

ESTRUCTURA FORESTAL DE UN BOSQUE DE MANGLES EN EL NORESTE DEL ESTADO DE TABASCO, MÉXICO

Francisco Corella Justavino¹, Juan Ignacio Valdez Hernández¹, Víctor Manuel Cetina Alcalá¹, Felix V. González Cossio², Antonio Trinidad Santos³ y Juan Rogelio Aguirre Rivera⁴

RESUMEN

En el estero El Sábalo, Pantanos de Centla, Tabasco, se realizó una caracterización de cuatro rodales de mangles desde un punto de vista dasométrico (densidad, área basal, altura del dosel) y se cuantificó su incremento en diámetro y altura, así como el número de individuos que murieron y se incorporaron durante un año. En cada rodal se establecieron al azar tres parcelas de 100 m² (10 x 10 m), dentro de las cuales se incluyeron todos los árboles mayores a 2.5 cm de DAP. Con el fin de conocer el desarrollo de estos rodales, se aplicaron tres índices de valoración de su estructura: valor de importancia (IVI), valor forestal (IVF) y de complejidad (IC), y se contabilizaron los individuos muertos o nuevos por especie y categoría diamétrica. Los resultados indicaron que mientras *Rhizophora mangle* tuvo los valores más altos de densidad (1109 individuos ha⁻¹), mortalidad (400 individuos ha⁻¹ año⁻¹) e incorporación (334 individuos ha⁻¹ año⁻¹), *Laguncularia racemosa* mostró los incrementos más altos en diámetro (28.1 cm ha⁻¹ año⁻¹) y altura (19.2 m ha⁻¹ año⁻¹). En comparación con manglares de otras localidades, los rodales en el presente estudio tuvieron un desarrollo estructural intermedio (IC=31.8), debido principalmente a un valor relativamente bajo de área basal promedio (24.4 m² ha⁻¹), no obstante la elevada altura de su dosel (23.5 m).

Palabras clave: Características dasométricas, desarrollo del rodal, incorporación, índices estructurales, mangles, mortalidad.

Fecha de recepción: 13 de agosto de 2001.

Fecha de aceptación: 22 de abril de 2004.

¹ Colegio de Postgraduados. Programa Forestal. IRENAT. Correo-e: ignaciov@colpos.mx

² Colegio de Postgraduados. Programa de Estadística. ISEI.

³ Colegio de Postgraduados. Programa de Edafología. IRENAT.

⁴ Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Instituto de Investigaciones de Zonas Desérticas.

ABSTRACT

The characterization of four mangrove stands at the estero El Sábalo, Pantanos de Centla, Tabasco, was carried out from a structural point of view (density, basal area, canopy height). The increment of the stands in diameter and height, as well as the number of dead and recruited individuals during a year was also evaluated. Three 100 m² plots (10 x10 m) were randomly established in each stand, measuring all trees greater than 2.5 cm in diameter at breast height (DAP). With the purpose to know the development of these stands, three structural indices were applied: importance value (IVI), forest value (IVF), and complexity index (IC); and the counting was made of the dead and new specimens by mangrove species and diameter category. Results indicate that *Rhizophora mangle* had the highest values of density (1109 individuals ha⁻¹), mortality (400 individuals ha⁻¹ year⁻¹) and recruitment (334 individuals ha⁻¹ year⁻¹); however *Laguncularia racemosa* showed the highest increments in diameter (28.1 cm ha⁻¹ year⁻¹) and height (19.2 m ha⁻¹ year⁻¹). In comparison to mangroves of other regions, the stands in the present study hold an intermediate structural development (IC = 31.8), mainly due to a relatively low value of average basal area (24.4 m² ha⁻¹), in spite of their high canopy height (23.5 m).

Key words: Tree mensuration, stand development, recruitment, structural indexes, mangroves, mortality.

INTRODUCCIÓN

Los manglares son comunidades vegetales que existen en la zona de convergencia entre el mar y la tierra, comúnmente en áreas tropicales y subtropicales y poseen adaptaciones ecofisiológicas que les permiten desarrollarse en terrenos frecuentemente inundados y salinos. Junto con los pastos marinos y arrecifes coralinos, confieren a la zona costera una productividad primaria 10 a 25 veces superior a la de la mayoría de los ecosistemas marinos y terrestres conocidos (Mitsch y Gosselink, 1986). Este tipo de vegetación forestal es de suma importancia en la protección y estabilización de la línea costera ante la constante acción erosiva del mar y de fenómenos atmosféricos como ciclones y huracanes (Jiménez y Soto, 1985; Tomlinson, 1986; FAO, 1994; Farnsworth y Ellison, 1997), y también proporcionan una gran variedad de productos a las comunidades humanas, tales como madera, taninos, medicinas, pesquerías y cacería (Hamilton y Snedaker, 1984; Vannucci, 1990; Jiménez, 1994).

A pesar de la importancia ecológica y socio-económica de los manglares, éstos están siendo destruidos, debido en gran parte a un desconocimiento de los bienes y servicios que dichos ecosistemas brindan, así como de su estructura, composición y desarrollo, por lo que es necesario generar dicha información para establecer un manejo adecuado.

Hace casi tres décadas, y con objeto de conocer mejor su estructura, Lugo y Snedaker (1974) relacionaron la fisonomía de los manglares en el sur de Florida con la topografía, patrones locales de mareas y drenajes terrestres superficiales. Estos investigadores identificaron cinco tipos de bosque: borde, ribereño, sobrelavado, de cuenca y enano. Posteriormente, Pool *et al.* (1977) usaron esta clasificación en siete lugares de Florida, Puerto Rico, México y Costa Rica y establecieron áreas de muestreo de 0.1 ha para su evaluación, en las cuales cuantificaron el número de especies y de individuos, área basal y la altura del dosel, así como los índices de complejidad del rodal (Holdridge, 1967) y de valor de importancia por especie (Curtis y McIntosh, 1951). Estudios similares se han llevado a cabo en Río Cocal (Puerto Rico) por Martínez *et al.* (1979), en Agua Brava (Nayarit) por Valdez (1991) y San Blas (Nayarit) por Valdez (1994), en los cuales describieron la estructura de los manglares con mediciones ubicadas en un punto a escala temporal, pues son escasos los trabajos que consideran registros para un periodo de crecimiento determinado (Jiménez, 1994).

La estructura de estos bosques se ha evaluado en México desde enfoques diferentes: inventario forestal para aprovechamiento maderable (Hernández, 1945); distribución de especies vegetales con relación a la geomorfología (Thom, 1967); composición florística por zona de inundación (Vázquez, 1971); fisonomía y florística en relación con la latitud (Lot-Helgueras *et al.*, 1975); distribución vertical y horizontal de la vegetación (Menéndez, 1976); patrón de zonación vegetal con respecto a algunos parámetros ambientales (López Portillo, 1982); estructura del rodal y uso de la vegetación (Valdez, 1991); ecología y socioeconomía (Tovilla, 1998) y producción de hojarasca (Rico-Gray y Lot-Helgueras, 1983; Bolio, 2000). No obstante lo anterior, no existen estudios que aborden el desarrollo de la estructura del rodal en manglares de nuestro país. Por tal motivo, y con el propósito de obtener información útil para un manejo apropiado de este recurso forestal, la presente investigación tuvo los siguientes objetivos:

- 1) Caracterizar los rodales de mangles desde un punto de vista dasométrico: densidad, área basal, altura del dosel.
- 2) Cuantificar su incremento en diámetro y altura, así como el número de individuos que mueren y se incorporan al término de un año de estudio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

El presente trabajo se realizó en el estero El Sábalo (18° 35'-18° 40' latitud norte, 92° 27'-92° 29' longitud oeste), que forma parte del Río San Pedro y San Pablo, dentro de la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla, al Noreste del

estado de Tabasco, México (Figura 1). El clima es cálido húmedo (Am) con precipitación promedio anual de 1573 mm y temperatura media anual de 26.6 °C (CONAGUA, 2000); la estación de sequía se presenta de febrero a mayo y la de lluvias de junio a enero, con un máximo de precipitación en octubre-noviembre.

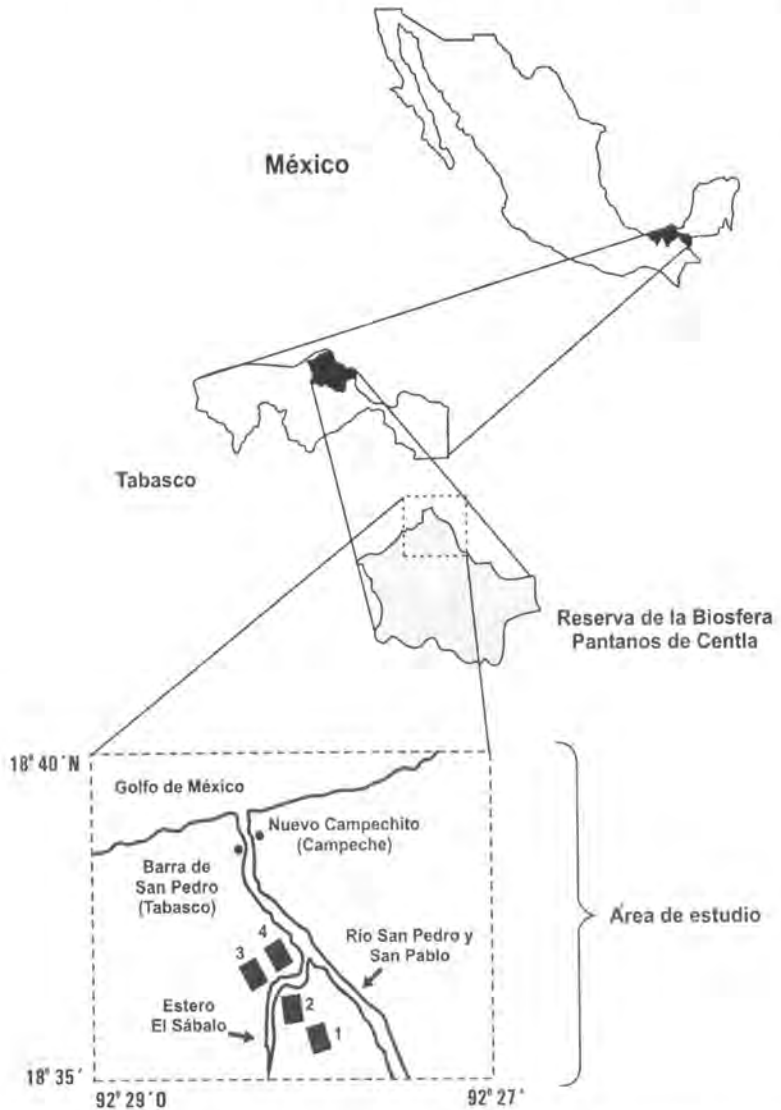


Figura 1. Localización del área de estudio y ubicación de los rodales evaluados (1 a 4) alrededor del estero El Sábalo, Pantanos de Centla, Tabasco.

Características de los rodales evaluados

De acuerdo con la clasificación de Lugo y Snedaker (1974), los rodales estudiados pertenecen a un manglar tipo ribereño, y fueron escogidos con base en la presencia de arbolado maduro de las principales especies de mangles y por su escasa perturbación humana. Los rodales 1 y 2 están ubicados en la ribera derecha del estero, mientras el 3 y el 4 se ubican en el margen izquierdo, están conformados de la siguiente manera:

El rodal 1 es monoespecífico de *Avicennia germinans* (L.) Stearn (mangle negro) que comprende una superficie de 2 ha. Es el menos inundado por las mareas y ocupa la zona más interna del manglar desde el estero en dirección tierra adentro, en donde limita con masas puras de *Bucida buceras* L. (pukté) y *Haematoxylum campechianum* L. (tinto). El rodal 2 está compuesto de *Rhizophora mangle* L. (mangle rojo), *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. f. (mangle blanco) y *Avicennia germinans*, en una superficie de 10 ha. Ocupa una zona intermedia del manglar que colinda hacia el estero con un rodal mixto de *R. mangle* y *L. racemosa* y hacia tierra firme limita con otro de *A. germinans*. El rodal 3 está constituido por dos especies: *R. mangle* y *L. racemosa*, sobre una superficie aproximada de 2.4 ha en la zona más cercana al estero. La parte posterior es contigua a otro rodal representado por *R. mangle*, *L. racemosa*, *A. germinans* y *Conocarpus erectus* L. (mangle botoncillo). El rodal 4 está representado por *R. mangle* y *L. racemosa*, sobre una superficie de 2.8 ha y está también en la zona más cercana al estero. Limita hacia tierra firme con un rodal mixto de *R. mangle*, *L. racemosa* y *A. germinans*.

Procedimiento de muestreo y medición de variables dasométricas

Se establecieron tres parcelas de 100 m² (10 x 10 m) al azar en cada rodal, dentro de las cuales se midió a todos los árboles mayores de 2.5 cm de diámetro a la altura del pecho (DAP), de acuerdo con Pool *et al.* (1977). La información respecto al número de árboles, diámetro, área basal, altura y cobertura de dosel se organizó para cada especie y por categoría diamétrica de 5 cm de amplitud. Por lo tanto, la categoría 5 se refiere a aquellos árboles que midieron de 2.5 a 7.4 cm de DAP, la categoría siguiente a los que midieron de 7.5 a 12.4 cm de DAP y así sucesivamente. Se realizaron dos mediciones posteriores a los seis y a los 12 meses.

La altura total del arbolado se determinó con una pistola Haga y el diámetro para *L. racemosa* y *A. germinans* se midió con una cinta diamétrica a 1.3 m de la superficie del suelo y 20 cm arriba de la parte final de las raíces zancudas, de acuerdo con los criterios de Valdez (1991) para *R. mangle*. La densidad de cobertura del dosel se estimó con la ayuda de un diagrama de porcentajes de cubrimiento al nivel de copas de los árboles (Walker y Hopkins, 1990).

Cálculo del área basal y de índices estructurales

El área basal (AB) de los árboles se calculó mediante la siguiente fórmula:

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

Se utilizaron tres índices de valoración estructural de los rodales: a) Índice de Valor de Importancia (IVI), b) Índice de Valor Forestal (IVF) y c) Índice de Complejidad (IC).

El IVI es un índice de importancia estructural desarrollado principalmente para rodales mezclados (Curtis y McIntosh, 1951) y se calcula de acuerdo a:

$$IVI = Dr + Domr + Fr$$

Donde:

- Dr = densidad relativa
- $Domr$ = dominancia relativa
- Fr = frecuencia relativa

El IVF se aplicó con el propósito de considerar la altura de todos los individuos medidos en el rodal, así como de la densidad de cobertura de dosel en el mismo, mediante la fórmula:

$$IVF = DAPr + Ar + Cr$$

Donde:

- $DAPr$ = diámetro relativo a la altura del pecho
- Ar = altura relativa
- Cr = cobertura relativa

El IC es una expresión de la diversidad y abundancia de especies en diferentes tipos de rodales y fue calculado por primera vez en algunos bosques de Costa Rica por Holdridge (1967). Este índice es una medida que integra las características estructurales y florísticas y cuantifica el grado de desarrollo estructural de un rodal en 0.1 ha (Holdridge *et al.*, 1971; Pool *et al.*, 1977) como sigue:

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

Donde:

s = No. de especies

d = densidad de árboles mayores de 2.5 cm de DAP

b = área basal (m^2)

h = altura (m) de los tres árboles más altos

Las distribuciones del número de árboles por categoría diamétrica fueron ajustadas mediante ecuaciones de regresión siguiendo el procedimiento de mínimos cuadrados en el paquete SAS (Schlotzhauer y Littell, 2000). También se realizaron análisis de regresión entre el número de individuos incorporados y muertos, así como entre la altura del dosel y el DAP de los árboles por especie.

RESULTADOS

El número de árboles y diámetro para los rodales y especies evaluadas durante un año de estudio se muestran en el Cuadro 1 y en las Figuras 2a a 2c los modelos de regresión relacionados con esta variable. Los datos con signos negativos se deben a la incorporación de árboles al final del año, que tenían características dasométricas menores a los existentes; en consecuencia, disminuyó el resultado promedio de las mediciones en el muestreo final con respecto al obtenido en el inicio del estudio.

El número de individuos de las tres especies de mangles en los cuatro rodales disminuyó conforme aumentó el diámetro del árbol (Figuras 2a a 2c), con excepción de *L. racemosa* en el rodal 2 (Figura 2b). El comportamiento general de la densidad favoreció a *R. mangle* con 1109 individuos ha^{-1} , seguido de *A. germinans* y *L. racemosa* con 774 y 718 individuos ha^{-1} , respectivamente. Con relación a los árboles que murieron durante el periodo de estudio, *R. mangle* generó la cifra más alta con 400 individuos ha^{-1} , seguido de *A. germinans* y *L. racemosa* con 142 y 125 individuos ha^{-1} (Cuadro 1).

Con respecto a los nuevos individuos, a *R. mangle* corresponde el mayor número con 334 árboles ha^{-1} , seguido de *L. racemosa* y *A. germinans* con 266 y 208 individuos ha^{-1} . Las tres especies incorporaron una mayor cantidad de individuos que la que perdieron en los cuatro rodales durante el periodo de evaluación, aunque *R. mangle* presentó una relación inversa en los rodales 2 y 3 (Figura 3a). Las categorías diamétricas con la mayor densidad forestal fueron la de 5 cm para *R. mangle* y *A. germinans* y la de 10 cm para *L. racemosa* (Cuadro 1).

La especie que presentó el valor más elevado en la suma del diámetro promedio de sus categorías diamétricas fue *A. germinans* (153.3 cm ha^{-1}) y siguen en importancia *L. racemosa* (134.9 cm ha^{-1}) y *R. mangle* (84.3 cm ha^{-1}).

Cuadro 1. Número de árboles y diámetro promedio a la altura del pecho en cada categoría diamétrica.

Ep ¹	CD ²	No. de árboles ³ (ha ⁻¹ año ⁻¹)				Diámetro ⁴ (cm)		
		No	M	I	Nf	Do	Df	Incremento (cm ha ⁻¹ año ⁻¹)
Rm	5	725	367	242	600	5.1	5.1	0.0
	10	375	33	67	409	9.8	9.8	0.0
	15	59	0	17	76	14.3	13.7	-0.6
	20	8	0	8	16	19.5	19.0	-0.5
	35	8	0	0	8	36.5	36.7	0.2
			1175	400	334	1109	85.2	84.3
Lr	5	109	109	208	208	6.6	3.9	-2.7
	10	225	8	17	234	10.3	9.9	-0.4
	15	134	8	25	151	15.1	14.6	-0.5
	20	67	0	8	75	20.3	19.9	-0.4
	25	17	0	8	25	24.8	24.6	-0.2
	30	25	0	-8	17	29.7	28.0	-1.7
	35	0	0	8	8	0.0	34.0	34.0
		577	125	266	718	106.8	134.9	28.1
Ag	5	417	125	167	459	5.0	4.9	-0.1
	10	142	17	33	158	9.6	9.8	0.2
	15	100	0	0	100	15.7	15.8	0.1
	20	25	0	8	33	20.1	19.9	-0.2
	25	8	0	0	8	25.3	25.5	0.2
	30	8	0	0	8	30.2	30.3	0.1
	35	8	0	0	8	47.0	47.1	0.1
			708	142	208	774	152.9	153.3
Total		2460	667	808	2601	344.9	372.5	27.6

¹Ep = especie; ²CD = categoría diamétrica; ³No = inicial, M = muriendo, I = incorporados, Nf = final; ⁴Do = al inicio, Df = final; Rm = *Rhizophora mangle*; Lr = *Laguncularia racemosa*; Ag = *Avicennia germinans*.

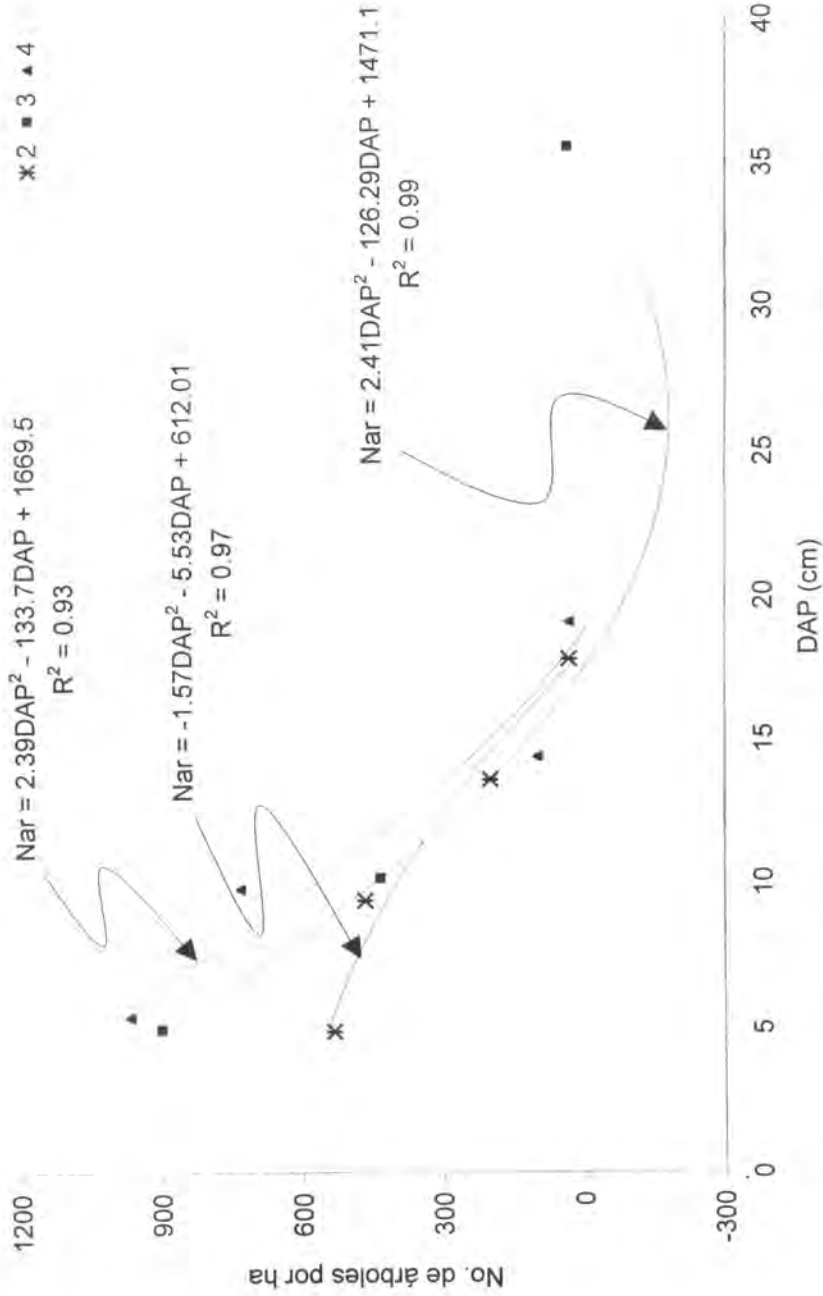


Figura 2a. Distribución del número de árboles de *R. mangle* por categoría diamétrica en los cuatro rodales estudiados (1 a 4). Las flechas indican modelos de regresión ajustados por rodal. Nar = número de árboles, DAP = diámetro a la altura del pecho.

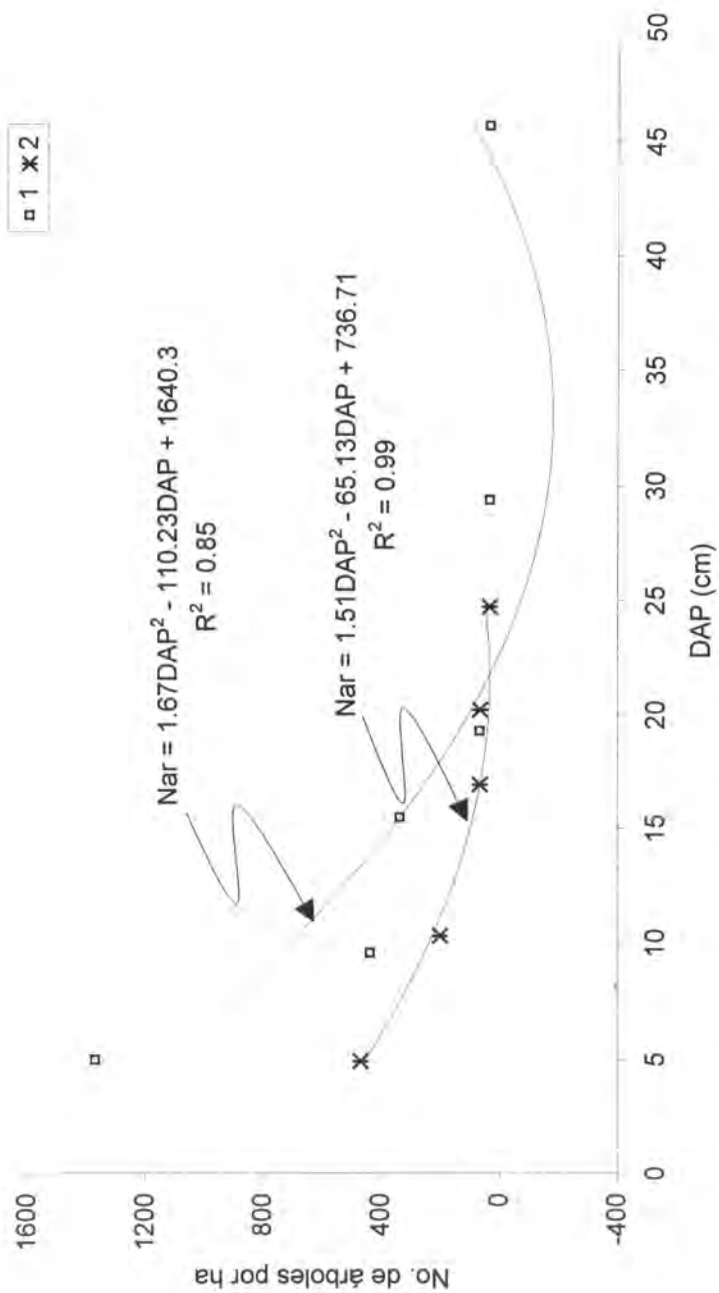


Figura 2b. Distribución del número de árboles de *L. racemosa* por categoría diamétrica en los cuatro rodales estudiados (1 a 4). Las flechas indican modelos de regresión ajustados por rodal. Nar = número de árboles, DAP = diámetro a la altura del pecho.

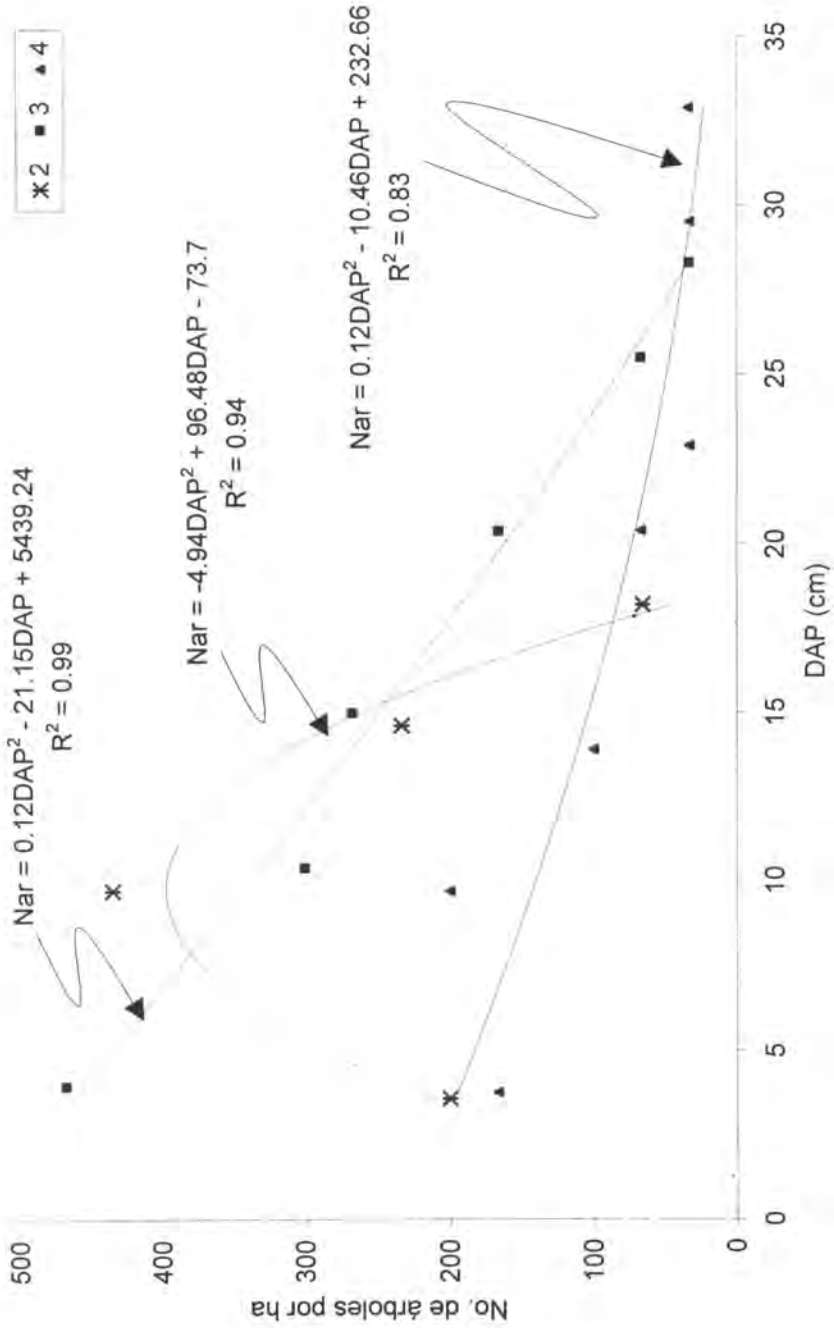


Figura 2c. Distribución del número de árboles de *A. germinans* por categoría diamétrica en los cuatro rodales estudiados (1 a 4). Las flechas indican modelos de regresión ajustados por rodal. Nar = número de árboles, DAP = diámetro a la altura del pecho.

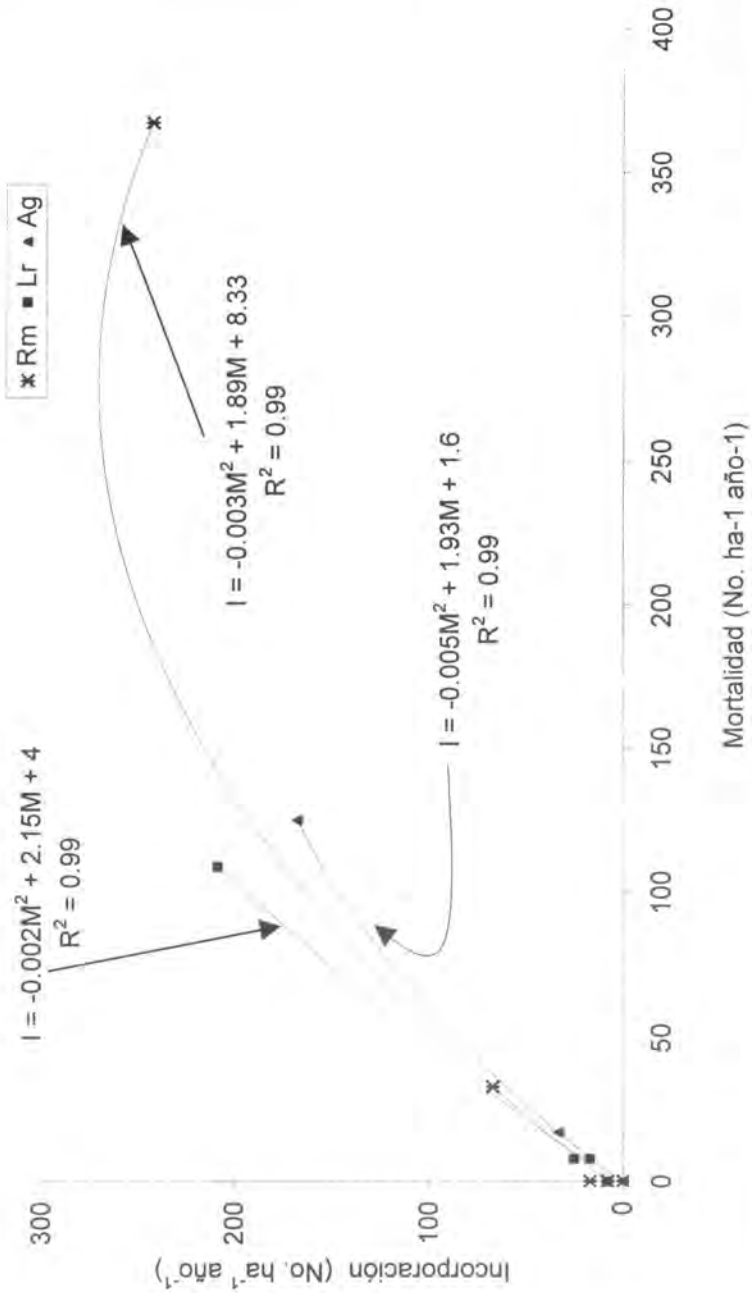


Figura 3a. Relación del número de árboles incorporados contra los muertos para *R. mangle* (Rm), *L. racemosa* (Lr) y *A. germinans* (Ag) en el área de estudio. I = incorporación, M = mortalidad.

En los incrementos sumados de cada categoría diamétrica, *L. racemosa* alcanzó el primer lugar ($28.1 \text{ cm ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$), seguido de *A. germinans* ($0.4 \text{ cm ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) y *R. mangle* ($-0.9 \text{ cm ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) (Cuadro 1).

La Figura 3b indica que a una mayor altura del dosel existe un mayor diámetro del árbol hasta aproximadamente la categoría de 25 cm de DAP, a partir del cual la altura permanece casi constante conforme el diámetro de los individuos sigue aumentando.

Tomando en cuenta valores promedio, *L. racemosa* presentó decrementos en diámetro en todas sus categorías diamétricas, principalmente en la de 5 y 30 cm, lo cual puede atribuirse a la incorporación de individuos en la categoría de 5 cm durante el año y al paso de aquellos en la de 30 cm a la categoría superior siguiente. En contraste, *A. germinans* mostró incrementos en la mayoría de sus categorías, con excepción de la de 5 y 20 cm, y *R. mangle* tuvo decrementos en dos categorías (15 y 20 cm) e incremento sólo en una (35 cm) (Figura 3c).

Un indicador de la cantidad del recurso maderable existente en un rodal es el área basal expresada como la suma del área transversal del tallo a la altura del pecho. La especie que en general tuvo el valor más elevado de área basal promedio fue *L. racemosa* con $10 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$, seguida de *A. germinans* y *R. mangle* con 7.5 y $6.9 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$, respectivamente (Cuadro 2). En cambio, el mayor incremento promedio lo tuvo *A. germinans* con $0.6 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, seguido de *L. racemosa* y *R. mangle* con 0.5 y $0.4 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$. Las categorías diamétricas más altas fueron la de 10 cm en *R. mangle* y la de 15 cm en *L. racemosa* y *A. germinans*; en tanto que el incremento promedio de esta variable fue mayor para las categorías de 35 cm en *L. racemosa* y de 10 cm en *R. mangle* (Cuadro 2).

Los valores más elevados de área basal (AB) y su incremento (IAB) fueron registrados para *R. mangle* en el rodal 4 para la categoría de 10 cm de DAP, aunque sólo el rodal 3 presentó IAB positivos en todas sus categorías diamétricas (Figura 4a). A pesar de que los mayores IAB fueron los de *L. racemosa* también en el rodal 4, igualmente se tuvieron aquí los menores IAB, con el más alto valor de AB en el rodal 3 para la categoría de 20 cm (Figura 4b). Los IAB de *A. germinans* en el rodal 1, si bien no fueron los de mayor valor en algunas categorías diamétricas, siempre tuvieron valores positivos; sin embargo, la distribución de AB en este rodal (monoespecífico) por categorías diamétricas fue más irregular que aquella en el rodal 2 (mezclado) (Figura 4c).

La altura es un indicador del desarrollo de la estructura de un rodal. En forma general, la especie que tuvo el valor más elevado de altura promedio acumulada fue *A. germinans*, seguida de *L. racemosa* y *R. mangle*; en tanto que con relación a los incrementos promedio, *L. racemosa* ocupó el primer

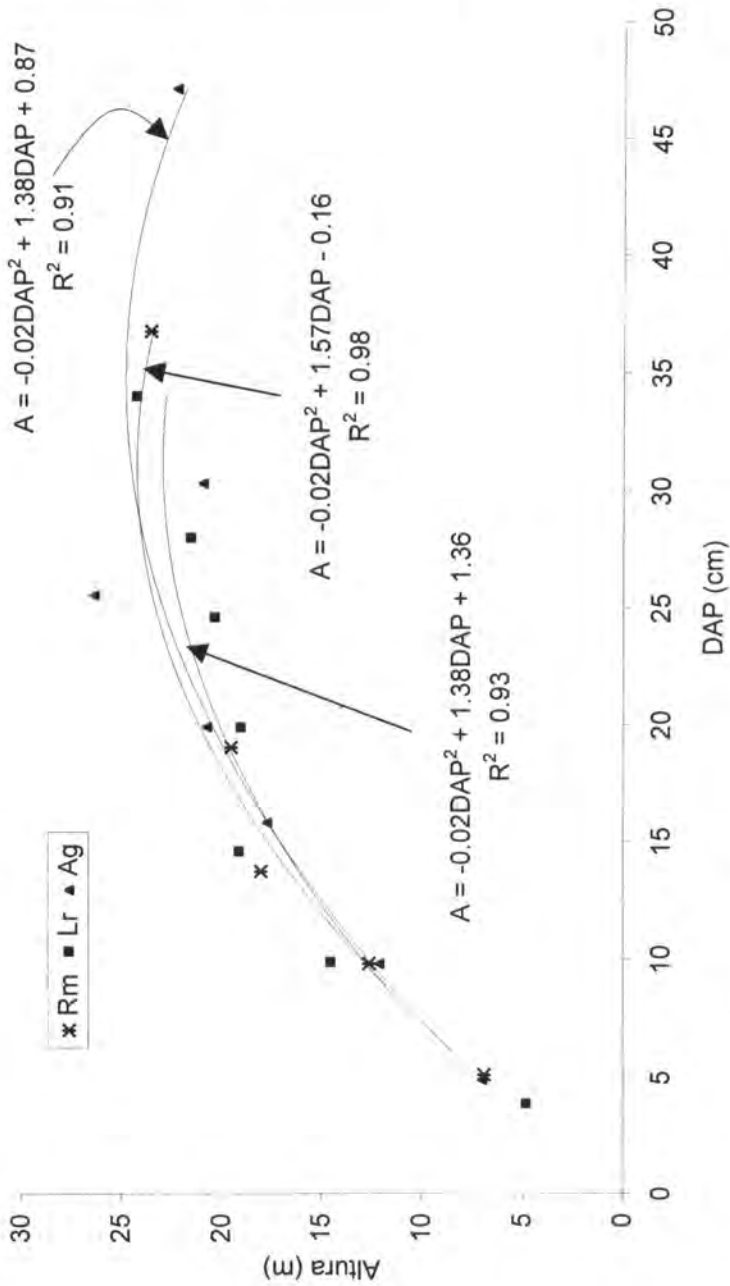


Figura 3b. Relación de la altura del dosel con el DAP por categoría diamétrica para *R. mangle* (Rm), *L. racemosa* (Lr) y *A. germinans* (Ag) en el área de estudio.
A = altura del dosel, DAP = diámetro a la altura del pecho.

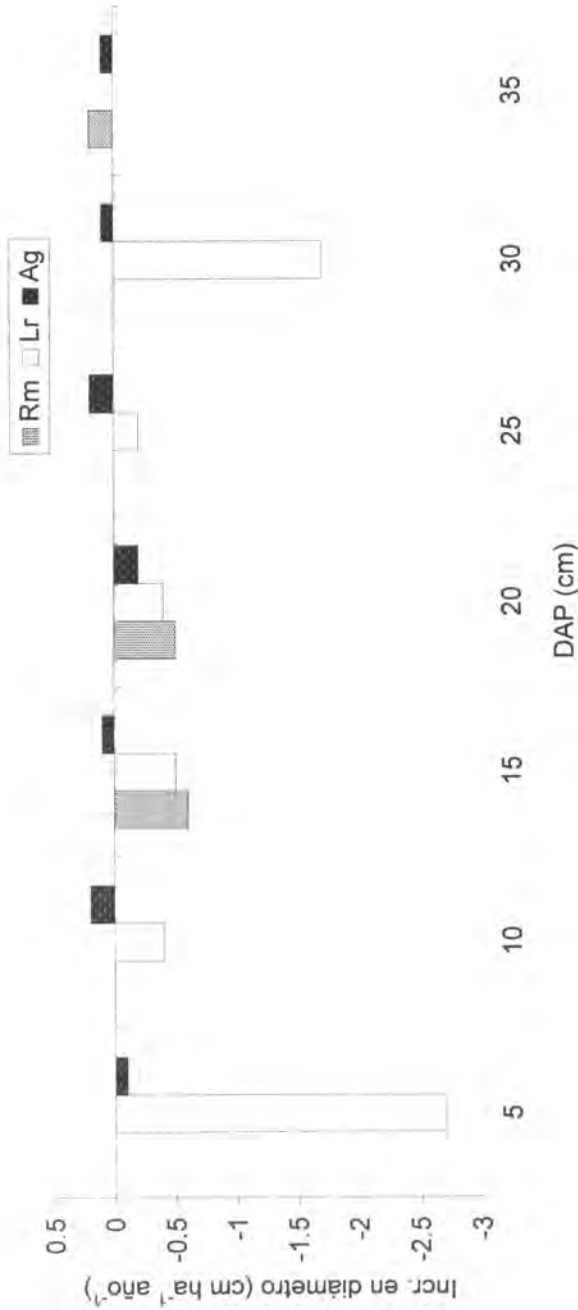


Figura 3c. Relación del incremento en diámetro por categoría diamétrica para *R. mangle* (Rm), *L. racemosa* (Lr) y *A. germinans* (Ag) en el área de estudio.
DAP = diámetro a la altura del pecho.

Cuadro 2. Número de árboles y diámetro promedio a la altura del pecho en cada categoría diamétrica.

Ep ¹	CD ²	Area basal ³ (m ² ha ⁻¹)		Incremento (m ² ha ⁻¹ año ⁻¹)
		ABo	ABf	
Rm	5	1.59	1.36	-0.23
	10	2.87	3.14	0.27
	15	0.95	1.14	0.19
	20	0.23	0.44	0.21
	35	0.80	0.81	0.01
			6.44	6.89
Lr	5	0.38	0.29	-0.09
	10	1.92	1.86	-0.06
	15	2.44	2.56	0.12
	20	2.20	2.34	0.14
	25	0.84	1.20	0.36
	30	1.74	1.07	-0.67
	35	0.00	0.70	0.70
		9.52	10.02	0.50
Ag	5	0.87	0.98	0.11
	10	1.05	1.22	0.17
	15	1.93	1.97	0.04
	20	0.80	1.02	0.22
	25	0.38	0.39	0.01
	30	0.55	0.56	0.01
	35	1.33	1.34	0.01
			6.91	7.48
Total		22.87	24.39	1.52

¹Ep = especie; ²CD = categoría diamétrica; ³ABo = inicial, ABf = final; Rm = *Rhizophora mangle*; Lr = *Laguncularia racemosa*; Ag = *Avicennia germinans*.

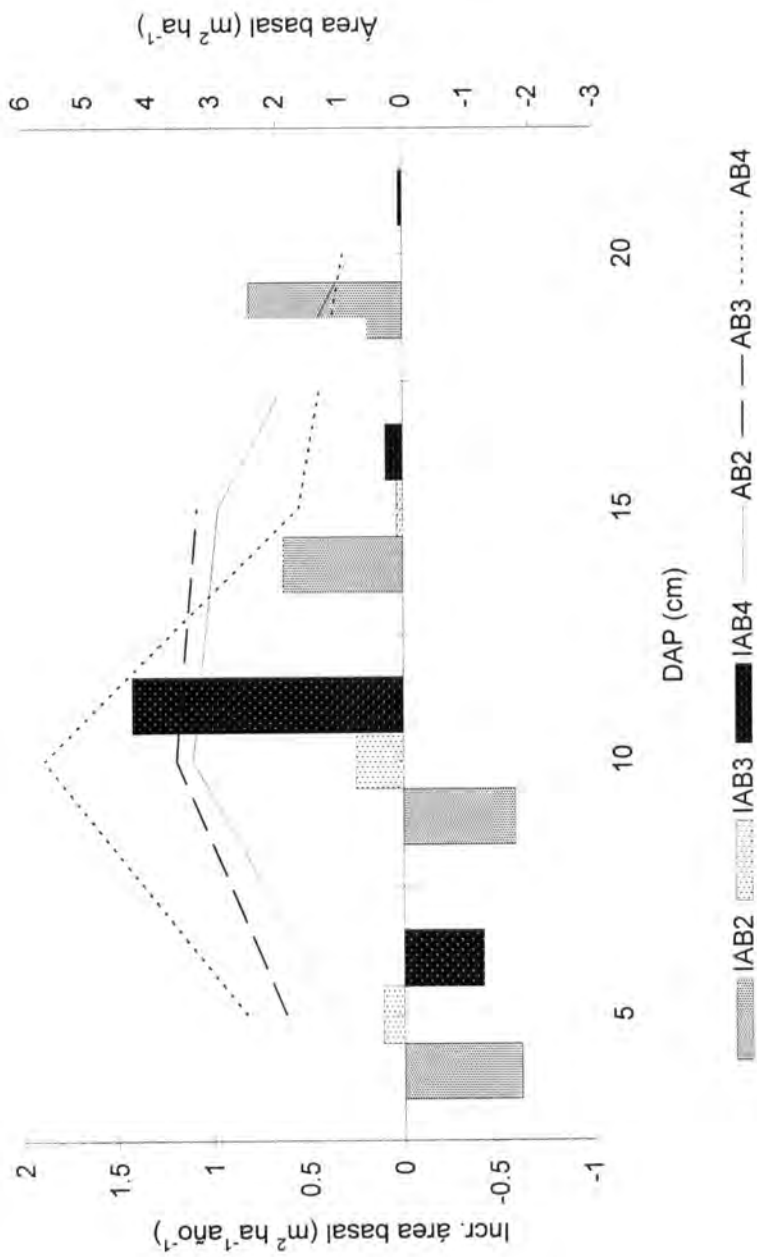


Figura 4a. Distribución del área basal (AB) y su incremento (IAB) en *R. mangle* por categoría diamétrica en los cuatro rodales estudiados (1-4).

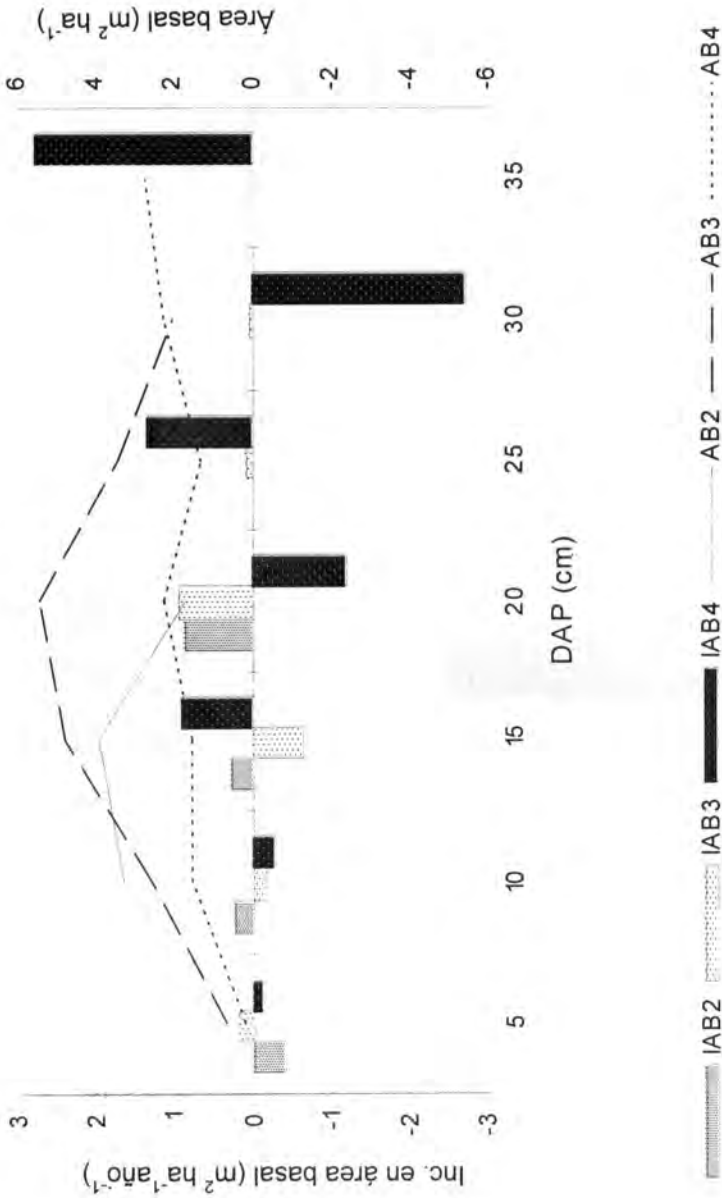


Figura 4b. Distribución del área basal (AB) y su incremento (IAB) en *L. racemosa* por categoría diamétrica en los cuatro rodales estudiados (1-4).

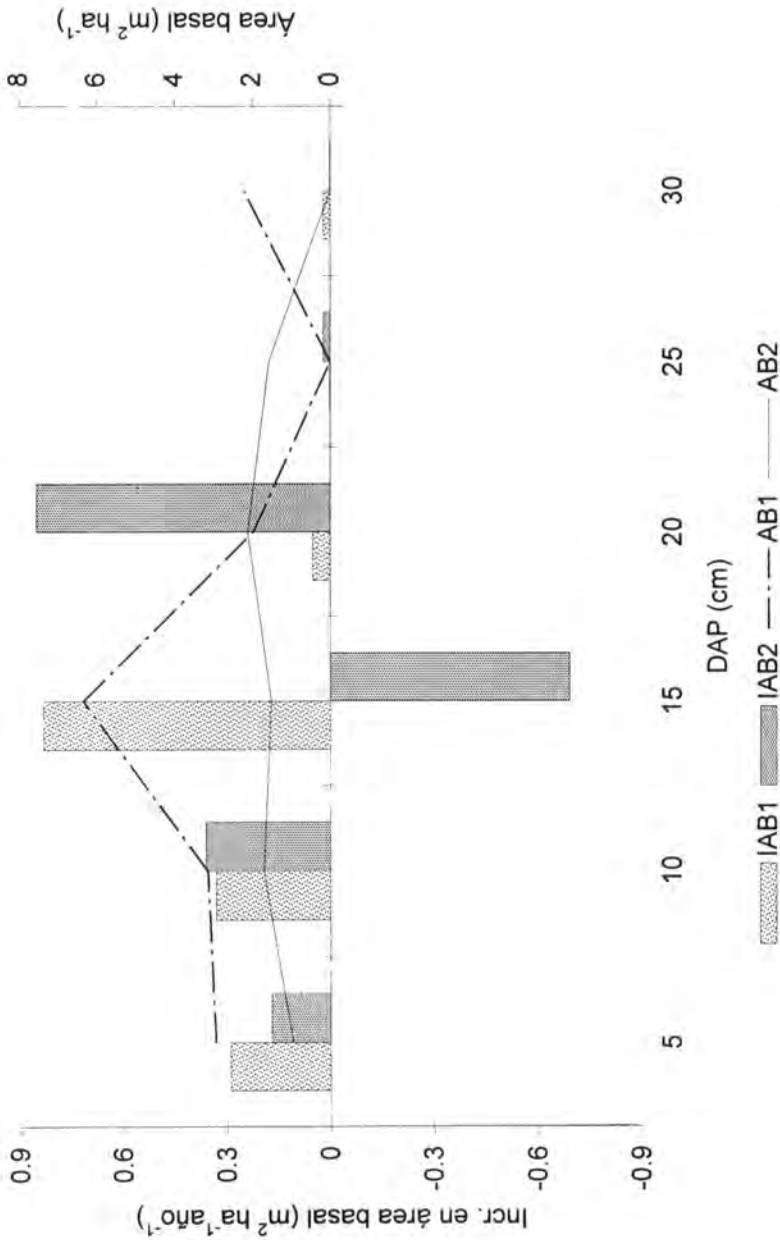


Figura 4c. Distribución del área basal (AB) y su incremento (IAB) en *A. germinans* por categoría diamétrica en los cuatro rodales estudiados (1-4).

lugar con $19.2 \text{ m ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, seguido por *A. germinans* y *R. mangle* con -0.5 y $-4.5 \text{ m ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, respectivamente (Cuadro 1). La altura más desarrollada por categoría diamétrica fue de *A. germinans* con 26.3 m en la categoría de 25 cm, seguida de *L. racemosa* con 24.2 m en la de 35 cm y *R. mangle* con 23.5 m también en la de 35 cm (Cuadro 3).

En todos los rodales y para las tres especies, se encontró que a una mayor altura correspondió un mayor diámetro en las especies estudiadas (Figuras 5a a 5c), con excepción de aquellas categorías diamétricas donde no se registraron individuos (p. ej. categoría de 25 cm en el rodal 1 de *A. germinans*). Los incrementos en altura (IA) no siguieron esta misma tendencia, ya que mientras los valores más altos se agruparon en la categoría de 20 cm en el rodal 2 tanto para *R. mangle* (Figura 5a) como *A. germinans* (Figura 5c), en *L. racemosa* se presentaron en los árboles entre 25 y 35 cm del rodal 4 (Figura 5b).

La cobertura de dosel expresa la proporción del estrato superior que cubre parcialmente la entrada de luz solar al sotobosque y tuvo un mayor valor en el rodal 1 (63%), seguido por los rodales 3 (62%), 4 (61%) y 2 (61%). Mientras que en el rodal 3 la densidad de cobertura del dosel aumentó en 1% al finalizar el año, en el resto de los rodales disminuyó en 1%.

A. germinans tuvo el valor promedio más importante de densidad de cobertura del dosel con 65%, seguido por *L. racemosa* y *A. germinans* con 61% y 60%, respectivamente (Cuadro 4). No hubo cambios en cobertura durante el año para *R. mangle*, y sólo una disminución de 1% en *L. racemosa* y *A. germinans*. Las especies que tuvieron en promedio una mayor cobertura por categoría diamétrica fueron *A. germinans* y *L. racemosa* en las categorías de 30 y 35 cm (Cuadro 4).

R. mangle presentó los valores más elevados de los índices de valor de importancia y de valor forestal tanto en el rodal 2 (IVI = 107%, IVF = 116%) como en el rodal 4 (IVI = 172%, IVF = 207%), mientras que *L. racemosa* los obtuvo en el rodal 3 (IVI = 168%, IVF = 169%). El más alto valor del índice de complejidad se presentó en el rodal 2 (IC = 58.5).

DISCUSIÓN

Los manglares estudiados en los Pantanos de Centla, Tabasco, fueron similares en composición florística a los evaluados por Pool *et al.* (1977) en Florida, Puerto Rico y Sinaloa, así como por Valdéz (1991, 1994) en Agua Brava y San Blas, Nayarit, y en Moin y Boca Barranca, Costa Rica. Se identificaron, además de las tres especies estudiadas, los géneros *Pterocarpus* y *Pelliciera* (Pool *et al.*, 1977; Jiménez, 1994).

Cuadro 3. Número de árboles y diámetro promedio a la altura del pecho en cada categoría diamétrica.

Ep ¹	CD ²	Altura ³ (m ha ⁻¹)		
		Ao	Af	Af - Ao (m ha ⁻¹ año ⁻¹)
Rm	5	7.6	6.9	-0.7
	10	12.8	12.6	-0.2
	15	18.4	18.0	-0.3
	20	22.9	19.5	-3.4
	35	23.4	23.5	0.1
			85.1	80.6
Lr	5	9.7	4.8	-4.9
	10	15.4	14.5	-1.0
	15	19.0	19.1	0.1
	20	19.1	19.0	-0.2
	25	18.6	20.3	1.6
	30	22.2	21.5	-0.7
	35	0.0	24.2	24.2
		104.1	123.3	19.2
Ag	5	7.4	7.0	-0.4
	10	12.1	12.1	0.0
	15	17.8	17.7	-0.1
	20	21.2	20.7	-0.5
	25	26.0	26.3	0.3
	30	20.8	20.9	0.1
	35	22.1	22.2	0.1
		127.4	126.9	-0.5
Total		316.6	330.8	14.2

¹Ep = especie; ²CD = categoría diamétrica; ³Ao = inicial, Af = final; Rm = *Rhizophora mangle*; Lr = *Laguncularia racemosa*; Ag = *Avicennia germinans*.

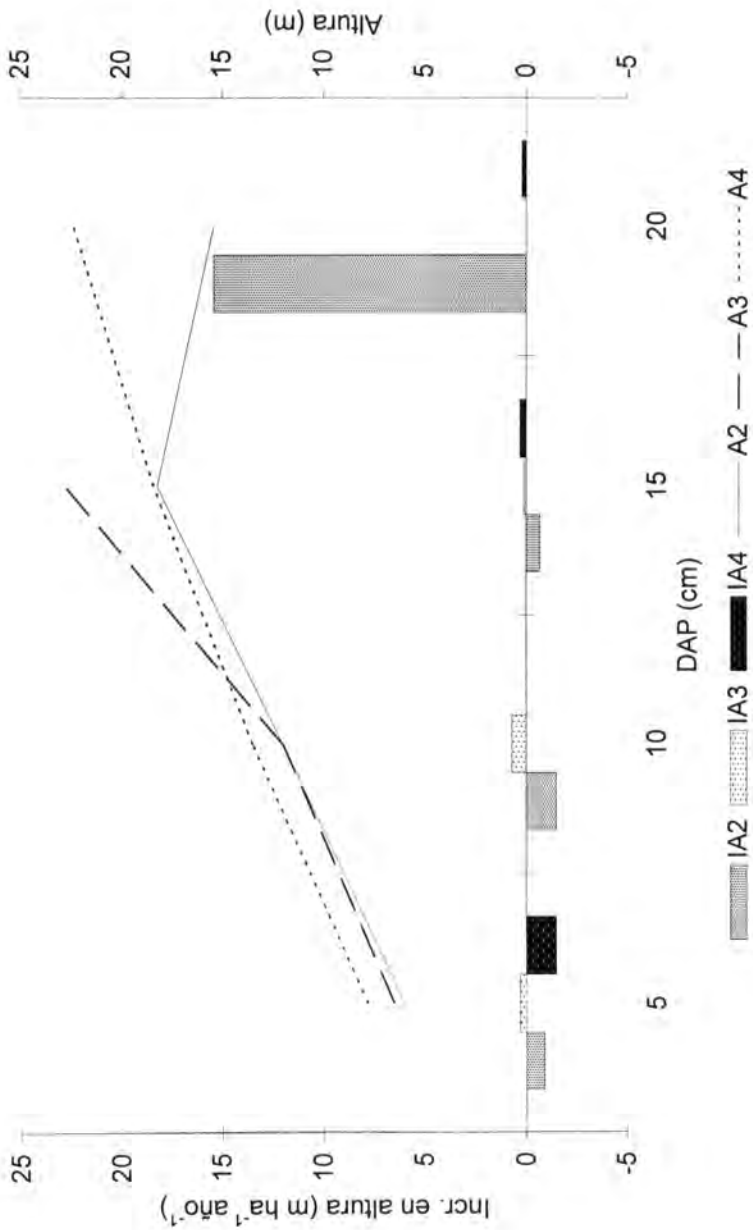


Figura 5a. Distribución de la altura (A) y su incremento (IA) en *R. mangle* por categoría diamétrica en los cuatro rodales estudiados (1-4).

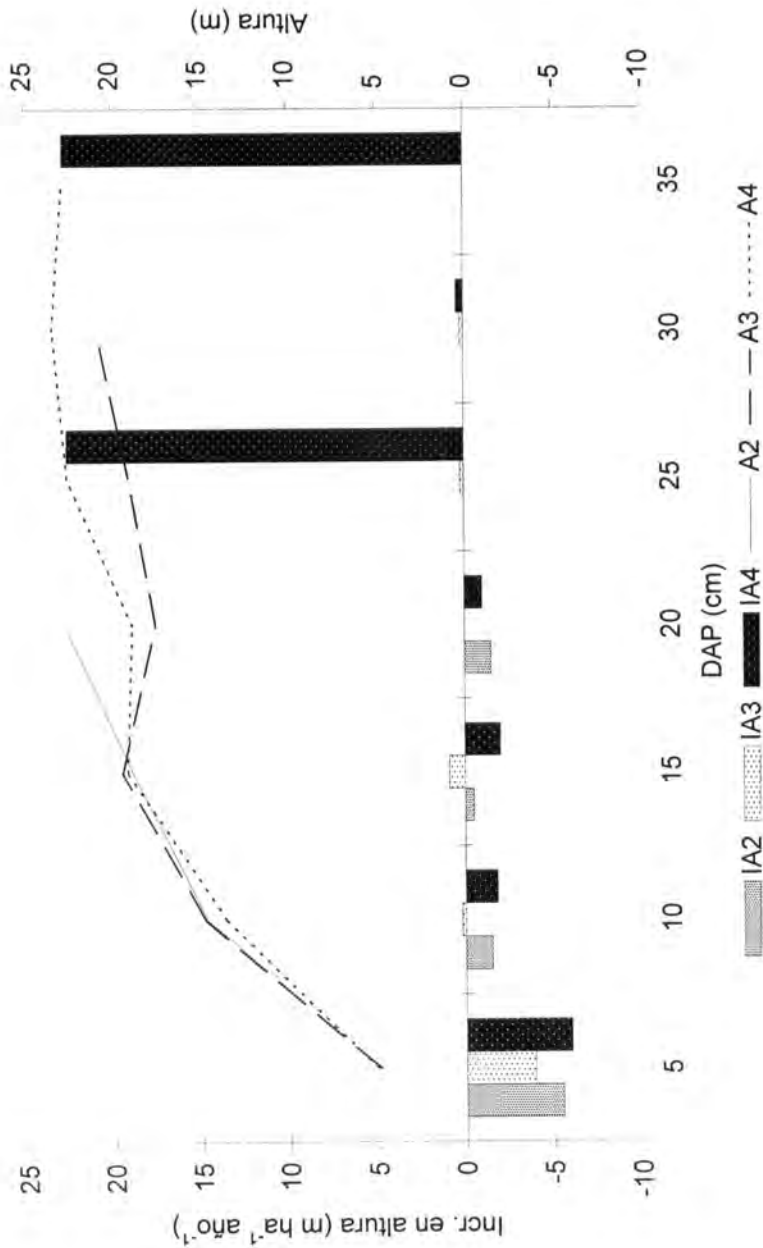


Figura 5b. Distribución de la altura (A) y su incremento (IA) en *L. racemosa* por categoría diamétrica en los cuatro rodales estudiados (1-4).

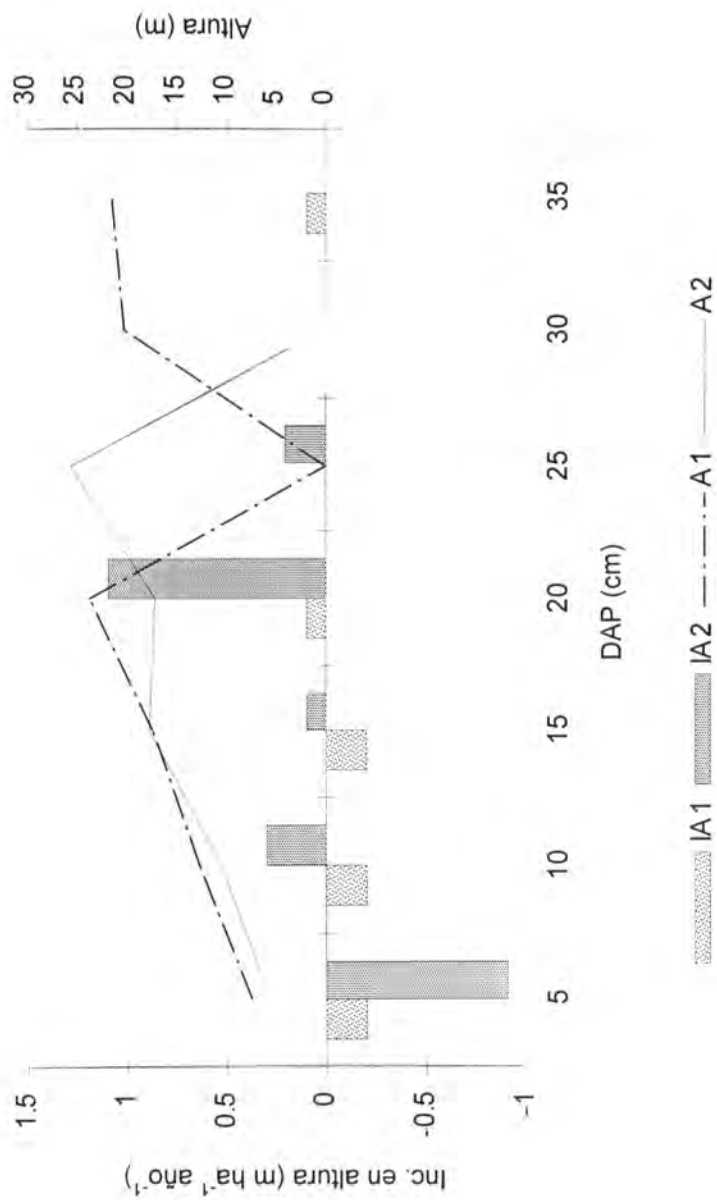


Figura 5c. Distribución de la altura (A) y su incremento (IA) en *A. germinans* por categoría diamétrica en los cuatro rodales estudiados (1-4).

Cuadro 4. Número de árboles y diámetro promedio a la altura del pecho en cada categoría diamétrica.

Ep ¹	CD ²	Cobertura ³ (% ha ⁻¹)		
		Co	Cf	Cf - Co (% ha ⁻¹ año ⁻¹)
Rm	5	61	58	-3
	10	60	61	1
	15	60	61	1
	20	60	65	5
	35	65	60	-5
			60	60
Lr	5	65	59	-6
	10	63	64	1
	15	65	65	0
	20	64	64	0
	25	67	65	-2
	30	69	69	0
	35	70	70	0
		62	61	-1
Ag	5	62	61	-1
	10	63	61	-2
	15	65	64	-1
	20	68	64	-4
	25	64	65	1
	30	70	70	0
	35	70	70	0
			66	65
Total		63	62	-1

¹Ep = especie; ²CD = categoría diamétrica; ³Co = inicial, Cf = final; Rm = *Rhizophora mangle*; Lr = *Laguncularia racemosa*; Ag = *Avicennia germinans*.

De acuerdo con el Cuadro 5, la mayor densidad se registró en Agua Brava (7600 árboles ha⁻¹) y la menor en Boca Barranca (1100 árboles ha⁻¹); en tanto que Moin (1370 árboles ha⁻¹) y Centla (2601 árboles ha⁻¹) se obtuvieron valores intermedios.

El mayor DAP promedio se obtuvo en Moin (29.9 cm), y el menor en Florida, EUA (11.1 cm); mientras que en Centla, el valor fue intermedio (19.6 cm) (Cuadro 5). Asimismo, la mayor área basal se encontró en Moin (96.4 m² ha⁻¹) y la menor en Vacía Talega, Puerto Rico (20.9 m² ha⁻¹); mientras que en Centla el valor fue cercano a esta última localidad (24.4 m² ha⁻¹) (Cuadro 5).

La mayor altura del dosel se registró en Centla (23.5 m), y la menor en Florida (9 m) (Cuadro 5). Este desarrollo en altura de los árboles para el área de estudio

Cuadro 5. Características estructurales de manglares tipo ribereño en algunas áreas del continente Americano.

Pais / Sitio	Lat. (N)	Long. (O)	Número de especies	DAP (cm)	Densidad (n)	Área Basal (m ² ha ⁻¹)	Altura (m)	IC
Florida, EUA Ten Thousand Islands ¹	25°50'	81°30'	2	11.1	4000	38.5	9.0	27.7
Puerto Rico Vacía Talega ¹	18°27'	65°57'	3	11.9	1890	20.9	13.0	15.4
Río Cocal ²	18°27'	65°52'	2	11.3	3230	32.5	16.5	34.6
México Isla La Palma ¹	22°35'	105°40'	3	18.1	2360	60.8	17.0	73.2
Río Las Cañas ¹	22°31'	105°40'	3	20.3	1790	57.8	16.0	49.7
Cañas ¹	22°08'	105°29'	2	11.5	7600	52.3	10.1	38.7
Agua Brava ³	21°34'	105°15'	3	-	1980	29.0	16.8	31.0
San Blas ⁴	18°35'	92°27'	3	19.6	2601	24.4	23.5	31.8
Centla ⁵								
Costa Rica Moin ¹	10°30'	83°05'	4	29.9	1370	96.4	16.0	84.5
Boca Barranca ¹	10°30'	84°45'	3	19.5	1100	32.9	9.5	10.3

¹Pool *et al.*, 1977; ²Martinez *et al.*, 1979; ³Valdez 1991, ⁴Valdez 1994; ⁵este estudio. DAP = diámetro a la altura del pecho; n = número de árboles > 2.5 cm DAP; IC = índice de complejidad.

se puede deber, por una parte, a la gran cantidad de sedimentos ricos en nutrientes aportados por el río San Pedro y San Pablo, lo cual se apoya en resultados obtenidos por Lugo y Cintrón (1975) y Cintrón y Schaeffer-Novelli (1984) en otros manglares tipo ribereño; y por otra parte, a la influencia de la precipitación pluvial: 1573 mm para Centla (18° 35' N), en comparación con 1346 mm para Florida (25° 50' N), de acuerdo con lo sugerido por Lot-Hielgueras *et al.* (1975) para manglares en un gradiente de precipitación y latitudinal.

Las relaciones entre altura y DAP fueron positivas en el área de estudio; es decir, a mayor altura, mayor diámetro a la altura del pecho (Figura 3b). Esta información coincide con estudios realizados en otros manglares de tipo ribereño de Puerto Rico y Costa Rica (Martínez *et al.*, 1979; Cintrón y Schaeffer-Novelli, 1984; Jiménez, 1994). Sin embargo, en rodales maduros de Puerto Rico, donde existe una baja densidad de árboles, la altura disminuyó con relación al aumento en diámetro (Cintrón y Schaeffer-Novelli, 1984; Odum, 1995). En otras palabras, conforme los rodales avanzaron en edad tuvieron menos árboles pero más gruesos, tal y como se aprecia en la Figura 2 para las tres especies en el presente estudio, tomando en cuenta condiciones naturales de mortalidad dependiente de la densidad (Hamilton y Snedaker, 1984; Odum, 1995).

El mayor valor del IC se registró en Moin (84.5) y el menor en Boca Barranca (10.3), ambos en Costa Rica; mientras que en Centla, Tabasco, fue intermedio (31.8) entre estos sitios. El elevado desarrollo estructural de los manglares en Moin puede atribuirse a su mayor número de especies, área basal y altura del dosel en comparación con el bajo desarrollo de aquellos en Boca Barranca, con menor densidad de árboles y altura del dosel. El desarrollo intermedio de los manglares en el presente estudio se atribuye a un valor también intermedio en su densidad de árboles pero bajo en área basal, a pesar de que su altura promedio es superior a la de otros sitios.

CONCLUSIONES

La especie más importante en dos de los cuatro rodales estudiados fue *Rhizophora mangle*, la cual mostró en promedio los valores más altos de densidad, mortalidad e incorporación de árboles mayores a 2.5 cm de DAP; sin embargo, *Laguncularia racemosa* presentó los mayores incrementos promedio en diámetro y altura, mientras que *Avicennia germinans* los mayores en área basal.

Los manglares en el presente estudio tuvieron un desarrollo estructural intermedio en comparación con otras áreas del Continente Americano, lo cual se atribuye a valores bajos de área basal e intermedios de densidad, a pesar de que la altura de su dosel fue superior a la de otros lugares.

AGRADECIMIENTOS

A la Organización de Estados Americanos (OEA) por la beca otorgada al primer autor para la realización de estudios de doctorado en el Colegio de Postgraduados, al Biol. Juan Carlos Romero por su apoyo durante la estancia en campo y a los revisores y a la editora de Ciencia Forestal en México sus observaciones y comentarios al documento.

REFERENCIAS

- Bolio, M. 2000. Estructura y productividad durante la época de lluvias en un manglar mixto en el estero El Sábalo del río San Pedro y San Pablo, municipio de Centla, Tabasco, México. Tesis Profesional. División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tabasco. 55 p.
- Cintrón, G. y Y. Schaeffer-Novelli. 1984. Introducción a la ecología del manglar, UNESCO. Montevideo, Uruguay. 109 p.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 2000. Recopilación de datos meteorológicos del estado de Tabasco. Informe del gobierno estatal del año 2000. Villahermosa, Tabasco. 677 p.
- Curtis, J. T. and R. P. McIntosh. 1951. An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology* 32: 476-496.
- FAO. 1994. Directrices para la ordenación de los manglares. Subdirección de Desarrollo de Recursos Forestales. Dirección de Recursos Forestales. Departamento de Montes. FAO. Santiago, Chile. 345 p.
- Farnsworth, E. J. and A. M. Ellison. 1997. The global conservation status of mangroves. *Ambio* 26: 328-334.
- Hamilton, S. L. and S. C. Snedaker. 1984. Handbook for mangrove area management. Commission on Ecology. IUCN-UNESCO. Place de Fontenoy, Paris. 251 p.
- Hernández B., S. 1945. Proyecto de unidad industrial de explotación para las regiones mangleras de la barra del río Tonalá. Tesis Profesional. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, Edo. de México. 123 p.
- Holdridge, L. R. 1967. Life zone ecology. Tropical Science Center. San José, Costa Rica. 206 p.
- Holdridge, L. R., W. C. Grenke, W. H. Hatheway, T. Liang and A. Tosi, Jr. 1971. Forest environments in tropical life zones. Pergamon Press. New York. 747 p.
- Jiménez, J. A. 1994. Los manglares del Pacífico Centroamericano. Universidad Nacional. Instituto Nacional de Biología. Fundación UNA. Heredia, Costa Rica. 336 p.
- Jiménez, J. A. y R. Soto. 1985. Patrones regionales en la estructura y composición florística de los manglares de la costa Pacífica de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 33(1): 25-37.

- López Portillo G., J. A. 1982. Ecología de manglares y de otras comunidades de halófitas en la costa de la laguna de Mecocacán, Tabasco. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, UNAM, México, D. F. 160 p.
- Lot-Helgueras, A., C. Vazquez-Yanes and F. Menéndez L. 1975. Physiognomic and floristic changes near the northern limit of mangroves in the gulf coast of México. *In*: G. E. Walsh, S. C. Snedaker and H. J. Teas (Eds.). Proceedings of the International Symposium on Biology and Management of Mangroves. October 8-11, 1974. East West, Center, Honolulu, Hawaii. University of Florida, Gainesville, FL. Vol. 1. pp. 52-61.
- Lugo, A. E. and S. C. Snedaker. 1974. The ecology of mangroves. *Annual Review of Ecology and Systematics* 5: 39-64.
- Lugo, A. E. and G. Cintrón. 1975. The mangrove forests of Puerto Rico and their management. *In*: G. E. Walsh, S. C. Snedaker and H. J. Teas (Eds.). Proceedings of the International Symposium on Biology and Management of Mangroves. October 8-11, 1974. East West, Center, Honolulu, Hawaii. University of Florida, Gainesville, FL. Vol 2. pp. 825-846.
- Martínez, R., G. Cintrón and L. A. Encarnación. 1979. Mangrove in Puerto Rico: A structural inventory. Final Report to the Office of Coastal Zone Management, Natural Resources, Area of Scientific Research, Government of Puerto Rico. 149 p.
- Menéndez L., F. J. 1976. Los manglares de la laguna de Sontecomapan, Los Tuxtlas, Veracruz; estudio florístico-ecológico. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, UNAM, México, D. F. 115 p.
- Mitsch, W. J. and J. Gosselink. 1986. Wetlands. Van Nostrand Reinhold, New York. 539 p.
- Odum, E. W. 1995. Ecología. Editorial Interamericana. 14a. edición. México, D. F. 648 p.
- Pool, D. J., S. C. Snedaker and A. E. Lugo. 1977. Structure of mangrove forests in Florida, Puerto Rico, Mexico and Costa Rica. *Biotropica* 9(3): 195-212.
- Rico-Gray, V. y A. Lot-Helgueras. 1983. Producción de hojarasca del manglar de la Laguna de La Mancha, Veracruz, México. *Biotropica* 8(3): 295-301.
- Thom, B. G. 1967. Mangrove ecology and deltaic geomorphology: Tabasco, Mexico. *Journal of Ecology* 55: 301-343.
- Tomlinson, P. B. 1986. The botany of mangroves. Cambridge University Press, United Kingdom. 99 p.
- Tovilla, C. 1998. Ecología de los bosques de manglar y algunos aspectos socioeconómicos de la zona costera de Barra de Tecoaapa, Guerrero, México. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias, División de Estudios de Postgrado, UNAM. México, D. F. 363 p.
- Valdez H., J. I. 1991. Estructura fisonómica del bosque de mangles de la laguna de Agua Brava, Nayarit. Tesis Profesional. División de Ciencias Forestales, UACH. Chapingo, Edo. de México. 263 p.

- Valdez H., J. I. 1994. The vegetation of a mangrove forest in the Pacific coast of Mexico. Master of Science Thesis. Department of Forestry. Wageningen Agricultural University. The Netherlands. 42 p.
- Vannucci, M. 1990. Traditional uses of mangroves. College of Agriculture, University of the Ryukyus, Nishihara, Okinawa, Japan. 28 p.
- Vazquez Yánes, C. 1971. La vegetación de la laguna de Mandinga, Veracruz. *Arcales del Instituto de Biología, UNAM. Serie Botánica* (1): 49-94.
- Walker, J. and M. S. Hopkins. 1990. Vegetation. *In*: R. C. McDonald, R. F. Isbell, J. G. Speight, J. Walker and M. S. Hopkins (Eds). *Australia Soil and Land Survey: Field Handbook*. 2nd ed. Inkata Press. Melbourne, Australia. pp. 58-86.