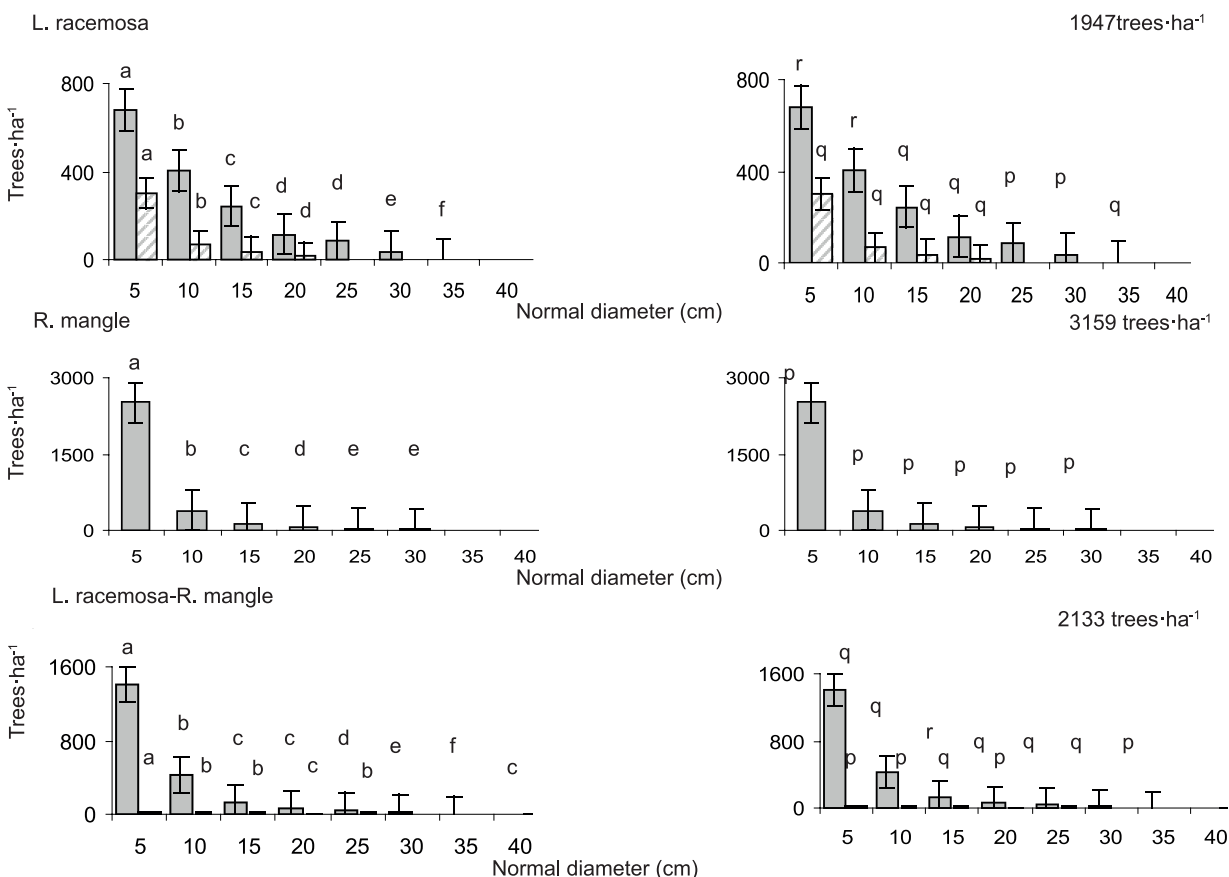




FIGURE 3. Average distribution of the number of trees (living , dead ) per diameter category in three mangrove stands in the Estero Palo Verde, Cuyutlán Lagoon, Colima. Same letters indicate no significant differences ($P > 0.05$) among diameter categories for the same species (letters a, b, c, d, e, f) and among species for the same category (letters p, q, r).

árboles muertos, principalmente en las categorías diámetro pequeñas: 5 y 10 cm (Figura 3). Los lugareños atribuyen la muerte de estos individuos a un aumento de salinidad por falta de entrada de agua del estero; sin embargo, no se tienen mediciones que permitan corroborar lo anterior. Además, la densidad de renuevos fue mucho menor en este rodal que en los otros dos y no se registraron individuos menores a 30 cm de altura (Figura 6). Por lo anterior y tomando en cuenta que reportes en otros sitios señalan que los mangles pueden morir por hundimiento del suelo (Jiménez, Lugo, & Cintron, 1985), altas tasas de sedimentación (Silva et al., 2005) o incremento en la salinidad (Menéndez & Guzmán, 2007), se recomienda considerar este rodal como zona de recuperación. Debido a esto, es necesario realizar mediciones tanto de las condiciones físicas (por ejemplo, salinidad del suelo y del agua) como de las biológicas (por ejemplo, daño por herbivoría o plagas) que permitan un diagnóstico adecuado para una aplicación correcta de futuras actividades de manejo.

El rodal monoespecífico de *R. mangle* es utilizado actualmente para recorridos turísticos en lancha, donde se menciona a los visitantes la importancia de la flora y fauna de los manglares. Sin embargo, faltan evaluacio-

(Menéndez & Guzmán, 2007), it is recommended that this forest stand is considered as a recovery area. Because of this, it is necessary to make measurements of both the physical conditions (for example soil and water salinity) and the biological conditions (for example herbivory or pest damage) that allow a proper diagnosis for a correct application of future management activities.

The pure stand of *R. mangle* is currently used for boat tours where visitors are mentioned the flora and fauna importance of mangrove forests. However, there is a lack of detailed assessments of scenic resources and recreational activities (González & Valdez, 1993; González, Valdez, & Velasco, 1993) to enable sustainable management of both environmental education and recreational purposes.

Finally, and according to the high content of organic carbon ($106.7 \text{ Mg C} \cdot \text{ha}^{-1}$) reported in forest stand soils of *L. racemosa-R. mangle* in Nayarit (Valdés, Valdez, Gallardo, Ordaz, & Pérez, 2006), it is suggested to allocate the mixed forest stand of the study area as a conservation area of environmental services, particularly as a reservoir of organic carbon.

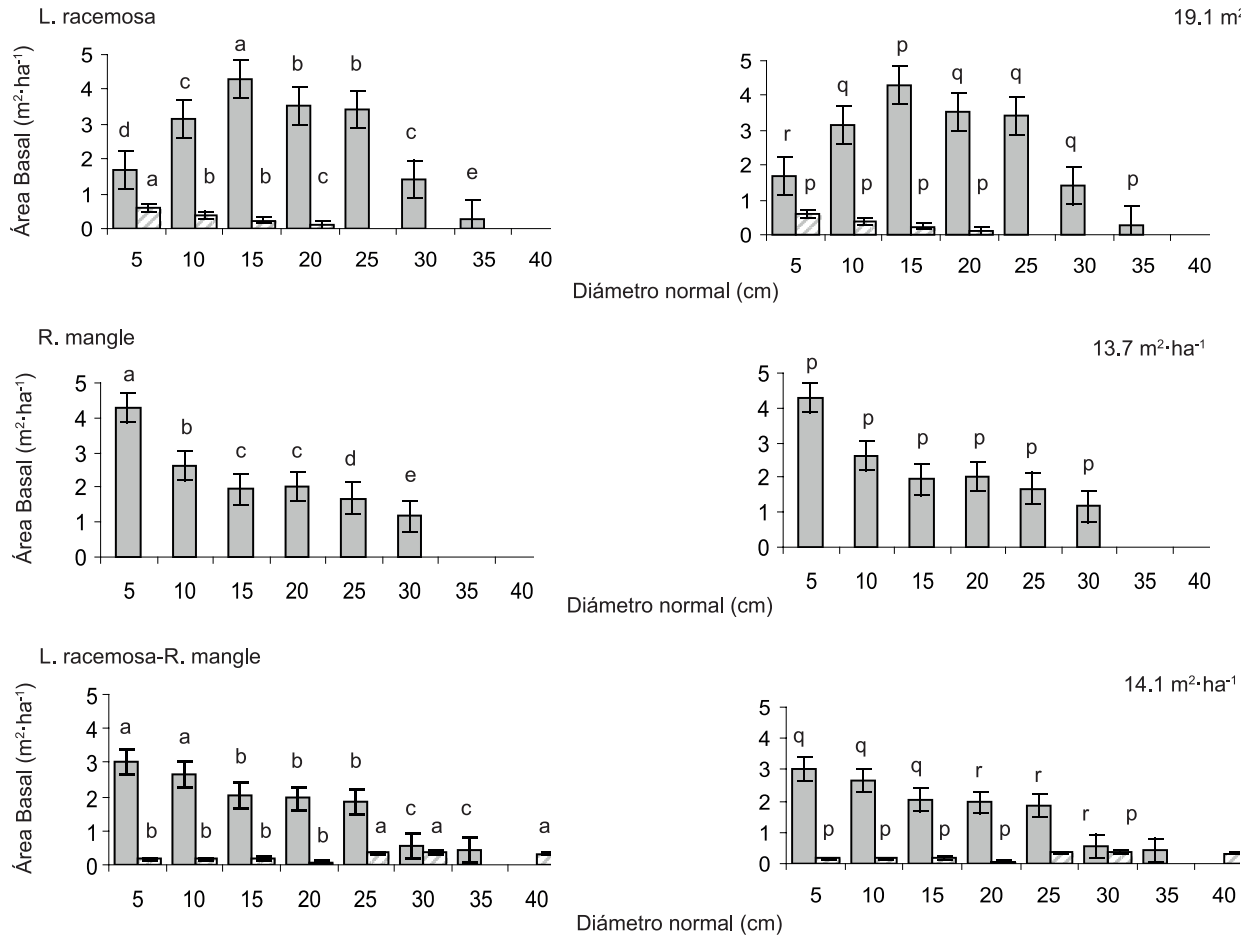


FIGURA 4. Distribución promedio del área basal (vivos , muertos) por categoría diamétrica en tres rodales de mangle en el Estero Palo Verde, Laguna de Cuyutlán, Colima. Letras iguales indican diferencias no significativas ($P > 0.05$) entre categorías diamétricas para una misma especie (letras a, b, c, d, e) y entre especies para una misma categoría (letras p, q, r).

nes detalladas de los recursos escénicos y de las actividades recreativas (González & Valdez, 1993; González, Valdez, & Velasco, 1993) que permitan un manejo sustentable con fines tanto de esparcimiento como de educación ambiental.

Finalmente, y de acuerdo con el contenido alto de carbono orgánico (106.7 Mg C · ha⁻¹) reportado en suelos de rodales de *L. racemosa-R. mangle* en Nayarit (Valdés, Valdez, Gallardo, Ordaz, & Pérez, 2006), se sugiere destinar el rodal mixto del área de estudio como una zona de conservación de servicios ambientales, particularmente, como un reservorio de carbono orgánico.

CONCLUSIONES

Las características estructurales del manglar en el Estero Palo Verde, Laguna de Cuyutlán, Colima, fueron significativamente diferentes entre los rodales estudiados. La densidad, área basal y volumen fueron mayores, para la categoría diamétrica más pequeña (5 cm DAP), en el rodal monoespecífico de *R. mangle* que en el mo-

CONCLUSIONS

Structural characteristics of mangrove forest in the Estero Palo Verde, Cuyutlán Lagoon, Colima, were significantly different among forest stands studied. Density, basal area and volume were higher for the smallest diameter category (5 cm DAP) in the pure stand of *R. mangle* than in the pure stand of *L. racemosa*. However, for the biggest categories (20-30 cm DAP), basal area was higher in the pure stand of *L. racemosa* than in the mixed forest stand of *L. racemosa-R. mangle*.

Seedlings density was significantly different between height classes for a same forest stand and among forest stands for a same height class. The pure stand of *R. mangle* had a greater seedling density than the mixed forest stand of *L. racemosa-R. mangle* and the pure stand of *L. racemosa*.

Base on the results obtained in the present study it is suggested: a) to consider the pure stand of *L. racemosa* as a recovery area in its natural regeneration, b)

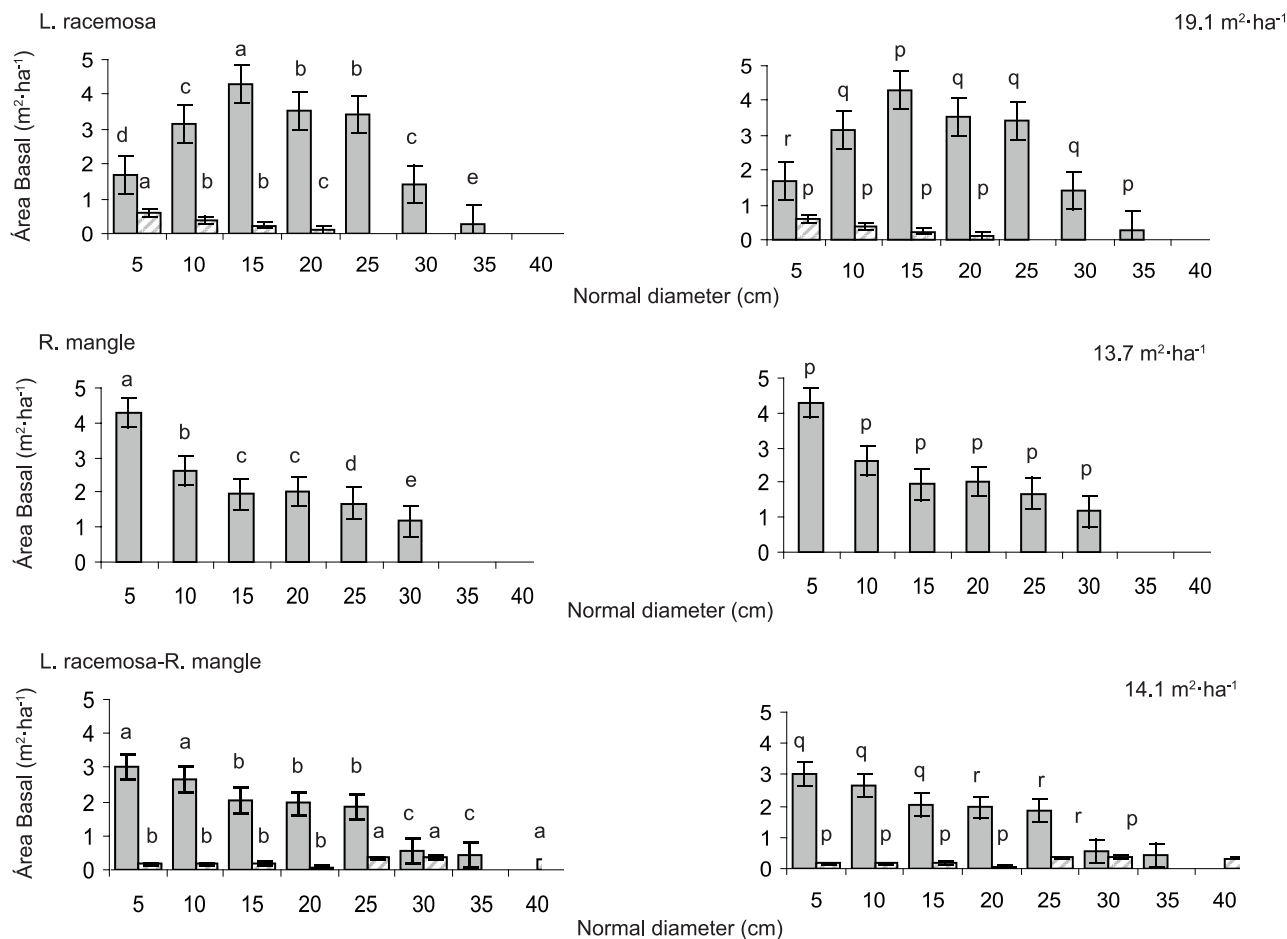


FIGURE 4. Average distribution of basal area (living , dead) per diameter category in three mangrove stands in the Estero Palo Verde, Cuyutlán Lagoon, Colima. Same letters indicate no significant differences ($P > 0.05$) among diameter categories for the same species (letters a, b, c, d, e) and among species for the same category (letters p, q, r).

noespecífico de *L. racemosa*. Sin embargo, para las categorías más grandes (20-30 cm DAP), el área basal fue mayor en el rodal monoespecífico de *L. racemosa* que en el mixto de *L. racemosa-R. mangle*.

La densidad de renuevos fue significativamente diferente ($P < 0.05$) entre clases de altura para un mismo rodal y entre rodales para una misma clase de altura. El rodal monoespecífico de *R. mangle* tuvo una mayor densidad de renuevos que el mixto de *L. racemosa-R. mangle* y que el monoespecífico de *L. racemosa*.

Con base en los resultados obtenidos en el presente trabajo se sugiere: a) considerar el rodal monoespecífico de *L. racemosa* como una zona de recuperación en su repoblación natural, b) mantener el rodal monoespecífico de *R. mangle* para uso turístico, pero aplicando técnicas de evaluación detalladas de recursos escénicos, y c) destinar el rodal mixto de *L. racemosa-R. mangle* como una zona de conservación de servicios

to maintain the pure stand of *R. mangle* for tourist use, but using the detailed evaluation techniques of scenic resources, and c) to allocate the mixed forest stand of *L. racemosa-R. mangle* as a conservation area of environmental services (reservoir of organic carbon).

ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to thank Dr. Eduardo Valdés and M.C. Emilio Castillo. Thanks to the Centro Ecológico del Tortugario in Cuyutlán, Colima; and to the reviewers assigned by the Journal for reviewing the present work.

End of English Version

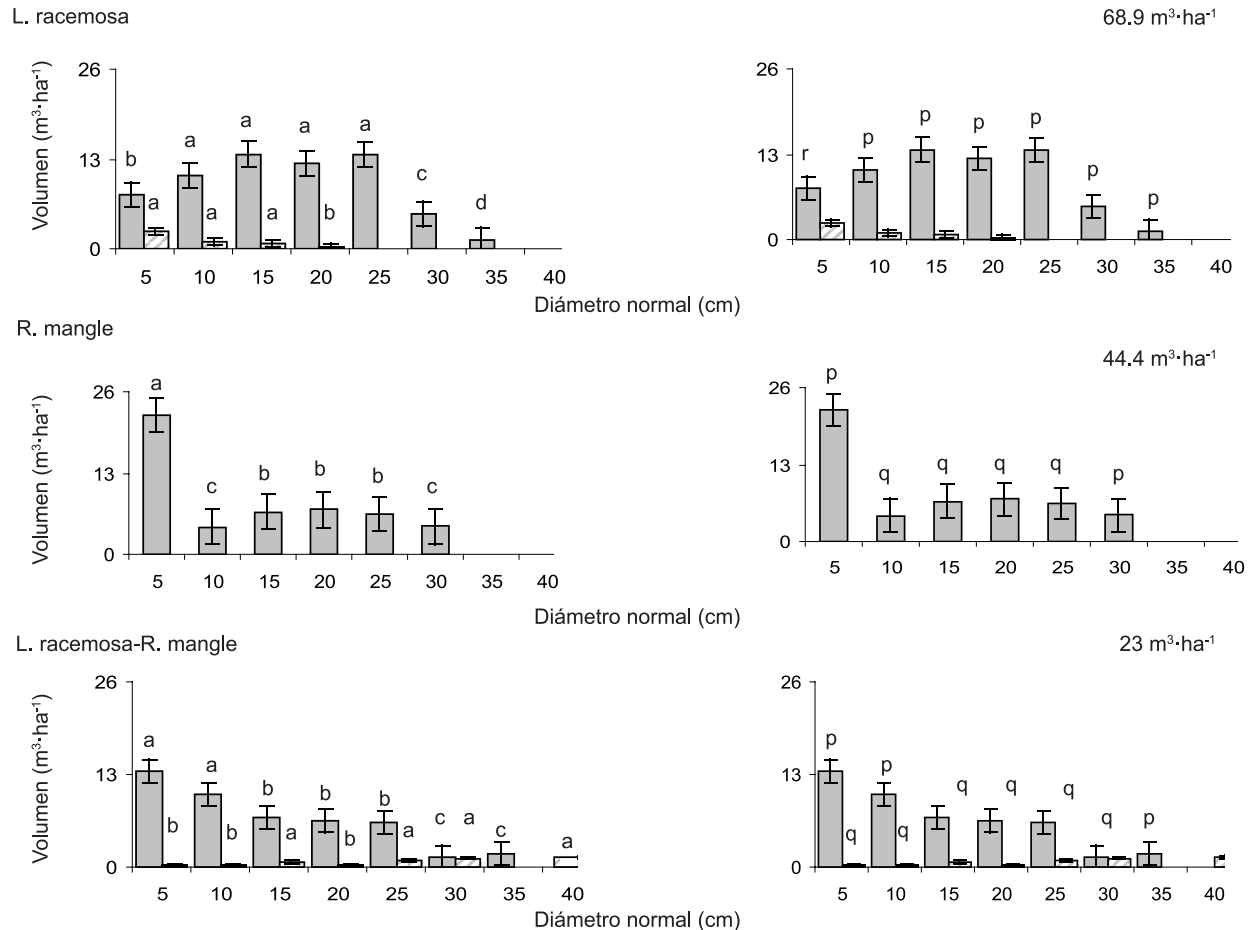




FIGURA 5. Distribución promedio del volumen por categoría diamétrica (vivos , muertos ) de tres rodales de mangle en el Estero Palo Verde, Laguna de Cuyutlán, Colima. Letras iguales indican diferencias no significativas ($P > 0.05$) entre categorías diamétricas para una misma especie (letras a, b, c, d) y entre especies para una misma categoría (letras p, q, r).

ambientales (reservorio de carbono orgánico).

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Eduardo Valdés y M. C. Emilio Castillo, al personal del Centro Ecológico del Tortugario en Cuyutlán, Colima; así como a los árbitros designados por la revista para la revisión del presente trabajo.

REFERENCIAS

- Corella J. F., Valdez H. J. I., Cetina A. V. M., González C. F., Trinidad S. A., & Aguirre Rivera, J. R. (2001). Estructura forestal de un bosque de mangles en el noreste del estado de Tabasco, México. *Ciencia Forestal en México*, 26(90), 73–102.
- Dahdouh-Guebas, F., Gitundu, K. J., Jayatissa, I. P., Cannicci, S., & Koedam, N. (2002). An ordination study to view vegetation structure dynamics in disturbed and undisturbed mangrove forests in Kenya and Sri Lanka. *Plant Ecology*, 161, 123–135. doi: 10.1023/A:1020333706650
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (FAO). 1994. *Mangrove forest management guidelines*. Rome, Italy: USDA Forest Service.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (FAO). (2007). *The world's mangroves 1980-2005*. Rome, Italy: Autor.
- Flores-Verdugo, F. J., González-Farías, F., Segura-Zamorano, D., & Ramírez-García, P. (1992). Mangrove ecosystems of the pacific coast of Mexico: Distribution, structure, litterfall, and detritus dynamics. In V. Seeliger (Ed.), *Coastal plant communities of Latin America* (pp. 269–288). New York, USA: Academic Press.
- Fonseca, E. A. C., Cortés, J., & Zamora P. (2007). Monitoreo del manglar de Gandoca, Costa Rica (sitio CARICOMP). *Revista de Biología Tropical*, 55(1), 23–31.
- García, E. (1987). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. (4a ed.). México, D.F.: SIGSA.
- Gitundu K. J., Dahdouh-Guebas, F., Gwada, P. O., Ochieng, C., & Koedam, N. (2002). Regeneration status of mangrove forests in Mida Creek, Kenya: A compromised or secured future? *Ambio*, 31(7/8), 562–568.
- González G. M. J., & Valdez H. J. I. (1993). Análisis de metodologías y técnicas de inventario en áreas forestales recreativas. *Agrociencia: Serie Recursos Naturales Renovables*, 3(1), 61–80.

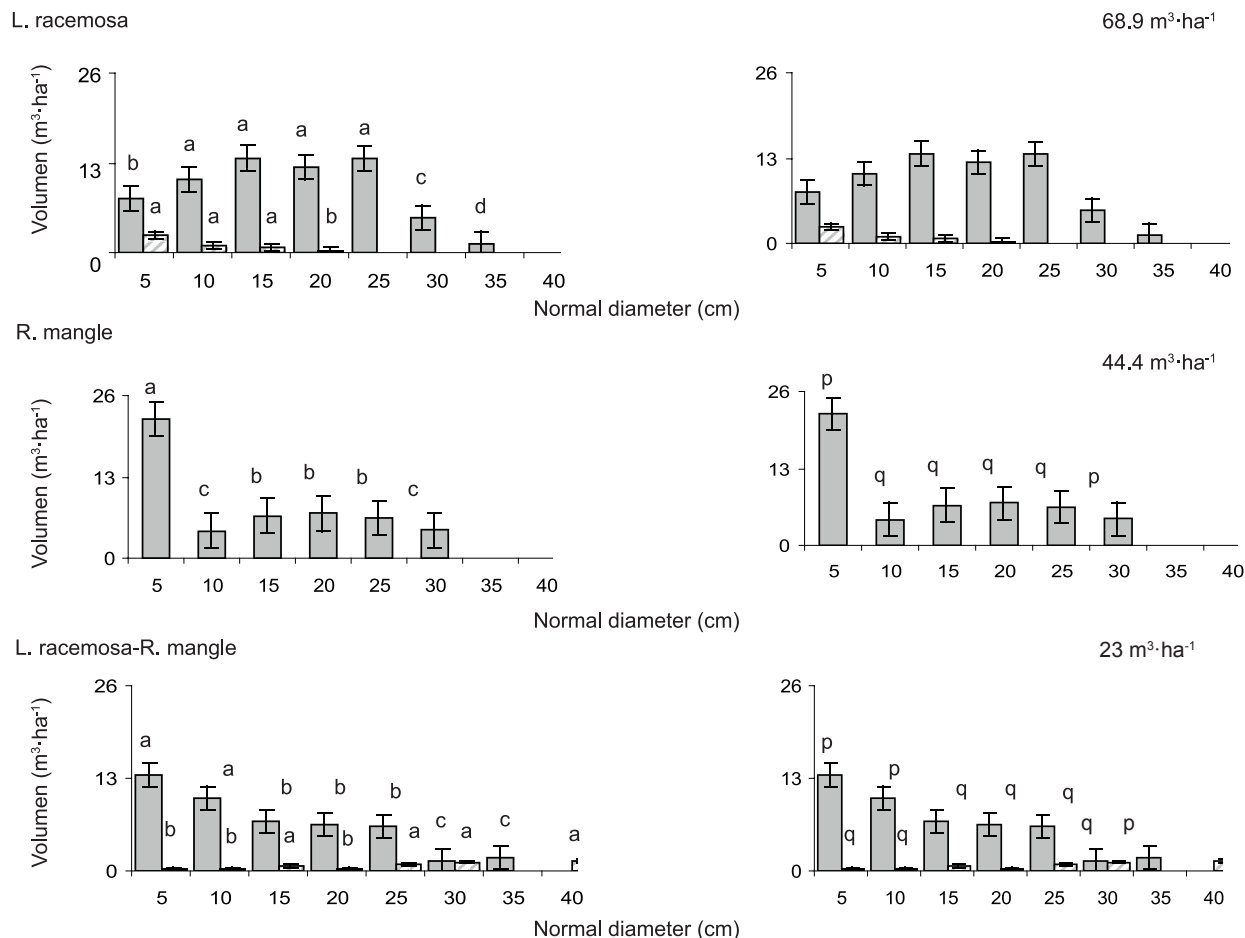


FIGURE 5. Average distribution of volume per diameter category (living , dead) of three mangrove stands in the Estero Palo Verde, Cuyutlán Lagoon, Colima. Same letters indicate no significant differences ($P > 0.05$) among diameter categories for the same species (letters a, b, c, d) and among species for the same category (letters p, q, r).

González G. M. J., Valdez H. J. I., & Velasco G. C. (1993). Valoración de la recreación en áreas forestales. *Agrociencia: serie Recursos Naturales Renovables*, 3(3), 95–113.

Holguín, G., Bashan, Y., Mendoza, S. R. A., Amador, E., Toledo, G., Vázquez, P., & Amador, A. (1999). La microbiología de los manglares: Bosques en la frontera entre el mar y la tierra. *Ciencia y Desarrollo*, 144, 27–35.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (1994). *Armería, estado de Colima. Cuaderno Estadístico Municipal*. México: Autor.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (1995). *Estudio hidrológico del estado de Colima*. México: Autor.

Jiménez, J. A., Lugo, A. E., & Cintron, M. G. (1985). Tree mortality in mangrove forests. *Biotropica*, 17(3), 177–185. doi: 10.2307/2388214.

Kathiresan, K., & Bingham, B. L. (2001). Biology of mangroves and mangrove ecosystems. *Advances in Marine Biology*, 40, 81–251. doi:10.1016/S0065-2881(01)40003-4.

Koch, M. S. (1997). *Rhizophora mangle* L. seedling development into the sapling stage across resource and stress gradients in subtropical Florida. *Biotropica*, 29(4), 427–439. doi: 10.1111/j.1744-7429.1997.tb00037.x

López Portillo, J., & Ezcurra, E. (2002). Los manglares de México: Una revisión. *Madera y Bosques, Número especial*, 27–51.

M'elanie, A., & Lise, C. (2001). The mangroves of the north coast of Haiti: A preliminary assessment. *Wetlands Ecology and Management*, 9, 271–278. doi:10.1023/A:1011173226724.

Menéndez C. L., & Guzmán, J. M. (2007). *Ecosistemas de manglar en el archipiélago cubano*. Cuba: Academia Cuba.

Mohamed, O. S., Neukermans, G., Gitundu, K. J., Dahdouh-Guebas, G. F., & Koedam, N. (2009). Mangrove forests in a peri-urban setting: The case of Mombasa (Kenya). *Wetlands Ecology and Management*, 17, 243–255. doi:10.1007/s11273-008-9104-8.

Statistical Analysis System (SAS). (1999). *SAS Procedures Guide Version 6.0*. Cary, North Carolina, USA.

Schaeffer-Novelli, Y., Cintron-Molero, G., Rothleder A. R., & Camargo, T. M. (1990). Variability of mangrove ecosystems along the Brazilian coast. *Estuaries*, 13(2), 204–218. doi:10.2307/1351590.

Silva, M. A. B., Bernini, E., & Carmo, T. M. S. (2005). Características estruturais de bosques de mangue do estuário do rio São Mateus, ES, Brasil. *Acta Botânica Brasileira*, 19 (3), 465–471.

Soares, M. L. G. (1999). Estrutura vegetal e grau de perturbação dos manguezais da Lagoa da Tijuca, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

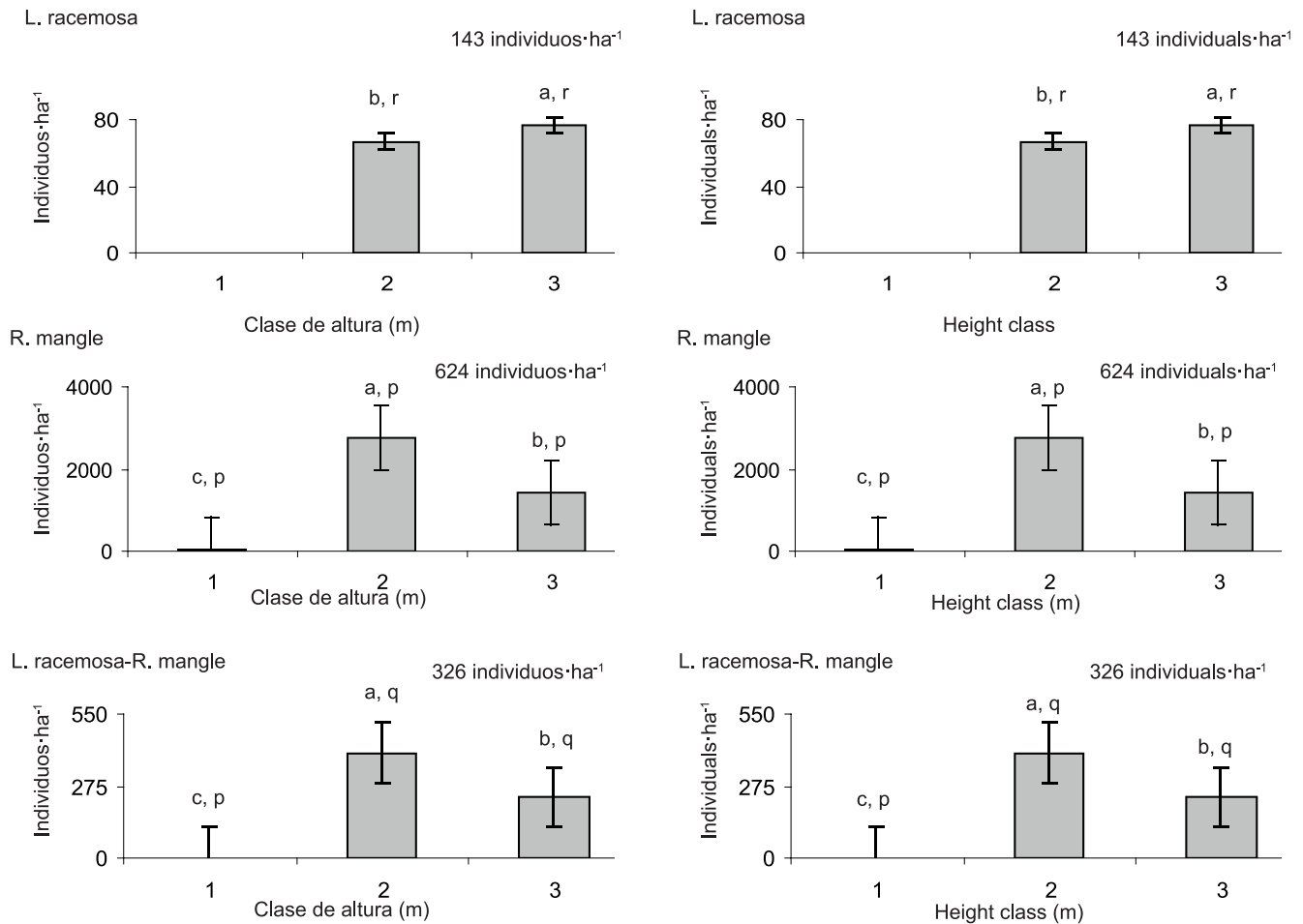


FIGURA 6. Distribución promedio de la regeneración natural por clases de altura de tres rodales de mangle en el Estero Palo Verde, Laguna de Cuyutlán, Colima. Clase 1: plantas < 30 cm altura, clase 2: 30 cm < plantas < 1.3 m altura y clase 3: 1.3 m < plantas < 2.5 cm DN. Letras iguales indican diferencias no significativas ($P > 0.05$) entre clases de altura para una misma especie (letras a, b, c) y entre especies para una misma clase (letras p, q, r).

FIGURE 6. Average distribution of the natural regeneration per height class of three mangrove stands in the Estero Palo Verde, Cuyutlán Lagoon, Colima. Class 1: plants < 30 cm height, class 2: 30 cm < plants < 1.3 m height and class 3: 1.3 m < plants < 2.5 cm DN. Similar letters show no significant differences ($P > 0.05$) between height classes for the same species (a, b, c) and between species for the same class (p, q, r).

Revista Brasileira de Biologia, 59 (3), 503–515. doi:10.1590/S0034-71081999000300016.

Valdés V. E., Valdez H. J. I., Gallardo L. J. F., Ordaz C. V. M., & Pérez N. J. (2006). El carbono edáfico en manglares de Nayarit (México). In J. F. Gallardo Lancho (Ed.). *Medioambiente en Iberoamérica: Visión desde la física y la química en los albores del siglo XXI* (pp. 519–523). Badajoz, España: SIFYQA.

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.

Valdez H. J. I. (2004). Manejo forestal de un manglar al sur de Maris-

mas Nacionales, Nayarit. *Madera y Bosques, Número especial* 2, 93–104.

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.

Zaldívar J. A., Herrera S. J., Coronado M. C., & Alonzo P. D. (2004). Estructura y productividad de los manglares en la reserva de biosfera Ría Celestún, Yucatán, México. *Madera y Bosques, Número especial* 2, 25–35.