

Producción de hojarasca de los manglares de la Isla de San Andrés, Caribe colombiano

Ingrid García-Hansen, Johanna F. Gaviria-Chiquazuque, Martha C. Prada-Triana y
Ricardo Alvarez-León

Apartado Aéreo 101372, Santa Fe de Bogotá, Colombia. Fax: 57-1-8618979; igarciahansen@hotmail.com,
alvarez_leon@hotmail.com

Recibido 30-XI-1999. Corregido 16-IV-2001. Aceptado 13-VIII-2001

Abstract: Litter fall from a San Andres Island mangrove (12°32' N, 81°41' W, Colombian Caribbean coast), was collected monthly (1994-1995) with mesh baskets, keeping results separate for the three species (*Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans* and *Laguncularia racemosa*), and taking a sample and a replica per case. Nine sampling sites were selected in two groups of woodlands: one in the inner side behind a sand-bar and the coast road (Mount Pleasant, Salt Creek, Sound Bay and Smith Channel) and a peripheral site, exposed to the waves (Bahía Hooker - Bahía Honda and El Cove). Productivity was greater for all species in the inner group, and higher in the rainy seasons. *Rhizophora mangle* was the only species contributing reproductive components throughout the year.

Key words: Litter fall, mangrove ecosystem, *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa*, San Andres Island, Colombian Caribbean.

Los manglares son formaciones vegetales que presentan su más alto grado de expresión en la zona costera tropical y subtropical, alcanzando su máximo desarrollo estructural sobre la línea del Ecuador, en donde pueden encontrarse árboles hasta de 40-50 m de altura. En la Isla de San Andrés, los bosques de manglar se presentan como rodales aislados y de escasa cobertura, poseen en general un buen estado de desarrollo estructural y cubren una extensión total de 96.8 ha (García-Hansen y Gaviria-Chiquazuque 1996).

Los árboles de mangle actúan como el componente primordial del ecosistema estuarino, convirtiendo todo el conjunto en uno de los de mayor tasa de productividad primaria bruta sobre la tierra, por lo tanto constituyen la base del continuo flujo de exportación e importación de materia orgánica y nutrientes, lo que ha

valido para considerarlos como ecosistemas abiertos (Lugo y Snedaker 1974). Entre un 20 y un 40% de su productividad se convierte en hojarasca: hojas, flores, ramas y estípulas que caen al medio (Snedaker 1973, Cintrón-Molero y Shaeffer-Novelli 1983), proporcionando la mayor cantidad de energía química potencial, la cual sirve para la nutrición no sólo de los organismos que viven en ellas, sino también en otras zonas vecinas, mediante la liberación de una parte de la energía almacenada dentro del ecosistema (Prah *et al.* 1990). Dicha materia orgánica penetra en los estuarios donde sirve de base a una compleja red alimenticia que constituye la fuente principal de alimento para muchos microinvertebrados, los que a su vez sirven de sustento a organismos de mayor tamaño como peces y aves (Bossi y Cintrón-Molero 1990). Este proceso se constituye

en el responsable del mantenimiento de los mismos árboles y de la perpetuidad de su desarrollo hacia el clímax.

A pesar de la importancia que posee este ecosistema y de haber sido declarado como Zona de Reserva Natural en el Archipiélago, ha sido objeto de fuertes tensiones principalmente en la Isla de San Andrés. Los factores más importantes de tensión tienen relación directa con acciones antropogénicas, como sucede en Bahía Hooker, que es el rodal más impactado en la isla y en donde existe una multiplicidad de causas: (a) la contaminación por hidrocarburos pesados; (b) la disposición de aguas negras y basuras provenientes de centros urbanos que colindan con ellos; (c) la realización de dragados sin un control eficaz de lodos que penetran en las áreas de manglar e impiden o reducen los patrones normales de flujo o intercambio de aguas; y (d) los rellenos, entre otros, con el fin de ampliar terrenos de construcción. Las consecuencias de estos hechos se evidencian con la mortandad masiva de los árboles y por ende presuponen una baja importante en la productividad de estas formaciones vegetales. (García-Hansen, 1998, Sánchez-Páez *et al.* 1998).

En la isla se encuentran cuatro especies representativas de mangle: *Rhizophora mangle* (mangle rojo o red mangrove); *Avicennia germinans* (mangle negro o black mangrove); *Laguncularia racemosa* (mangle blanco o white mangrove); y *C. erecta* (mangle botón o button-wood mangrove). Existe además otra especie florística registrada para la isla denominada helecho del manglar (*Acrostichum aureum*), que por su estrategia reproductiva se convierte en un eficiente competidor del manglar en áreas taladas o degradadas. (García-Hansen, 1998, Sánchez-Páez *et al.* 1998).

Área de estudio: La Isla de San Andrés forma parte del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, territorios insulares pertenecientes a la República de Colombia. Se localiza al Sudoeste del Archipiélago entre 12°32' N y 81°42' W, a 240 km de la costa centroamericana (Anónimo 1986).

La evolución geológica de San Andrés puede considerarse a partir del Mioceno, en és-

te periodo la isla (basamento volcánico) estuvo ligeramente sumergida bajo el mar y recibió grandes depósitos de arena y lodo calcáreo que se consolidaron originando una caliza maciza y una capa más blanda denominada caliche. Luego, en el Plioceno, ocurrió el primer levantamiento de la isla sobre el nivel del mar (20 m aprox.) y ya descubierta, el viento depositó sobre ella semillas y polen que a través del tiempo originaron una capa vegetal. Posteriormente en el Pleistoceno se produjo otro levantamiento por fuerzas internas, y la acción del oleaje construyó cavernas al pie de las rocas, lo cual redujo un poco la extensión superficial, formándose además la plataforma coralígena (sumergida). Finalmente en el Post-Pleistoceno un nuevo levantamiento hizo que emergiera la plataforma quedando en parte terrestre y dándole la configuración actual a la isla (Geister 1973).

La isla y el archipiélago en general, se sitúan en la zona intertropical de clima húmedo, pero disminuido en sus efectos por la presencia de los vientos Alisios del noreste que también refrescan las temperaturas (aire cálido y húmedo). Los datos registrados entre 1959 y 1994 (Anónimo 1995), indican la presencia de un régimen pluviométrico monomodal. La precipitación anual promedio es de 1797.8 mm, distribuidos en un período seco desde enero hasta abril, que coincide con los vientos de mayor intensidad. En mayo se inician las lluvias que se prolongan en los siguientes tres meses y hacen parte de lo que hemos denominado en este trabajo como período intermedio; alcanzando sus máximos en el período entre octubre a diciembre, en donde se registran el 80% de las lluvias anuales. El año de muestreo fue bastante similar al promedio normal; a diferencia de octubre, en donde las lluvias extrañamente fueron bajas.

Hidrográficamente no existen corrientes de agua permanentes, sino la formación de depósitos de aguas subterráneas alimentados por las lluvias, pantanos y charcas que fluctúan su nivel de manera considerable según la época del año (Barriga-Bonilla *et al.* 1969). Por éste

motivo las lluvias representan el mayor aporte de agua dulce a los habitantes de las islas. Actualmente persisten algunos arroyos temporales en San Andrés, tales como El Bight, Cove Gully, Salt Creek y Mount Pleasant Creek, que han venido perdiendo sus caudales como consecuencia de malos manejos y de rellenos. Estos aportes de aguas dulces han representado un factor determinante en el buen desarrollo de los manglares locales.

Desde el punto de vista oceanográfico, la isla comprende dos zonas: La primera que baña la plataforma coralina protegida por el arrecife y la segunda el mar abierto que constituye toda la parte exterior de la barrera. Las corrientes marinas que afectan el archipiélago son las

Ecuatoriales del Caribe procedentes del noreste y sur con temperaturas cálidas.

Entre los bosques de manglar de la Isla de San Andrés se destacan para el sector oriental los rodales de Smith Channel, Sound Bay, Salt Creek, Mount Pleasant y Bahía Hooker-Bahía Honda que es uno de los de mayor extensión en la isla. Mientras que al occidente sólo se presentan manglares en la Rada de El Cove. Los manglares de la isla corresponden en su mayoría a bosques que crecen detrás de una franja arenosa, encontrándose únicamente El Cove y Bahía Hooker-Bahía Honda frente al mar (Fig. 1).

En San Andrés los manglares se han visto presionados por el crecimiento acelerado del urbanismo que al requerir terrenos cercanos al mar ha propiciado la tala indiscriminada de cientos de árboles como es el caso de North End, en donde se han perdido cerca de 16.4 ha de manglar y otras 6 ha en el sector de El Cove (García-Hansen y Gaviria-Chiquazuque 1996).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se clasificaron los bosques en dos tipos dependiendo de su ubicación a lo largo de la isla, denominándose así como “rodales de borde” aquellos que están influenciados directamente por la acción de las mareas como en el caso de Bahía Hooker-Bahía Honda y “rodales internos” aquellos que se ubican detrás de una barra arenosa y de la vía circunvalar que rodea la isla en su totalidad, por lo que estos bosques se encuentran a unos 70-100 m del mar, tal es el caso de Mount Pleasant, Salt Creek, Sound Bay y Smith Channel. Se seleccionaron nueve estaciones de muestreo distribuidas así: Bahía Hooker 3, El Cove 1, Mount Pleasant 1, Salt Creek 1, Sound Bay 2, Smith Channel 1. El número de estaciones dependió del tamaño del bosque.

Para recolectar el material se utilizaron un total de 38 trampas o canastas colectoras (dos por especie), fabricadas con tubos de PVC de $\frac{1}{2}$ ” de diámetro, formando un cuadrado de

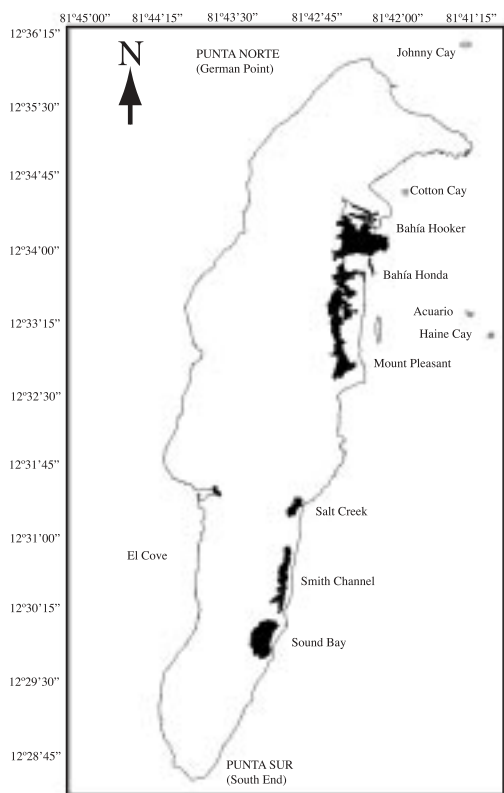


Fig. 1. Distribución de las áreas de manglar en la Isla de San Andrés. Tomado de Anónimo (1986) y modificado por García-Hansen y Gaviria-Chiquazuque (1996).

Fig. 1. Distribution of the mangrove areas on San Andres Island. Taken from Anónimo (1986) and modified by García-Hansen y Gaviria-Chiquazuque (1996).

0.25 m². El cuerpo de la canasta se hizo con anejo plástico, el cual permite la evacuación del agua en caso de lluvia evitando así la degradación parcial del material antes de ser analizado y en la parte inferior se añadió una bolsa plástica (reemplazada mensualmente) donde se recogía el material caído. Las canastas se aseguraron bajo los árboles con cuerda de polietileno, evitando cualquier contacto con las mareas. Las bolsas y las canastas fueron numeradas y rotuladas para su respectiva identificación. Se muestreo la totalidad de los manglares de la isla, 96.8 ha y la colocación fue aleatoria, pero teniendo en cuenta el área de cada sitio de muestreo: 18 canastas en las Bahía Hooker-Bahía Honda (34.4 ha de manglar), cuatro en Mount Pleasant (27.1 ha), dos en Salt Creek (3.8 ha), ocho en Sound Bay (12.5 ha), cuatro en Smith Chanel (17.8 ha), y dos en El Cove 1.2 ha.

Se realizaron colectas mensuales durante un período de un año, entre septiembre de 1994 y septiembre de 1995. El material recolectado fue separado en los siguientes componentes, para un mejor análisis: hojas, estípulas (para el mangle rojo), madera, material reproductivo y detritos. Las partes reproductivas se identificaron con detalle así: botones inmaduros y maduros, flores, frutos inmaduros y maduros e hipocótilos inmaduros y expulsados. Cada uno de los componentes fue contado y secado en hornos a 70°C durante 72 hr hasta lograr peso seco. Todas las muestras fueron pesadas en caliente para evitar la hidratación producida por la humedad del ambiente. Conjuntamente con la colecta de muestras se registró *in situ* temperatura (°C) y salinidad (ppm) del agua. En la época seca fue necesaria la ayuda de un corazonador para extraer el agua intersticial.

Para el análisis de datos se utilizaron pruebas estadísticas como la prueba "t" Student para determinar si las muestras y sus respectivas réplicas presentaban diferencias significativas, y para establecer comparaciones entre los dos tipos de rodal por especie. De igual manera, se emplearon ANOVAS simples para hallar diferencias o similitudes al comparar los sitios de muestreo dentro de cada tipo de rodal.

RESULTADOS

Todos los datos se expresaron en una unidad común, g/m²/día, teniendo en cuenta el peso seco, el número de días transcurridos entre cada colecta y el área de cada canasta.

Los resultados de la prueba "t" demuestran que tanto las muestras como las réplicas fueron iguales estadísticamente; por lo tanto, se promediaron los datos de las dos canastas. Considerando, que las canastas recogían principalmente material de una especie y ocasionalmente de otras, el total del material producido por especie en un sitio, resultó de la suma de cada componente (hojas, estípulas, madera y todos los elementos del material reproductivo) de dicha especie en todas las canastas colocadas en el sitio.

Por medio de los análisis de ANOVAS simples se comprobó que la variabilidad de la biomasa entre los sitios fue homogénea, tanto para los rodales internos como para los rodales de borde. Finalmente al comparar los dos tipos de rodal mediante la prueba "t", se encontraron diferencias significativas para cada componente tanto de *A. germinans* como de *L. racemosa* entre los dos tipos de rodal; a diferencia de *R. mangle* en la cual se presentó similitud en los componentes entre los dos rodales. En cuanto a los parámetros estructurales estos variaron entre 4.31-7.59 m de altura, 15.60-24.11 cm de DAP, 85-200 ind./0.1 ha de densidad, 2.28-8.00 m²/0.1 ha área basal, para los rodales de borde, y 3.16-11.4m de altura, 20.56-71.20 cm de DAP, 8-100 ind./0.1 ha de densidad, 3.37-16.44 m²/0.1 ha área basal, para los internos.

A continuación, se analizarán los resultados encontrados para cada componente de cada especie, empezando con *R. mangle* que es la especie dominante en la isla, siguiendo con *A. germinans* y *L. racemosa*.

Rhizophora mangle

Esta especie se encuentra habitando todos los bosques de la isla de forma monoespecífica o formando bosques mixtos. Es importante

anotar que hubo una pérdida de material en los rodales internos, durante la colecta 12, debido al rompimiento de algunas bolsas por las fuertes lluvias, y por lo tanto hay vacíos en la información básica.

Hojas: Es posible observar como para los rodales de borde, tanto el número de hojas como su correspondiente peso seco, presentaron los mayores picos de producción en noviembre con 2.12 g/m²/día y en julio con 3.61 g/m²/día,

meses que coinciden con el aumento en la intensidad de las lluvias. Durante los otros meses del período húmedo, la caída de hojas presentó valores más altos que aquellos encontrados durante los meses del período seco, y además tuvieron valores relativamente homogéneos (Fig. 2a, b). Esta situación, indica una relación directa entre la pérdida de hojas y las lluvias. Duke *et al.* (1992), registran como la producción de hojas de *R. mangle* es claramente estacional

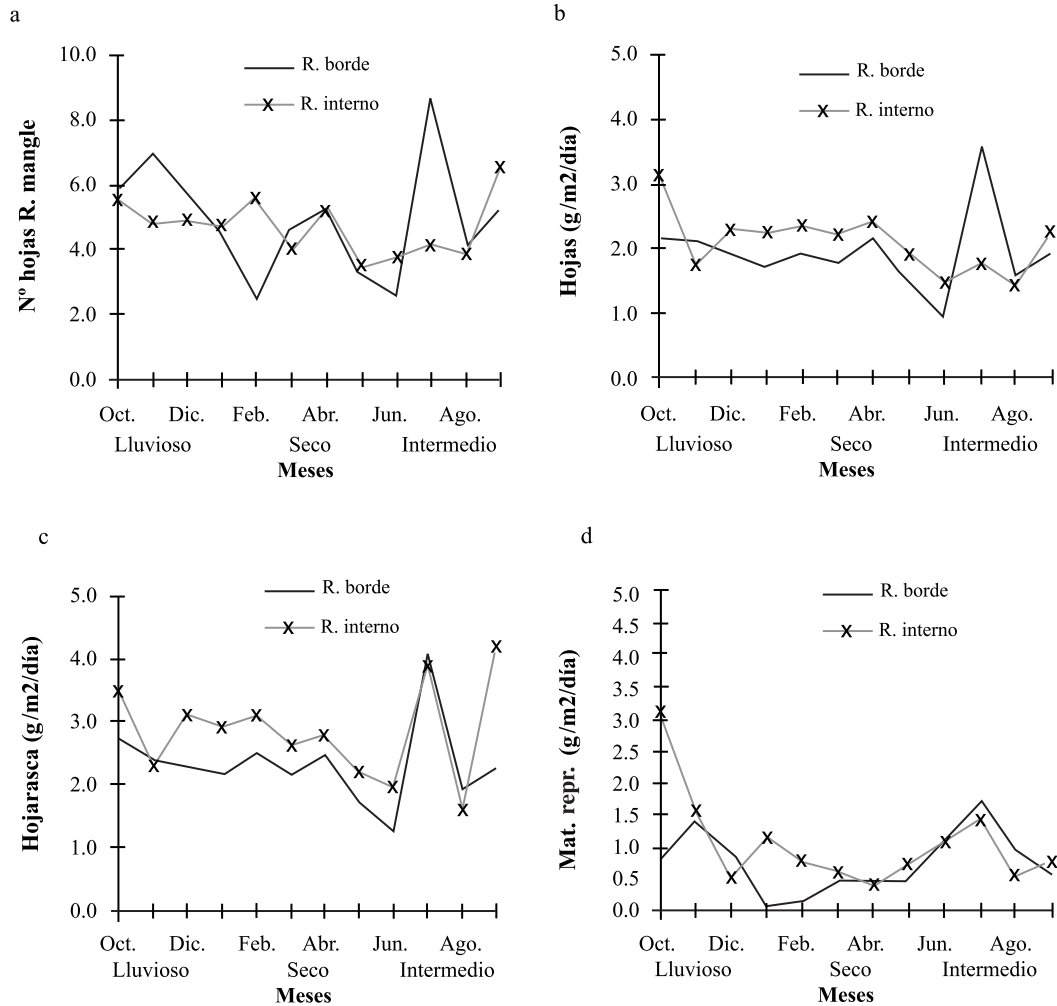


Fig. 2. Productividad (g/m²/día) de *R. mangle* en los diferentes períodos climáticos: (a) número de hojas, (b) peso seco hojas, (c) peso seco hojarasca, (d) peso seco material reproductivo.

Fig. 2. Seasonal productivity (g/m²/day) of *R. mangle* in the different climatic periods: (a) number of leaves, (b) dry weight of leaves, (c) dry weight of litter, (d) dry weight of the reproductive material.

y aumenta considerablemente en los periodos lluviosos y de baja salinidad.

Por su parte, los rodales internos no presentaron picos definidos de caída de hojas, sino que su variación se mantuvo más estable a lo largo del año (Fig. 2a, b). Las lluvias no afectaron de manera esencial los procesos de pérdidas de hojas. Este hecho puede ser explicado si se considera que estos rodales corresponden a bosques maduros, adaptados mejor a una autorregulación, y por lo tanto esta especie puede asimilar más equilibradamente los cambios en los parámetros ambientales. También es importante mencionar el hecho de que en este tipo de rodales los aportes de aguas lluvias se mantienen durante más tiempo, estando sujetos a un gradiente menos brusco de salinidad.

La caída total de hojas durante el año fue registrada en 1804 hojas/m²/año para los rodales de borde y de 1730 hojas/m²/año para los internos; es decir un peso seco de 705.3 g/m²/año para los de borde y de 787.2 g/m²/año para los internos (Cuadro 1). Según el análisis estadístico estos valores no difieren significativamente, lo que evidencia que el comportamiento en la caída de las hojas es una respuesta rápida del bosque a cambios ambientales y debe analizarse mejor como un proceso dinámico, y no es tan definitivo cuando se suponen valores totales anuales, partiendo de valores mensuales similares.

Estípulas: Las estípulas son una medida importante de la productividad, ya que dentro del material caído son una muestra de la producción de hojas nuevas por parte de la planta. Su variabilidad fue muy similar a lo encontrado para las hojas, registrándose para la época seca una caída mínima de hojas nuevas, mientras que para la época de lluvias estos valores se incrementaron. Dicha tendencia se presenta para los dos tipos de rodal, en donde pueden encontrarse picos de producción de estípulas asociados a las lluvias. Para los rodales de borde tanto la caída de estípulas como la de hojas fue mayor que para los internos, observándose de igual manera que en estos rodales está más marcada la estacionalidad.

Debido a que en general la producción de estípulas y la caída de hojas se rigen por los mismos patrones de respuesta en todos los bosques, no se detectaron señales claras de efectos tensionantes para *R. mangle*, aún en Bahía Hooker, en donde el manglar ha sobrevivido a los tensores, adaptándose al ambiente y logrando asimilar los cambios de tal forma que no afectan actualmente su productividad.

La cantidad total de estípulas para el año de muestreo fue de 1657 estíp/m²/año en los rodales de borde y de 1319 estíp/m²/año para los internos. Como característica común a los dos, el número de estípulas fue menor que el de hojas (Cuadro 1).

Material vegetativo: El aporte vegetativo de los árboles al medio, y correspondió a la suma de hojas, estípulas y madera, en donde las hojas son el mayor componente. Esto significa que las diferencias que se presentan entre el material vegetativo y las hojas reflejan los aportes de la madera y estípulas. Como se encontró que su variación a través del año fue bastante similar a lo sucedido para las hojas (Fig. 2c), puede entreverse que los aportes de madera y estípulas son mínimos y relativamente constantes, a no ser por el caso encontrado en los rodales internos para los meses de julio y septiembre (época donde se inician las lluvias), cuando se observa un pico que supera al de hojas en 1.74 g/m²/día. Este hecho puede representar la acción de las lluvias, que provocan la partición de ramas secas susceptibles de desprenderse del árbol parental. El total anual de hojarasca correspondió a 850.4 g/m²/año para los rodales de borde y 1056.9 g/m²/año para los internos (Cuadro 1).

Material reproductivo: Para *R. mangle* la caída del material reproductivo se presentó a lo largo de todo el año, caso registrado de manera similar por investigadores como Pool *et al.* (1975) para Puerto Rico, Hernández y Müllen (1978) para el Pacífico colombiano, y Bejarano (1988) para el Caribe colombiano, entre otros. Se encontraron picos notorios de producción de elementos reproductivos durante octubre, enero y julio para los rodales internos. Dichos picos se encontraron también en los rodales

CUADRO 1

Valores anuales de productividad para los manglares de la Isla de San Andrés, Caribe colombiano

TABLE 1

Mangrove annual productivity values in San Andres Island, Colombian Caribbean

Rodal	Especie	Número/m ² /año		Peso seco por componente (g/m ² /año)		Peso seco total (g/m ² /año)	
		Hojas	Estípulas	Hojas	Mat. veget.	Mat. reprod.	Mat. veget. + Mat. reprod.
Borde	<i>R. mangle</i>	1804	1657	705.3	850.4	278.4	1175.9
	<i>A. germinans</i>	3663		701.7	789.6	114.0	953.9
	<i>L. racemosa</i>	2475		379.5	426.1	12.7	491.9
Interno	<i>R. mangle</i>	1730	1319	787.2	1056.9	383.6	1483.5
	<i>A. germinans</i>	6967		1138.2	1202.8	54.9	1353.5
	<i>L. racemosa</i>	4244		593.1	707.8	12.5	832.3

de borde en julio y noviembre. De manera general puede decirse que hubo mayor producción de elementos reproductivos en los rodales internos y en la estación lluviosa. En los rodales de borde no se presentaron picos durante la estación seca (Fig. 2d).

Los pesos mostrados en la Fig. 2d, a pesar de contener tan solo información del componente reproductivo, pueden no mostrar con claridad la variación de los diferentes elementos analizados (botones inmaduros, botones maduros, flores, frutos inmaduros, frutos maduros, frutos expulsados e hipocótilos), ya que los hipocótilos al ser de mayor peso, enmascaran el comportamiento de los demás elementos. Por tal motivo, se presenta por separado la variabilidad de cada uno de ellos, para poder eliminar dichas variaciones en el análisis (Fig. 3).

(a) Botones: Para los dos rodales la mayor producción de botones inmaduros se presentó en la época de lluvias, octubre y junio. Sin embargo, hubo diferencias entre los dos tipos de rodal para la época seca, con un pico en marzo para los rodales de borde, y un pico en febrero para los rodales internos (Fig. 3a). La aparición de botones maduros en las canastas, se dio después de un período de dos meses para la época lluviosa y de 3 a 4 meses para la seca, resultados que permanecen muy similares para los dos tipos de rodal (Fig. 3b). *Rhizophora mangle*, en los rodales de borde tuvo mayor

cantidad de botones inmaduros con valores importantes entre 1.3 a 0.6 bot.inm./m²/día, mientras que para los rodales internos el rango fue tan solo de 0.5 y 0.3 bot.inm./m²/día. Los valores se vuelven similares entre los dos rodales cuando se analiza el caso de los botones maduros con rangos entre 1.6 y 0.2 bot.mad./m²/día.

(b) Flores: La producción de flores se presentó 1 mes o menos después de los botones maduros provenientes de la época de lluvias, y de 2 a 3 meses después de los botones que provienen de la época seca (Fig. 3c). Las cantidades de flores variaron entre 6.5 y 2.5 flor/m²/día, manteniéndose la homogeneidad en la variación para ambos tipos de rodal.

(c) Frutos: Posterior a la fertilización de las flores se forman los frutos rápidamente, por lo tanto, se encontró abundancia de frutos casi inmediatamente después de las flores y hasta los siguientes 2 meses (Fig. 3d, e). Vale la pena mencionar que ya no se presentan diferencias entre la estacionalidad de los períodos climáticos y los rodales, por lo que los frutos de esta especie están tardando entre 1 a 2 meses en su proceso de maduración para los rodales de borde, mientras que en los internos este ciclo es mucho menor llegando a necesitar tan solo la mitad del tiempo.

Los frutos inmaduros estuvieron dentro del rango de 0.4 a 0.04 frut.inm./m²/día para los rodales de borde y de 0.08 y 0.04 frut.inm./m²/día

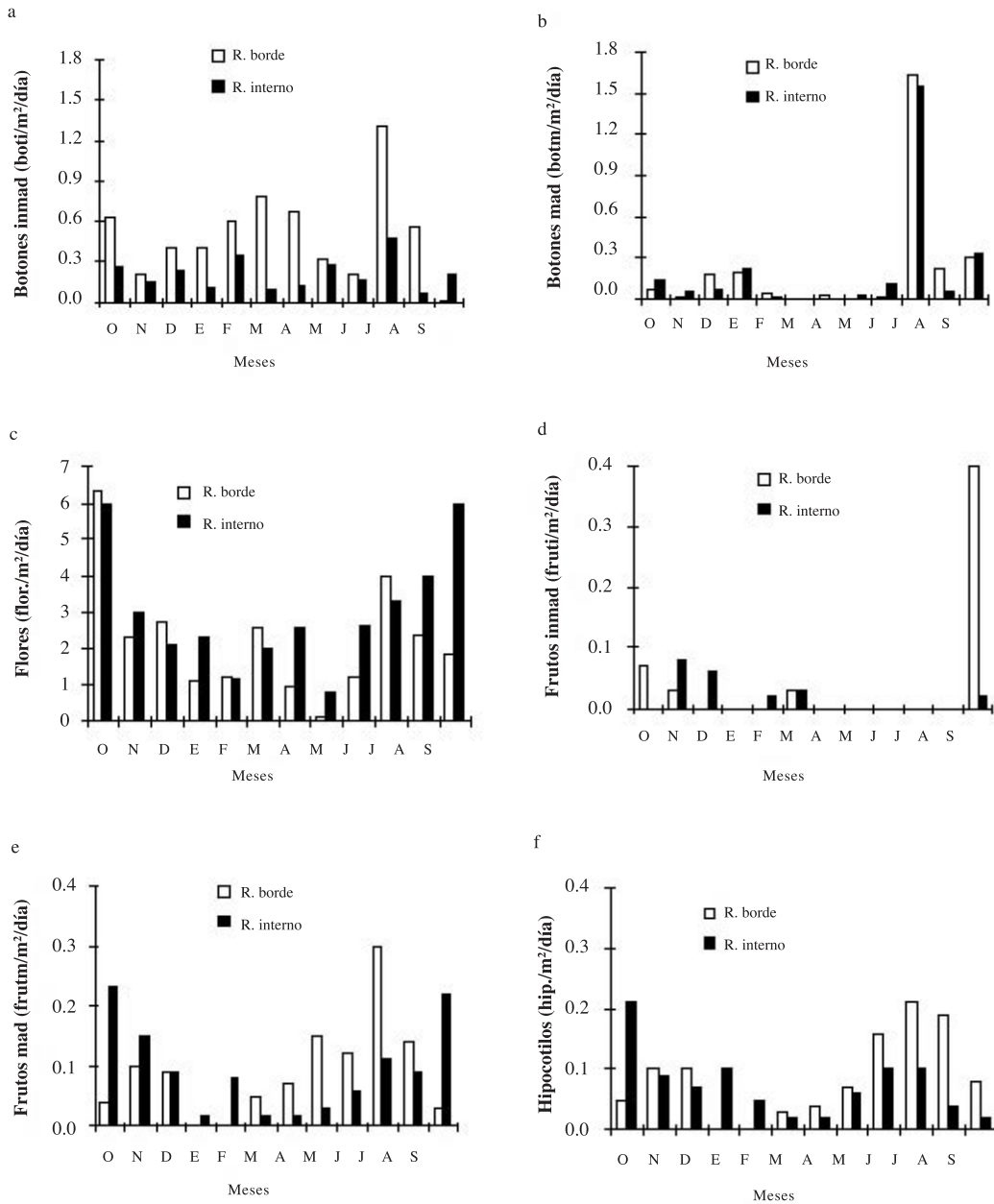


Fig. 3. Aportes del material reproductivo (número/m²/día) de *R. mangle* durante el estudio: (a) botones inmaduros, (b) botones maduros, (c) flores, (d) frutos inmaduros, (e) frutos maduros, (f) hipocótilos.

Fig. 3. Contributions of the reproductive material (n/m²/day) of *R. mangle* during the study: (a) immature buttons, (b) mature buttons (c) flowers, (d) immature fruit, (e) mature fruit, (f) hypocotyles.

para los internos. Es importante aclarar que el bajo rango de la Colecta 12 no refleja una reducción real, sino un error metodológico debido a la pérdida de parte del material en los rodales internos a consecuencia de las lluvias. Por su parte, para los frutos maduros el rango se mantuvo entre 0.07 y 0.015 frut.mad./m²/día en los rodales de borde y entre 0.12 y 0.045 frut.mad./m²/día para los internos.

(d) Hipocótilos o propágulos: Se consideran en este numeral además de los hipocótilos, sus complementarios frutos expulsados, recordando que éstos últimos pueden durar más tiempo unidos al árbol parental, pero a la postre reflejan comportamientos similares. Los hipocótilos en San Andrés, parecen utilizar de 5 a 6 meses para su desarrollo, contándolos a partir de la fase de botones inmaduros si éstos se formaron durante la época de lluvias. Este tiempo es mayor cuando se considera el caso de los botones formados durante la época seca, extendiéndose a otros 3 a 5 meses (Fig. 3f). Para los rodales de borde se obtuvo un rango importante entre 0.32 y 0.055 hip./m²/día; mientras que para los internos fue de 0.24 y 0.055 hip./m²/día.

Avicennia germinans

A esta especie se le encuentra principalmente en los bosques de Sound Bay (rodal interno) y en buena parte de los de Bahía Hooker (rodal de borde), donde ha alcanzado un buen estado de desarrollo para los dos tipos de rodal, pero diferencias considerables en la producción de su biomasa, ya que se encuentra sometida a distintos regímenes ambientales. Según López *et al.* (1988), las variaciones en la productividad de esta especie están ligadas a los aportes de agua y a la composición del suelo y los nutrientes.

Hojas: La producción de hojas de *A. germinans* en los rodales de borde no presentó picos importantes, a diferencia de los rodales internos con un pico en febrero de 43.13 hojas/m²/día o 5.54 g/m²/día que correspondió a la época seca, y otro pico en septiembre con valores de 28.32 hojas/m²/día o 6.12 g/m²/día que correspondió a la época intermedia. Di-

chos picos parecen mostrar una respuesta tardía a la aparición de las lluvias. Es posible pensar que la producción de hojas se esté incrementando cada seis o siete meses, hipótesis que se debe corroborar ampliando el tiempo de observaciones de campo. Es importante resaltar que la caída de las hojas en esta especie a diferencia de *R. mangle*, no registró variaciones estacionales, sino que fluctúa continuamente (Fig. 4a, b). Tal comportamiento según Bejarano (1988), puede deberse a que *A. germinans* soporta elevados rangos de salinidad, por lo cual su productividad no se ve totalmente afectada en las épocas de sequía.

Se registró una caída total de hojas de 3663 hojas/m²/año con un peso de 701.7 g/m²/año para los rodales de borde. Valores muy superiores fueron determinados para los rodales internos con 6967 hojas/m²/año que pesaron 1138.2 g/m²/año (Cuadro 1). Es notorio que los mayores valores de producción fueron encontrados en los rodales internos, en donde la salinidad se mantiene baja durante la mayor parte del año (Cuadro 2).

Material vegetativo: A través del año tuvo un comportamiento muy similar a lo sucedido para las hojas, presentando valores tan solo un poco más elevados que estas (Fig. 4c), por lo que puede decirse que los aportes de madera son mínimos y relativamente constantes. El total anual del material vegetativo fue de 789.6 g/m²/año para los rodales de borde y de 1202.8 g/m²/año para los internos (Cuadro 1).

Material reproductivo: De manera general, la caída del material reproductivo en los rodales de borde fue claramente estacional y no presentó una producción importante durante la época seca, incluso llegando a cero en casi todos meses. Tan solo se registró un pico de 1.43 g/m²/día en agosto, cuando aparecen las lluvias. En los rodales internos se nota un pequeño pico, pero no al inicio de las lluvias, sino cuando éstas son más abundantes, siendo común que el peso seco del material reproductivo fuera bajo (Fig. 4d). El total anual de los elementos reproductivos fue de 114.0 g/m²/año para los rodales de borde y de 54.9 g/m²/año para los internos (Cuadro 1). Analizando de

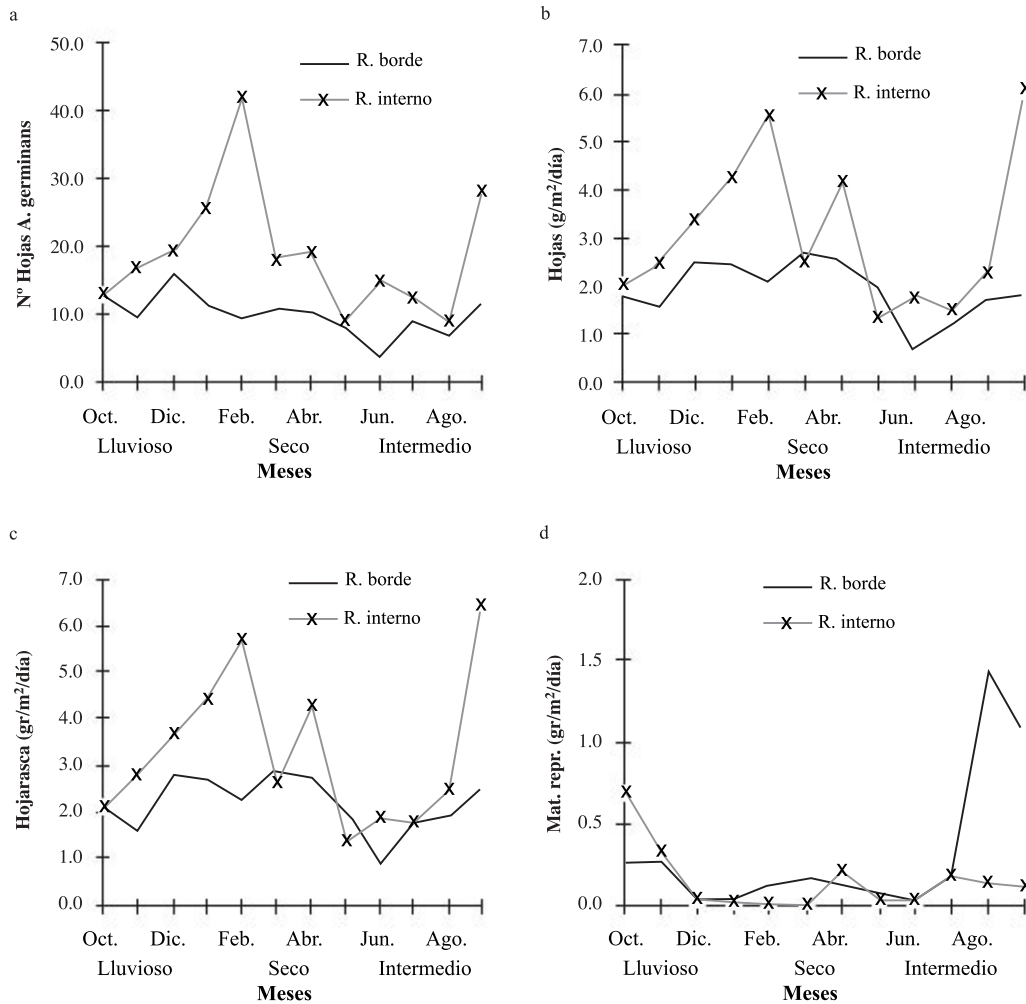


Fig. 4. Productividad (g/m²/día) de *A. germinans* en los diferentes períodos climáticos: (a) número de hojas, (b) peso seco hojas, (c) peso seco hojarasca, (d) peso seco material reproductivo.

Fig. 4. Seasonal productivity (g/m²/day) of *A. germinans* in the different climatic periods: (a) number of leaves, (b) dry weight of leaves, (c) weight of litter, (d) dry weight of the reproductive material.

manera más detallada la variación mensual entre componentes se encontró que:

(a) Botones: La producción de botones inmaduros tuvo para ambos tipos de rodal un pico en la época seca y otro en la época lluviosa (marzo y agosto para los rodales de borde, y abril y julio para los internos) (Fig. 5a), lo cual coincide con lo observado por Hernández *et al.* (1987). La aparición de los botones maduros, al igual

que en el mangle rojo, se dio más rápido en la época lluviosa (máximo un mes) que en la época seca (2 meses) (Fig. 5b). Los rangos de variación para los botones inmaduros estuvieron entre 5.2 y 3.8 bot.inm./m²/día para los de borde y para los internos entre 3.4 y 3 bot.inm./m²/día. Por su parte los botones maduros variaron entre 2.5 y 1.1 bot.mad./m²/día en los de borde y entre 4.3 y 0.55 bot.mad./m²/día en los internos.

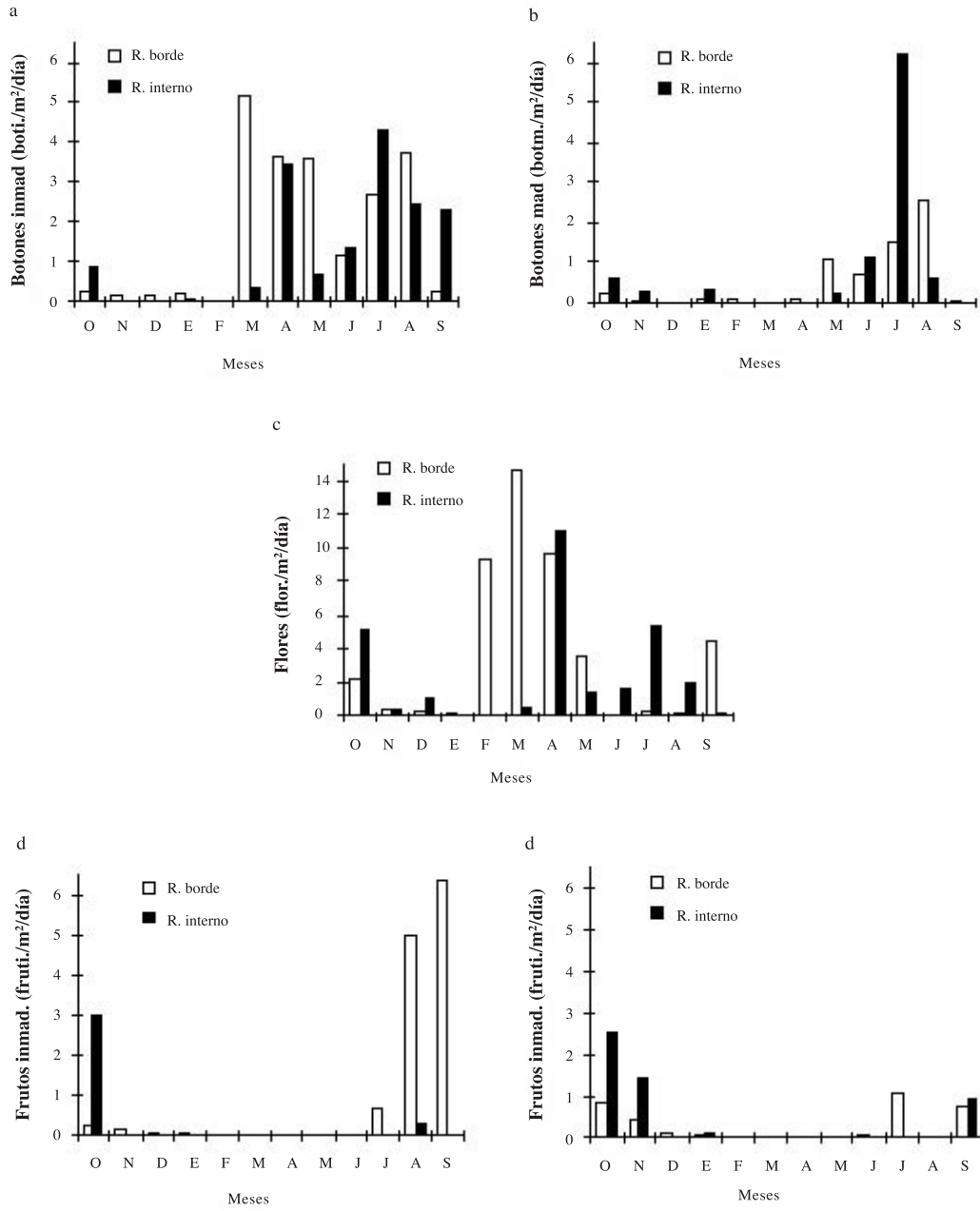


Fig. 5. Aportes del material reproductivo (No./m²/día) de *A. germinans* durante el tiempo de estudio: (a) botones inmaduros, (b) botones maduros, (c) flores, (d) frutos inmaduros, (e) frutos maduros.

Fig. 5. Contributions of the reproductive material (n/m²/day) of *A. germinans* during the study: (a) immature buttons, (b) mature buttons, (c) flowers, (d) immature fruit, (e) mature fruit.

CUADRO 2
Registros mensuales de la salinidad (ups), para los manglares de la Isla de San Andrés,
discriminando los sitios de muestreo por tipo de rodal

TABLE 2
Monthly records of salinity (ups) for mangrove forests in San Andres Island,
discriminating the sampling stations by type of wood

Rodal	Año Periodo	1994					1995							
		Lluvioso					Seco				Intermedio			
	Est./Mes	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.
Borde	BHA	33.9	22.1	35.4	36.0	35.0	21.0	38.3	26.7	43.3	28.7	37.0	23.0	21.3
	BHM	18.8	10.5	0.8	36.0	36.4	25.0	45.0	25.3	37.7	31.0	39.0	20.5	14.7
	BHI	17.3	16.9	34.3	35.1	38.6	22.0	43.7	25.3	30.0	19.3	33.3	21.7	31.7
	CSS	21.1	20.5	34.4	34.2	35.4	21.0	30.0	27.0	40.0	30.0	32.0	30.0	23.0
	Prom.	22.8	17.5	26.2	35.3	36.4	22.3	39.3	26.1	37.8	27.3	35.3	23.8	22.7
	Error	3.8	1.3	0.3	0.5	1.0	0.3	3.0	0.8	2.5	2.9	2.6	1.3	2.5
Interno	MPI	0.9	0.9	0.2	0.0	1.6	20.0	15.0	15.0	10.0	0.0	11.0	0.0	0.0
	SCI	0.1	0.9	0.0	0.5	1.8	0.0	20.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
	SBN	0.9	2.0	0.9	6.8	11.2	0.9	19.0	25.0	15.0	0.0	10.0	0.0	0.0
	SBS	1.4	3.0	1.6	8.3	14.3	9.6	25.0	20.0	20.0	0.0	8.0	0.0	0.0
	SCH	0.8	0.8	0.1	0.8	6.7	5.3	18.0	20.0	23.0	0.0	5.0	0.0	0.0
	Prom.	0.8	1.5	0.6	3.3	7.1	7.2	19.4	16.0	13.6	0.0	7.0	0.0	0.0
	Error	0.5	1.0	0.7	3.9	5.6	8.1	3.7	9.6	9.1	0.0	4.1	0.0	0.0

* BHA, BHM, BHI = Bahía Hooker (afuera, medio, interno); CSS = El Cove; MPI = Mount Pleasant; SCI = Salt Creek; SBN, SBS = Sound Bay (norte, sur); SCH = Smith Channel.

(b) Flores: Los botones maduros que provienen de la época lluviosa, están tardando entre 1 y 4 meses para convertirse en flores, el tiempo de aquellos de la época seca es mucho mayor, necesitando para el mismo proceso entre 1 y 3 meses más (Fig. 5c). Para los rodales de borde la producción mensual de flores fluctuó entre 15 y 5 flor/m²/día y para los internos entre 8 y 4 flor/m²/día.

(c) Frutos: Los frutos en los rodales de borde procedentes de la época lluviosa están tardando 1 mes en aparecer, mientras que los procedentes de la época seca han gastado entre 3 a 4 meses. Por su parte para los rodales internos, se necesitaron de 3 a 4 meses independientemente de la época (Fig. 5d). En general, los frutos están tardando en madurar a lo sumo un mes o inclusive menos, para los dos tipos de rodal (Fig. 5e).

Laguncularia racemosa

En esta especie se presenta una situación interesante, puesto que en toda la isla los árbo-

les al parecer no han alcanzado el mismo grado de desarrollo que tienen tanto el mangle rojo como el negro. De la misma manera los valores de su productividad también fueron menores. Este hecho puede explicarse, por ejemplo, si se analiza que para los rodales internos los árboles son jóvenes y/o cuando llegan a ser maduros se mueren o se caen con relativa facilidad, creando una gran cantidad de huecos dentro del rodal y por consiguiente impidiendo que la sucesión haya alcanzado su madurez a la misma velocidad de las otras especies del manglar. En el caso de los rodales de borde, esta especie solo se presenta en el sector de Bahía Hooker en donde no llega a ser dominante en ningún rodal, ni tampoco presenta áreas de crecimiento monoespecífico. Las razones de este hecho fueron analizadas por Rabinowitz (1978), quien afirma que *R. mangle* y *A. germinans* pueden dominar sobre *L. racemosa*, por parámetros relacionados con sus propágulos tales como longevidad, período de flotación, tamaño y período que requieren para estabilizarse y dispersarse.

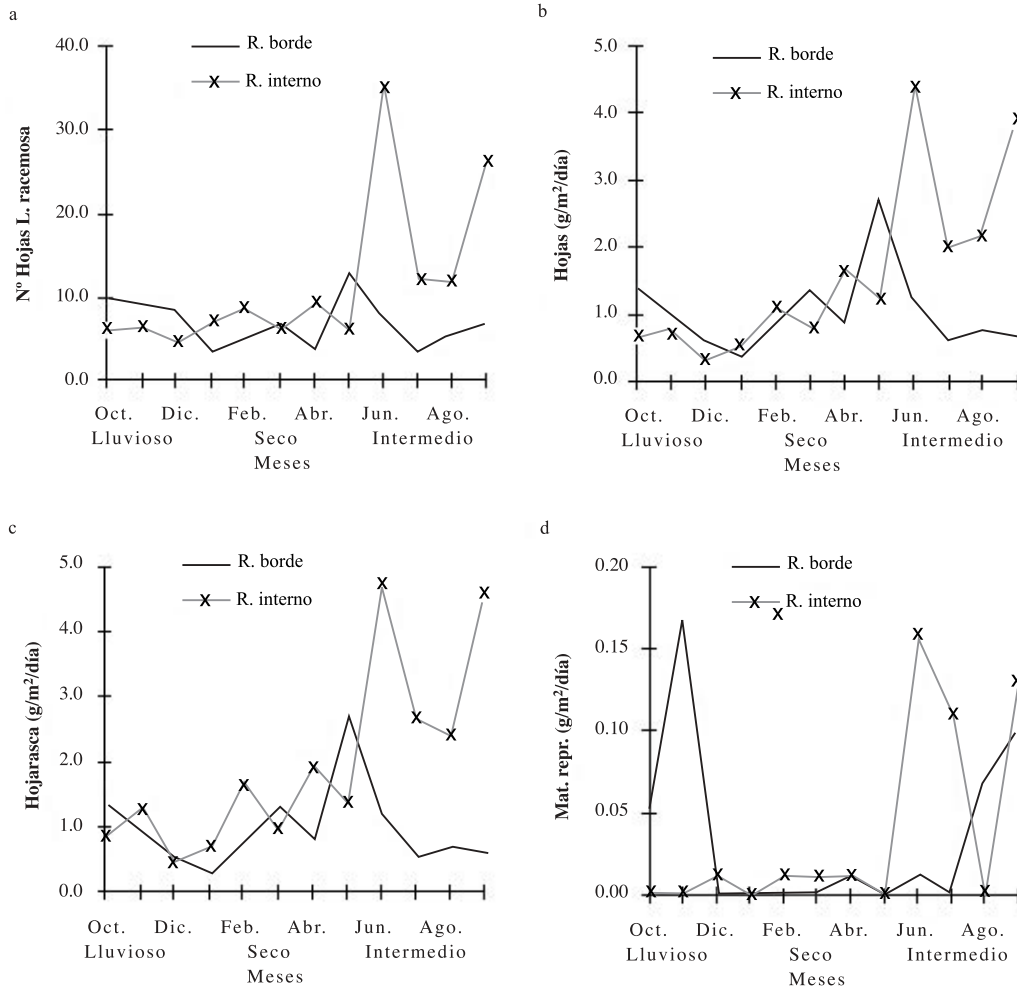


Fig. 6. Productividad (g/m²/día) de *L. racemosa* en los diferentes períodos climáticos: (a) número de hojas, (b) peso seco hojas, (c) peso seco hojarasca, (d) peso seco material reproductivo.

Fig. 6. Seasonal productivity (g/m²/day) of *L. racemosa* in the different climatic periods: (a) number of leaves, (b) dry weight of leaves, (c) weight of litter, (d) dry weight of the reproductive material.

Hojas y material vegetativo: El aporte de hojas de *L. racemosa* fue relativamente constante en los rodales de borde con un solo pico pequeño al inicio de las lluvias en mayo, el cual tuvo valores de 13.02 hojas/m²/día o 2.73 g/m²/día. Por su parte, en los rodales internos se observan dos picos fuertes, uno en junio (35.31 hojas/m²/día o 4.42 g/m²/día) y otro en septiembre

(26.55 hojas/m²/día o 3.93 g/m²/día), es decir un mes después de la aparición de las lluvias (Fig. 6a, b). Para esta especie vuelve a presentarse una relación directa entre la caída de hojas y las lluvias, como en el caso de *R. mangle*. Este hecho está claramente establecido por la mayoría de los estudios realizados para el análisis de la productividad de estas especies de manglar.

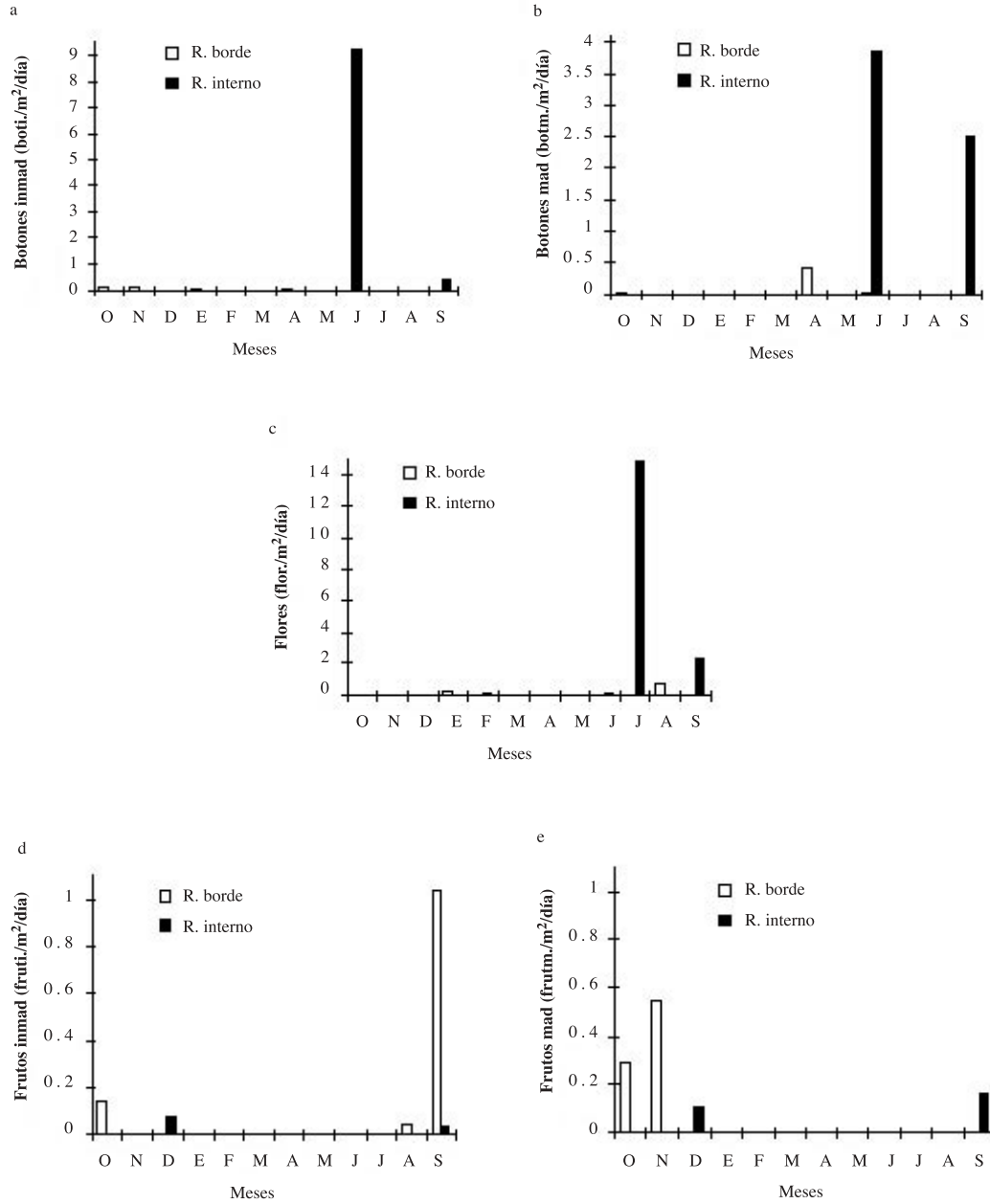


Fig. 7. Aportes del material reproductivo (número/m²/día) de *L. racemosa* durante el tiempo de estudio: (a) botones inmaduros, (b) botones maduros, (c) flores, (d) frutos inmaduros, (e) frutos maduros.

Fig. 7. Contributions of the reproductive material (n/m²/day) of *L. racemosa* during the study: (a) immature buttons, (b) mature buttons, (c) flowers, (d) immature fruit, (e) mature fruit.

La producción de biomasa total de hojas fue de 2475 hojas/m²/año o 379.5 g/m²/año para los rodales de borde, siendo mucho mayor la de los rodales internos con 4244 hojas/m²/año o 593.1 g/m²/año (Cuadro 1). Debido a que lo observado con el material vegetativo en esta especie no se detectaron diferencias con lo ocurrido con las hojas (Fig. 6c).

Material reproductivo: El peso seco del total del material reproductivo presentó dos picos para los rodales de borde, uno en noviembre (0.17 g/m²/día) y otro en septiembre (0.1 g/m²/día). En los rodales internos hubo dos picos, uno en junio (0.15 g/m²/día) y otro en septiembre (0.12 g/m²/día). Todos los picos correspondieron a la época de lluvias. Por su parte, en la época seca se observó una ausencia casi total del componente reproductivo para los dos tipos de rodal, fenómeno ya descrito también para *A. germinans* (Figs. 4 y 6). La biomasa total anual de este componente ascendió a 12.7 g/m²/año en los rodales de borde y fue ligeramente menor en los internos con 12.5 g/m²/año, siendo la única especie que presenta valores casi iguales para los dos rodales (Cuadro 1). La variación mensual observada para cada componente fue:

(a) Botones: Los botones inmaduros aparecen tan solo en abril y julio para los rodales de borde, y en junio y septiembre para los internos. Dichos botones maduraron muy rápido, encontrándose por consiguiente en los mismos meses también botones maduros (Fig. 7a, b). El mangle blanco presenta menor cantidad de botones que *A. germinans* (especie que mostró tener un comportamiento reproductivo similar), con excepción de una colecta en junio, en donde se duplicó el valor del mangle negro. Es notorio como para los rodales de borde las cantidades son mucho menores que para los rodales internos, relación que se mantiene igualmente para las flores.

(b) Flores: Las flores se recogieron dos meses después de los botones en los rodales de borde, y tan solo en un mes en los rodales internos (Fig. 7c).

(c) Frutos: A partir de las flores, los frutos inmaduros requirieron cerca de tres meses para

los dos tipos de rodal. El proceso de maduración entre los frutos fue también bastante rápido, gastando tan solo un mes (Fig. 7d, e). Es importante resaltar que la cantidad de flores que llegan a ser frutos tiene un descenso considerable, siendo su eficiencia de tan solo un 10% aproximadamente. Este hecho muestra la estrategia reproductiva de la especie con un proceso reproductivo rápido y tan solo en los meses de lluvias, pero no es tan eficiente en su culminación al no llegar a dominar entre los árboles adultos. Tal situación es válida para los dos tipos de rodal, pero se acentúa en los rodales de borde, en donde los bosques se consideran más jóvenes y por lo tanto de menor desarrollo. En comparación con el mangle negro y para la época de lluvias, el proceso de maduración de los frutos tardó por lo menos 2 meses más, pero su cantidad de frutos maduros fue mayor.

DISCUSIÓN

En general, *R. mangle* presentó los valores más altos de producción para toda la isla con un peso seco total (que corresponde a la suma de hojas, detritos y material reproductivo) de 1175.9 g/m²/año para los rodales de borde, y de 1483.5 g/m²/año para los internos. *Avicennia germinans* especie que le siguió en importancia registró valores de 953.9 g/m²/año para los rodales de borde y 1353.5 g/m²/año para los internos. Finalmente, *L. recemosa* que resultó ser la especie menos productiva de la isla y presentó valores de 491.9 g/m²/año para los de borde y 832.3 g/m²/año para los internos (Cuadro 1, Fig. 8).

La producción total de biomasa para las tres especies fue mayor en los rodales internos, lo que muestra una vez más las condiciones favorables a las que se encuentran sometidos estos bosques, en los que la presencia de agua dulce es casi constante y las salinidades son bajas (Cuadro 2), factores que según Pool *et al.* (1975), Hernández y Müllen (1978), Bejarano (1988), López *et al.* (1988), entre otros autores, contribuyen enormemente al aumento de la productividad. Si analizamos los valores

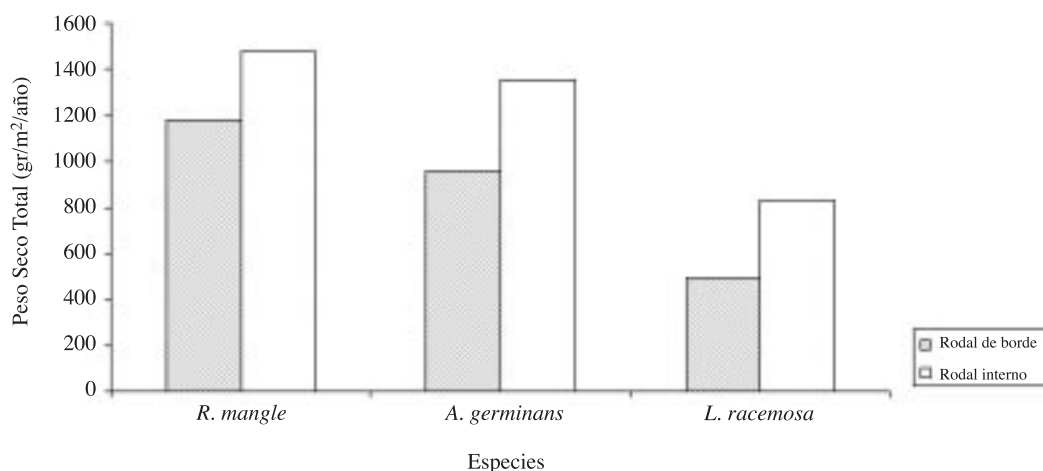


Fig. 8. Biomasa total (g/m²/año) de *R. mangle*, *A. germinans* y *L. racemosa* para los dos tipos de rodal.

Fig. 8. Total biomass (g/m²/year) of *R. mangle*, *A. germinans* and *L. racemosa* for the two type of woods.

CUADRO 3

Registros de productividad de manglares a nivel de islas del Caribe; valores expresados en ton/ha/año

TABLE 3

Records of mangrove productivity in the Caribbean islands; values expressed in ton/ha/año

Localidad	Tipo	Sp	Hojas	Total	Autor
Guayanilla (PR)	Franja	*	6.60	8.70	López y Teas (1978)
Ciénaga de Cocoliso (Col)		Rm, Lr	–	23.26	Quintero <i>et al.</i> (1990)
Ciénaga de Cocoliso (Col)		Rm	–	14.07	González-Calderón <i>et al.</i> (1992)
Isla de Providencia (Col)		Rm	–	12.23	Taylor (1994)
		Ag	–	6.20	
Isla de San Andrés (Col)		Rm	7.05	11.76	García-Hansen y Gaviria-Chiquazuque (1996)
		Ag	7.02	9.54	
		Lr	3.08	4.92	
Vacía Talega (PR)	Rivera	*	9.32	13.22	Lugo <i>et al.</i> (1975)
Ten Thousand Islands (EUA)		Rm	–	10.73	Golley <i>et al.</i> (1962)
Piñones (PR)	Cuenca	*	–	9.71	Golley <i>et al.</i> (1962)
Mojana (Cub)		*	–	10.61	Padrón <i>et al.</i> (1993)
Isla de Providencia (Col)		Rm	–	16.79	Taylor (1994)
		Ag	–	11.32	
Isla de San Andrés (Col)		Rm	7.87	14.84	García-Hansen y Gaviria-Chiquazuque (1996)
		Ag	11.38	13.54	
		Lr	5.93	8.32	

Rm = *R. mangle*, Ag = *A. germinans*, Lr = *L. racemosa*, * = No se especifica la especie.

Col = Colombia, Cub = Cuba, PR = Puerto Rico, EUA = Estados Unidos de América.

encontrados en las islas de otras localidades en el Caribe, se observa como la producción de biomasa fue también mayor para los bosques de cuenca que para los bosques de franja (Cuadro 3). Es importante mencionar como el pro-

ceso reproductivo culmina más rápidamente en las épocas donde hay lluvias (iniciales o fuertes), y por lo general en los rodales internos, empleando tan solo la mitad del tiempo del que necesitó durante la época seca.

Sin embargo, el elevado aporte de hojas (6967 hojas/m²/año) de *A. germinans*, en los rodales internos, puede estar dando como una respuesta al hecho de que estos bosques permanecen inundados la mayor parte del tiempo; según Cintrón-Molero y Shaeffer-Novelli (1983), al encontrarse los neumatóforos mucho tiempo bajo el agua, se disminuye la concentración de oxígeno en el árbol por taponamiento de su sistema radicular. Esto produce una degeneración en los cloroplastos y un aumento en el cierre de estomas, lo que determina una disminución en el contenido de agua y un incremento en el mecanismo de absorción de las hojas, y por consiguiente mayor caída de hojarasca.

Otra respuesta interesante se presenta con *R. mangle*, en donde pese a que el aporte total anual en peso seco de sus componentes fue más elevado en los rodales internos, se presentó una mayor cantidad de estípulas en los rodales de borde, lo que significa que hay una producción de hojas acorde con la caída de las mismas y/o trata de superarse en número. Por lo tanto, aunque estos bosques estén sometidos a un mayor estrés han logrado adaptarse y mantenerse en buen estado.

El aporte anual de materia orgánica al medio por parte de los manglares de la Isla de San Andrés es bastante importante si se le compara con los de otras áreas del Caribe, siendo *R. mangle* la especie más representativa para la isla (Cuadro 3).

Los rodales del hábitat interno además de poseer los árboles más imponentes de la isla presentan los valores más altos de productividad, lo cual se debe esencialmente a la presencia casi permanente de aguas dulces provenientes de las lluvias, que hacen que las salinidades sean bajas y que arrastren nutrientes de los suelos altos. Los bosques de este hábitat han logrado una buena adaptación al medio en el que se han desarrollado, creando un microambiente que es capaz de asimilar las variaciones climáticas externas, las cuales no le representan un obstáculo en su avance hacia el clímax.

El manglar de Bahía Hooker que ha sobrevivido a la presencia de la empresa electrificadora

local, ha logrado adaptarse y mantenerse en el tiempo, pudiendo llevar a cabo los procesos normales de su funcionamiento; aunque sobre las áreas de mangle muerto la regeneración natural de *R. mangle* y *A. germinans* no ha resultado exitosa, y en las pocas áreas en donde se presenta recubrimiento de claros con estas especies, tan solo se observan plántulas que se han mantenido relativamente constantes en tamaño, indicándonos que están siendo reemplazadas por nuevos individuos después de los dos o tres años iniciales de su establecimiento. Solo fue posible observar algunos indicios de recuperación del bosque sobre los claros que se encuentran más distantes de los efectos causados por la planta de energía eléctrica de la isla.

En general los manglares de la Isla de San Andrés presentan un buen estado de salud, sin embargo, han mostrado vulnerabilidad ante tensiones como hidrocarburos y aguas negras como en el caso de Bahía Hooker y Sound Bay, donde estos agentes contaminantes pueden ser los causantes de la muerte lenta y masiva de los árboles, lo que se evidenció con la pérdida total de las hojas de las especies presentes en las áreas directamente afectadas por dichos tensiones. De igual manera, es notoria la presencia y abundancia de basuras al exterior e interior de algunos bosques, las cuales pueden estar ocasionado alteraciones físico-mecánicas y posiblemente tóxicas, principalmente sobre las plántulas recién establecidas del mangle negro y blanco. Aunque todas estas alteraciones deben ser estudiadas con mayor profundidad, ya que no tenemos pruebas contundentes de estos hechos; siendo importante evaluar por separado los efectos de los hidrocarburos, las aguas negras y las basuras sobre los bosques, para así determinar con mayor exactitud la influencia directa que presentan dichos tensiones en su relación con factores de crecimiento, regeneración natural, demografía y funcionamiento del bosque.

AGRADECIMIENTOS

Especial reconocimiento a Arturo Pomare, Aldan Jay y Rafael Williams por su apoyo

económico desde la Gobernación del Departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, y a Jesús Smith, Lester Hooker, Askyn Pusey, Zoraida Collazos, Sonia Jay y Víctor Plata por su apoyo logístico en las labores de campo y laboratorio.

RESUMEN

Los aportes de materia orgánica de los manglares de la isla de San Andrés (12°32' N, 81°41' W), fueron colectados mensualmente (1994-1995) con canastas de anqueo, manteniendo por separado los resultados encontrados para tres especies (*Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa*) y tomando para cada análisis una muestra y una replica. Se seleccionaron nueve sitios y se clasificaron los bosques en dos tipos: rodales internos, ubicados detrás de una barra arenosa y de la carretera circunvalar (Mount Pleasant, Salt Creek, Sound Bay y Smith Channel), y rodales de borde, expuestos al oleaje (Bahía Hooker - Bahía Honda y El Cove). Los valores de productividad para todas las especies fueron mayores en los rodales internos y estacionalmente más elevados en las épocas de lluvias. *Rhizophora mangle* fue la única especie que aportó componentes reproductivos durante todo el año.

REFERENCIAS

- Anónimo. 1986. San Andrés y Providencia: Aspectos geográficos. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Bogotá D. E., Colombia. 156 p.
- Anónimo. 1995. Datos de parámetros climáticos de la isla de San Andrés. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Santa Fe de Bogotá D. C., Colombia. s. p.
- Barriga-Bonilla, E., J.I. Hernández-Camacho, I. Jaramillo, R. Jaramillo-Mejía, L.E. Mora-Osejo, P. Pinto-Escobar & P.M. Ruiz-Carranza. 1969. La Isla de San Andrés: Contribuciones al conocimiento de su ecología, flora, fauna y pesca. Univ. Nacional de Colombia. Bogotá D. E., Colombia. 152 p.
- Bejarano, G. 1988. Algunas características funcionales del manglar de la Ciénaga Grande de Santa Marta, con énfasis en *Rhizophora mangle* y *Avicennia germinans*. Tesis Profesional, Fac. Ciencias, Univ. del Valle. 52 p.
- Bossi, R. & G. Cintrón. 1990. Manglares del Gran Caribe: Hacia un manejo sostenible. Asociación para la Conservación del Caribe, CCA/PI/PNUMA, Barbados/Nairobi/Washington D. C. 35 p.
- Cintrón-Molero, G. & Y. Schaeffer-Novelli. 1983. Introducción a la ecología de los manglares. UNESCO-ROSTLAC, Montevideo, Uruguay. 109 p.
- Duke, N., Z.S. Pinzón & M.C. Prada-Triana. 1992. Mangrove forests recovering from two large oil spills in Bahía Las Minas, Panamá. Smithsonian Tropical Research Institute, Panamá, Rep. de Panamá, Inf. Técnico. s.p.
- García-Hansen, I. 1997. Estado de los manglares del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. Proy. PD 171/91 Rev. 2 (F) Fase I. Conservación y Manejo para el Uso Múltiple y el Desarrollo de los Manglares de Colombia, MINAMBIENTE / OIMT. Santa Fe de Bogotá D.C., Colombia. Inf. Técnico 4: 1-37.
- García-Hansen, I. & J.F. Gaviria-Chiquazuque. 1996. Estudio de los manglares de San Andrés Isla: Extensión y distribución, estructura, productividad, degradación de hojas y otros análisis. Tesis Profesional, Fac. Biología Marina, Univ. de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. 200 p.
- Geister, J. 1973. Los arrecifes de la isla de San Andrés (Mar Caribe, Colombia). Mitt. Inst. Colombo-Alemán Invest. Cien. 7: 211-228.
- Golley, F. H.T. Odum & R.F. Wilson. 1962. The structure and metabolism of a Puerto Rico mangrove forest in May. Ecology 43: 9-12.
- González-Calderón, D., C. Buitrago & A. Zamora-Guzmán. 1992. Productividad, descomposición y pastoreo de hojas de *Rhizophora mangle* (Linnaeus, 1773) en la laguna costera de Cocoliso Isla Grande (PNNCR), p. 521-528. In S. Velandia-Rocha (ed.). Mem. VIII Sem. Nal. Cienc. y Tecnol. del Mar y I Congr. Centr.-Amer. y del Caribe de Cienc. del Mar, CCO/COLCIENCIAS. Santa Marta (Mag.), Colombia. Oct: 26-30, 1143 p.
- Hernández, J. & K. Mullen. 1978. Productividad primaria en un manglar del Pacífico Colombiano. Tomo I, p. 665-668. In M. Vegas-Vélez & R. Rojas-Beltrán (eds.). Mem. Sem. Oc. Pacífico Sudamericano. Cali (Valle) Colombia. Sep. 1-5, 1976.
- Hernández, H., D. Martínez, I. Leguizamo & F. Pineda. 1987. Los bosques de mangle del Antiguo Delta del Río Sinú. Estudio de la vegetación y aprovechamiento. Univ. de Córdoba, Montería (Córdoba). 30 p.
- López, J.M. & H.J. Teas. 1978. Trace metals cyclin in mangroves. Symp. of Physiology of Plants in Coastal Ecosystem with Emphasis on Trace Metal Cyclin. Blakburg, Virginia.
- López, J.M., A.W. Stoner, J.R. García & I. García-Muñiz. 1988. Marine food webs associated with Caribbean

- island mangrove wetlands. Center for Energy and Environment Research. (Puerto Rico). *Acta Cien.* 2(2-3): 94-123.
- Lugo, A.E. & S.C. Snedaker. 1974. The ecology of mangrove. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 5: 39-64.
- Lugo, A., G. Cintrón, D. Pool & G. Morris. 1975. Los manglares de las costas áridas de Puerto Rico e islas adyacentes. Tomo II, p. 137-150. *Mem. Segundo Simp. Lat.-Amer. de Oceanografía Biológica.* Cumaná, Venezuela.
- Padrón, C.M., S.O. Llorente & L. Menéndez. 1993. Mangroves of Cuba, p. 147-154. *In* L.D. Lacerda, (ed.). Conservation and sustainable utilization of mangrove forest in Latin America and Africa regions, Part I Latin America. ITTO/ISME Project PD 114/90 (F). Mangrove Ecosystem Tech. Rep. 2. 272 p.
- Pool, D.J., A.E. Lugo & S.C. Snedaker. 1975. Litter production in mangrove forests of southern Florida and Puerto Rico, p. 213-237. *In* G.E. Walsh, S.C. Snedaker & H.J. Teas (eds.). *Proc. Intern. Symp. Biology and Management of Mangrove.* East - West Center. Honolulu, Hawaii.
- Prahl, H. Von, J.R. Cantera & R. Contreras. 1990. Manglares y hombres del Pacífico colombiano. Presencia, Bogotá D.E., Colombia. 193 p.
- Quintero, H.E., C.L. Vanin & L.E. Avila. 1990. Evaluación de la estructura y productividad del manglar presente en la Ciénaga de Cocoliso, Isla Grande (PNNCR), p. 45-52. *In* R. Steer-Ruiz (ed.). *Mem. VII Sem. Nal. de Ciencias y Tecnologías del Mar, CCO/CVC.* Cali (Valle) Colombia. Oct. 30 – nov. 2. 792 p.
- Rabinowitz, D. 1978. Early growth of mangrove seedlings and hypothesis concerning the relationship of dispersal and zonation. *J. Geogr.* 5: 113-133.
- Sánchez-Páez, H., R. Alvarez-León, F.H. Pinto-Nolla, A.S. Sánchez-Alfárez, J.C. Pino-Renjifo, I. García-Hansen & M.T. Acosta-Peñaloza. 1997a. Diagnóstico y zonificación preliminar de los manglares del Caribe de Colombia. *In* H. Sánchez-Páez & R. Alvarez-León (eds.). *Proy. PD 171/91 Rev. 2 (F) Fase I. Conservación y Manejo para el Uso Múltiple y el Desarrollo de los Manglares de Colombia, MINAMBIENTE / OIMT.* Santa Fe de Bogotá D.C., Colombia. 511 p.
- Snedaker, S. 1973. Los manglares: Su valor y perpetuación. UNESCO - La Naturaleza y sus Recursos 24: 7-15.
- Taylor, E. 1994. Estructura y fisionomía de los manglares en las Islas de Providencia y Santa Catalina. Caribe Colombiano. Tesis Profesional, Fac. Ciencias, Univ. del Valle. 161 p.