

## REGENERACIÓN NATURAL Y PRODUCCIÓN DEL MANGLAR DEL DELTA DEL RÍO RANCHERÍA, CARIBE COLOMBIANO

NATURAL REGENERATION AND PRODUCTION OF THE MANGROVE FOREST IN THE RANCHERÍA RIVER DELTA, COLOMBIAN CARIBBEAN

Luisa Fernanda Lema-Vélez<sup>1</sup>, Jaime Polanía<sup>2</sup>

### Resumen

Se estudiaron la supervivencia de plántulas y el crecimiento de las principales especies de manglar (*Rhizophora mangle* L., *Avicennia germinans* L. y *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. f.) en el delta del río Ranchería. Se encontró que sólo las plántulas de *R. mangle* sobrevivían más de 500 días. A partir de la cuantificación de la tasa máxima de producción de hojarasca se estimó el valor anual, empleando una regresión exponencial a partir de diferentes fuentes. La caída anual de hojarasca se estimó en 10,2 y 16, 1 Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. A partir ecuaciones alométricas para la zona y de otras de fuentes secundarias y remediciones con dos años de diferencia, se encontró que el bosque crece a razón de 7,4 Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. Se estimó para el manglar de río Ranchería una producción bastante alta (20,2 Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) con respecto a las condiciones estacionales tan extremas y que la mayoría de ella está representada en hojarasca.

*Palabras clave:* crecimiento, hojarasca, manglares, producción primaria, supervivencia.

### Abstract

Seedling survival and growth were studied for the main mangrove species in the Ranchería river delta (*Rhizophora mangle* L., *Avicennia germinans* L., and *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. f.). Only *R. mangle* seedlings were found to survive more than 500 days. Maximum rate of litterfall was measured and annual litterfall was estimated from it, using an exponential regression with data from different sources. The annual litterfall for the area was estimated in 12.9 Mg ha<sup>-1</sup> y<sup>-1</sup>. Allometric equations from the site and secondary sources, and two year measurements, showed that this forest grows 7.4 Mg ha<sup>-1</sup> y<sup>-1</sup>. The mangrove of the Ranchería river delta registered a very high production (20.2 Mg ha<sup>-1</sup> y<sup>-1</sup>) for a forest under such extreme climatic conditions, most of it represented by litterfall.

*Key words:* growth, litterfall, mangrove, primary production, survivorship.

## INTRODUCCIÓN

Los manglares son asociaciones de especies que, por su tolerancia a la salinidad y a los sustratos inestables, compiten exitosamente y se establecen en zonas costeras y ribereñas con influencia mareal. Diversos estudios han revelado su alta producción, precedida entre los ecosistemas marinos sólo por los arrecifes de coral (Wafar et al., 1997). Por su relación con corrientes de agua de diferente origen, los manglares pueden exportar material orgánico a ecosistemas adyacentes o acumularlo como sedimento. La calidad y cantidad

del material exportado dependen del tipo de bosque, de su producción y de limitantes físicos y biológicos, pero los valores oscilan entre el 0,3 y el 30,0% de la hojarasca producida (Gattuso et al., 1998).

Esta cantidad permite que los manglares desempeñen un papel esencial en la regeneración de nutrientes y en las cadenas tróficas costeras, en especial en el aspecto microbiano (Machiwa y Hallberg, 2002; Wafar et al., 1997) y en la dinámica del carbono en los sistemas

Recibido: septiembre de 2004; aceptado para publicación: mayo de 2005.

<sup>1</sup> University of Yale. 205 Prospect St., New Haven, CT 06511, U.S.A. Correo electrónico: <luisalema@yale.edu>.

<sup>2</sup> Correspondencia a: Universidad Nacional de Colombia, Sede San Andrés Isla. Carretera Circunvalar de San Luis Free Town 52-44. San Andrés Isla, Colombia. Correo electrónico: <jhpolaniav@4unal.edu.co>.

litorales (Alongi et al., 2001; Gattuso et al., 1998; Wafar et al., 1997).

La producción de los ecosistemas de manglar, cuantificada como aumento en biomasa aérea o producción de hojarasca, ha sido trabajada por numerosos autores y se cuenta con abundante información y metodologías de campo más o menos estandarizadas. Saenger y Snedaker (1993) recopilaron información de trabajos alrededor del mundo, pero existen otros estudios nacionales sobre producción del ecosistema no considerados por dichos autores. Por ejemplo, cabe citar trabajos para Australia (Bunt, 1995); Brasil (Mehlig, 2001); Ecuador (Twilley et al., 1997); Florida, E. U. A. (Chen y Twilley, 1999; Ross et al., 2001; Twilley et al., 1986); Guyana Francesa (Betoulle et al., 2001; Fromard et al., 1998); Malasia (Jin-Eong et al., 1995; Tanouchi et al., 2000; Wafar et al., 1997); México (Barreiro-Güemes, 1999; Day et al., 1996) y la Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia (Zamorano, 1983).

El presente estudio se desarrolló en la costa suroccidental de la península de La Guajira (departamento de La Guajira), Colombia, donde el manglar constituye el principal patrimonio paisajístico de la ciudad de Riohacha y se desarrolla bajo condiciones extremas: precipitación baja, períodos prolongados sin inundación y elevadas insolación y presión antrópica.

El proyecto en el cual se enmarcó este estudio caracterizó la estructura del bosque (Vásquez, 2000), estudió la edafología (Arroyo, 2001; Martínez-Ramos y Ruiz-Ochoa, 2001), la hidrología (Barros et al., 2002; Maza y Zárate, 2001), la fenología (Ángel, 2001), la dispersión de propágulos (Lema-V., 2000), el establecimiento, supervivencia y disponibilidad de plántulas (Díaz-Fuenmayor, 2001; Lema-V., 2000), el crecimiento de estados inmaduros (Díaz-Fuenmayor, 2001), las relaciones alométricas (Correa, 2002) y la reconstrucción de la sucesión vegetal en el Holoceno (Correa y Valencia, 2002). Este estudio buscó evaluar la capacidad de supervivencia de la regeneración natural y obtener datos de producción del manglar, un ecosistema en condiciones extremas de clima y de sitio.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Área de estudio.** El delta del río Ranchería se ubica en el departamento de La Guajira, Colombia, en las siguientes coordenadas geográficas: 11° 33' latitud N, entre 72° 53' y 72° 54' longitud O (figura 1). La planicie déltica está en una transición entre las zonas de vida bs-ST y me-ST, según la clasificación de Holdridge; posee precipitación media anual de 554 mm, con distribución bimodal y pico máximo entre septiembre y octubre. La temperatura media anual es 27 °C, con el período más cálido entre junio y agosto; la hume-

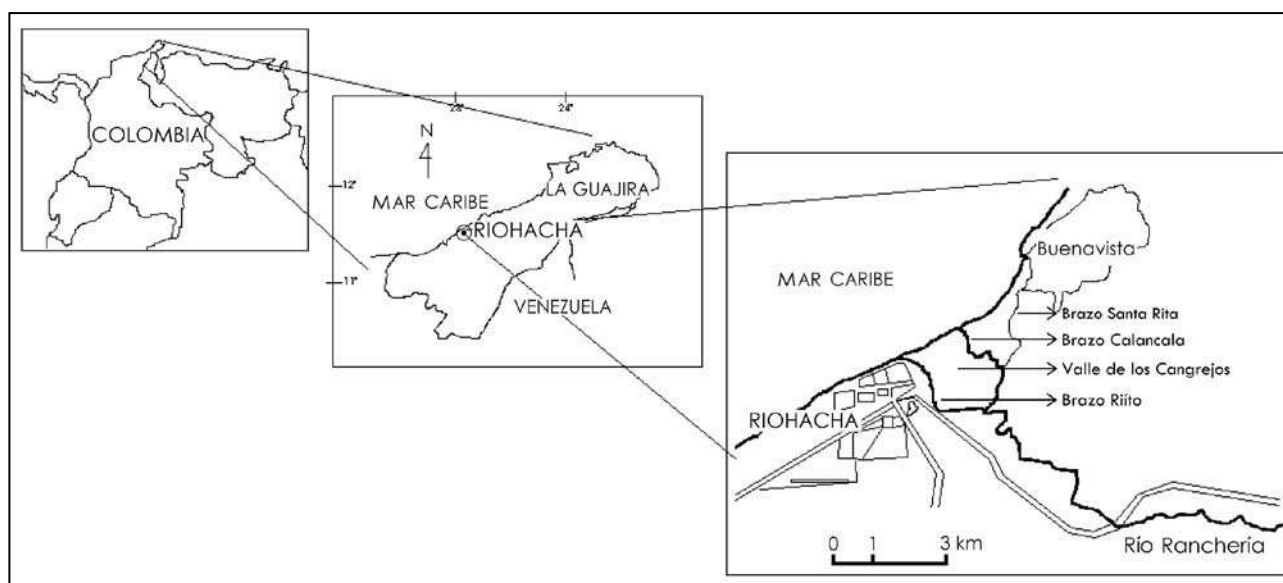


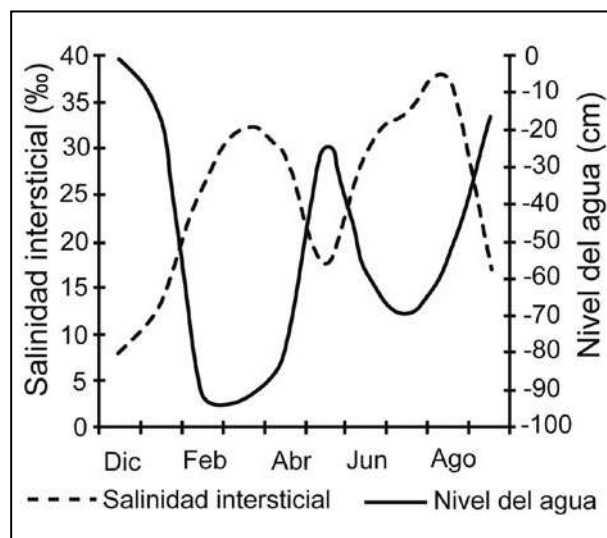
Figura 1. Localización del delta del río Ranchería (La Guajira, Colombia) y los sitios de estudio específicos

dad relativa media anual es 73% y la evaporación media 2.293 mm año<sup>-1</sup> (HIMAT, 1994). Los vientos son fuertes buena parte del año y registran velocidad promedio en superficie de 30 a 40 cm s<sup>-1</sup> en dirección NE (Cuignon, 1987).

La formación déltica está compuesta por tres brazos principales, denominados Riíto (RT), Santa Rita y Calancala, y varias lagunas costeras, entre ellas Salada y Buenavista son las principales. Se denomina Valle de los Cangrejos (VC) a un área de inundación periódica hacia la margen izquierda del brazo Calancala. Todos los cauces del delta tienen flujo inconstante y en las épocas secas alcanzan un caudal cero, con el consecuente cerramiento de sus bocas. El comportamiento de la salinidad y nivel del agua intersticial en el delta se presentan en la figura 2.

La parte baja de los brazos principales y las lagunas de este complejo están cubiertas de manglar. El estudio se desarrolló particularmente en las áreas de bosque ubicadas en el brazo Riíto (RT) y en el Valle de los Cangrejos (VC). El bosque del brazo RT es de tipo ribereño, dominado por *Laguncularia racemosa*, en tanto que el del VC es de cuenca, claramente dominado por individuos de *Avicennia germinans* de porte bajo. En VC se encuentran exclusivamente especies de manglar, mientras que en el brazo RT hacen presencia algunas halófitas en muy baja densidad (Vásquez, 2000). Buena parte del brazo RT recibe descargas de aguas servidas de la ciudad de Riohacha, que causan desalinización localizada (Martínez-Ramos y Ruiz-Ochoa, 2001) y mayor proliferación de *L. racemosa* y *Rhizophora mangle* en estos sitios (Lema-V. et al., 2002). Otras propiedades estructurales se muestran en la tabla 1.

La reducción en el área original de este manglar es atribuida al desecamiento de algunas lagunas para el



**Figura 2.** Comportamiento de la salinidad en agua intersticial y el nivel del agua en el delta del río Ranchería. La información, recopilada por Barros et al. (2002) y, Maza y Zárate (2001), corresponde al promedio 2000-2001

crecimiento urbano. Por otro lado, el manglar es transitado por los pobladores vecinos y empleado como fuente de leña y de forraje para ganado caprino y ovino por las comunidades de la etnia wayúu de la zona.

**Supervivencia de plántulas.** Entre diciembre de 2000 y abril de 2001, Díaz-Fuenmayor (2001) realizó el seguimiento de la supervivencia en el delta, rotulando con placas de aluminio 100 plántulas de *L. racemosa* y *A. germinans*, respectivamente, y 50 de *R. mangle*, en el brazo RT, y 100 plántulas de *A. germinans* y 50 de *R. mangle*, en el VC. Las plántulas rotuladas se encontraban en corredores de 10 m, perpendiculares a la línea de costa y adyacentes a los de Vásquez (2000), que se describirán posteriormente. El monitoreo durante dicho estudio se realizó cada diez días. Las plántulas sobrevivientes fueron recontadas para este estudio en mayo de 2002.

**Tabla 1.** Propiedades estructurales de los bosques de manglar en el delta del río Ranchería

Sitio	N (ind ha <sup>-1</sup> )	H (m)	D (cm)	G (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	N.º de especies arbóreas
Brazo Riíto	1.449	6,07	7,78	13,3	6
Valle de los Cangrejos	1.557	4,36	5,10	5,5	4
Promedio para el delta	1.509	4,94	6,47	9,0	6

N: número de árboles por hectárea; H: altura promedio; D: diámetro promedio; G: área basal por hectárea (tomado de Vásquez, 2000).

**Producción de hojarasca.** Durante dos años se hicieron múltiples intentos para cuantificar la producción de hojarasca con la metodología regular de colección en canastas pero, dada la cercanía con asentamientos humanos, el hurto hizo imposible el uso de esta técnica de muestreo. Con el fin de obtener un valor aproximado del aporte de hojarasca sin correr el riesgo de afectar el muestreo por factores antrópicos, se demarcaron en el suelo cinco cuadrantes de 1 m<sup>2</sup>, todos ellos en RT, de los cuales se recolectó todo del material vegetal cada dos días durante una quincena y se secó en horno a una temperatura de 80 °C hasta peso constante.

La colección se hizo en mayo, al final de la época seca mayor e inmediatamente después de un pico en la salinidad intersticial (figura 2). Casualmente, para una época equivalente, señalan Lugo y Snedaker (1974, citando a Snedaker y Lugo, 1973) aumento de la producción de hojas en manglares del sur de Florida. Twilley et al. (1986), a su vez, se refieren al de la salinidad intersticial como pico para producción de hojarasca también en manglares de la Florida. Asumiendo entonces el pico como máximo para la zona, la estimación de la producción anual de hojarasca se interpoló de una regresión de valores diario máximo vs. anual de hojarasca, ajustada a registros de estudios en diversos manglares.

**Tasa de renovación foliar.** La tasa de renovación foliar, expresada como el número de días que tardaría un árbol en renovar la totalidad de su copa, se halló a partir del cálculo de la biomasa foliar por árbol, empleando la ecuación de Correa (2002), y el valor anual de hojarasca estimado. Correa (2002) encontró relación entre la biomasa de hojarasca (BH) y el diámetro (D) descrita por la función  $\ln(BH) = -3,20314 + 1,93861 * \ln(D)$  ( $R^2 = 87,83$  y valor  $p = 0,0000$ ).

**Crecimiento.** El estudio de estructura del bosque de Vásquez (2000) estableció siete corredores paralelos a la línea de costa, cinco en el brazo RT y dos en el VC. Los corredores medían 40 m de anchura y su longitud era variable, según la extensión del bosque. Un área total de 1,52 ha fue evaluada estructuralmente para individuos con diámetro superior a 2,5 cm. Dicho estudio tuvo su fase de campo entre mayo y junio de 2000 y dejó algunos individuos de las tres especies más importantes (*L. racemosa*, *A. germinans* y *R. mangle*) marcados en campo, con el sitio de medición diamétrica bien señalado. En mayo de 2002 se midieron nuevamente altura, diámetro de copa y diámetro de fuste. Sólo el diámetro fue consistente con las mediciones anteriores, por lo que las demás variables no se emplearon en ningún cálculo posterior. El crecimiento del bosque fue estimado interpolando el diámetro cuadrático (diámetro del árbol de área basal promedio dentro del bosque) calculado por Vásquez (2000) para cada especie, en regresiones  $D_1$  vs.  $D_2$  con datos de los individuos medidos en mayo de 2002.

No se midieron de nuevo árboles de especies diferentes a las mencionadas, puesto que no había individuos marcados en campo. De cualquier modo, *L. racemosa*, *A. germinans* y *R. mangle* representan el 97,1% de los individuos y el 96,7% del área basal del bosque, por lo que el aporte de las demás especies se asumió como despreciable.

**Biomasa.** Para la estimación de la biomasa se emplearon las ecuaciones alométricas que aparecen en la tabla 2. Las ecuaciones de Correa (2002) se elaboraron con información alométrica y de peso seco por compartimentos (hojarasca, ramas y fuste) de 22 árboles de *A. germinans* y 20 de *L. racemosa* apeados en la zona de estudio. La ecuación de Fromard et al. (1998)

**Tabla 2.** Ecuaciones empleadas en la estimación de biomasa para árboles de las diferentes especies de manglar en el delta del río Ranchería

Especie	Relación	R <sup>2</sup>	Valor p	n	Fuente
<i>L. racemosa</i>	BT = 0,147 * D <sup>2,44</sup>	98,17	0,0000	19	Correa (2002)
<i>A. germinans</i>	BT = 0,227 * D <sup>2,27</sup>	97,32	0,0000	21	Correa (2002)
<i>R. mangle</i>	BT = 0,128 * D <sup>2,60</sup>	92,00	< 0,0001	9	Fromard et al. (1998)

El diámetro (D) está dado en centímetros y la biomasa total (BT) en kilogramos.

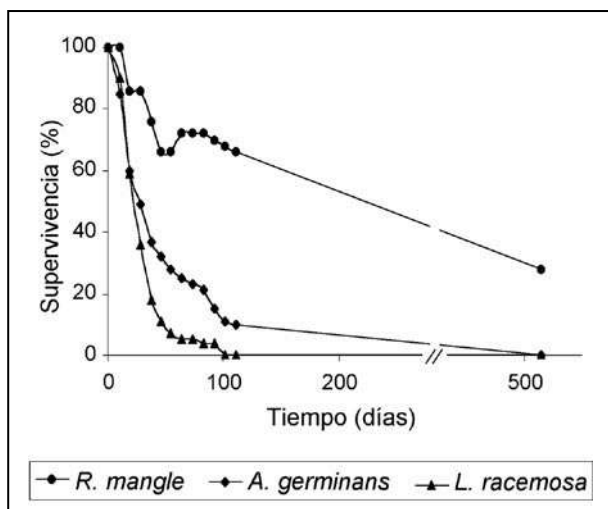
para *R. mangle* corresponde a un estudio en Guyana Francesa. Se emplearon funciones cuya única variable fue el diámetro, aplicando para cada especie su diámetro cuadrático correspondiente.

**Producción.** La producción del ecosistema se estimó adicionando el aumento en biomasa por año a la producción anual estimada de hojarasca. El aporte a la producción del ecosistema por establecimiento de plántulas fue despreciado debido a los bajos valores de supervivencia.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Supervivencia de plántulas.** La figura 3 muestra el porcentaje de plántulas sobrevivientes durante el registro de Díaz-Fuenmayor (2001) y del presente trabajo. Diecisiete meses después de iniciado el registro únicamente sobrevivían 14 plántulas de *R. mangle* (28%) en el bosque del brazo RT. Las demás especies no sobrevivieron en RT y ninguna plántula lo hizo en VC.

Los resultados coinciden con numerosos estudios de regeneración y supervivencia en manglares americanos (Ellison y Farnsworth, 1993; Elster, 1998; Forestales FVE Ltda., 1994; McKee, 1995; Rabi-



**Figura 3.** Supervivencia de las plántulas de las principales especies de manglar en el delta del río Ranchería. El número inicial de plántulas fue 50 para *R. mangle* y 100 para *A. germinans* y *L. racemosa*. La reducción en el número de plántulas registrado en los días 46 y 55 se debió a la inaccesibilidad de un sitio de muestreo durante esa temporada

nowitz, 1978a, 1978b), en los cuales *R. mangle* ha mostrado mayor supervivencia en estadios tempranos de desarrollo.

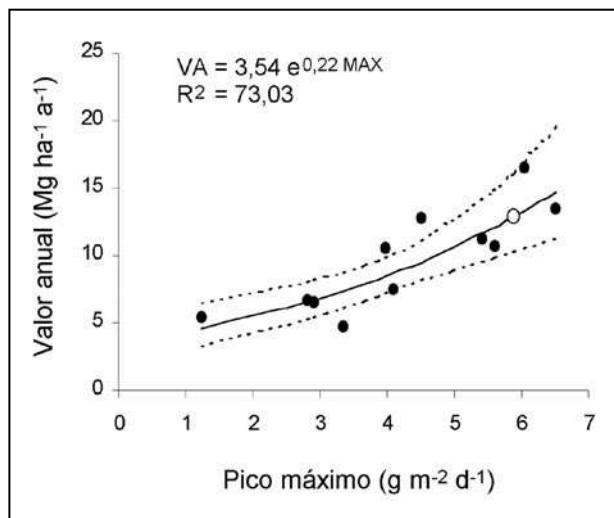
Muy cerca a la zona de estudio y con déficit hidrológico semejante, Sánchez-Páez et al. (1998) encontraron que en el área de Camarones no se lograba el establecimiento de plántulas debido a la sequía y a las altas temperaturas. Sus resultados y los de este estudio podrían confirmar el hallazgo de Elster (1998): que la alta sensibilidad de las plántulas a la inundación limita la regeneración natural por varios años y da lugar a grupos coetáneos discretos.

Lema-V. (2000) y Díaz-Fuenmayor (2001) también encontraron alta pérdida de propágulos en germinación y de plántulas establecidas en esta zona, y la atribuyeron tanto a la baja disponibilidad de agua y la alta irradiación, como a la depredación y el pastoreo por parte del ganado ovino y caprino de las comunidades wayúu adyacentes.

De todas formas se espera comparar las tasas de mortalidad entre especies y estimar el tiempo máximo de supervivencia de los propágulos de cada una con base en ecuaciones de crecimiento en futuras publicaciones.

**Producción de hojarasca.** Se halló una producción de hojarasca de  $5,9 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ , máximo en el año con los soportes mencionados en la metodología. La regresión valores anual vs. máximo de producción de hojarasca, realizada con datos de Barreiro-Güemes (1999), Mehlig (2001) y Twilley et al. (1986, 1997) en Florida, Ecuador, México y Brasil, respectivamente, se muestra en la figura 4. La producción anual de hojarasca para la zona se estima en  $12,9 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ , con un rango probable entre  $10,2$  y  $16,1 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  ( $\alpha = 0,05$ ).

Con relación a la información colectada por Saenger y Snedaker (1993) y otros estudios posteriores o no incluidos en su revisión (Barreiro-Güemes, 1999; Betoulle et al., 2001; Bunt, 1995; Ross et al., 2001; Twilley et al., 1986, 1997; Wafar et al., 1997), el delta del río Ranchería se ubica en el rango superior de producción de hojarasca. El dato supera lo que cabría esperar para un bosque de tan bajo porte y sometido a largas temporadas de sequía.



**Figura 4.** Relación entre pico máximo y valor anual total de producción de hojarasca. **VA:** valor anual; **MAX:** valor máximo. El punto vacío muestra el estimado para el área de estudio y las líneas discontinuas los límites de confianza del 95%. De los datos a partir de los cuales se generó la regresión (Barreiro-Güemes, 1999; Mehling, 2001; Twilley et al., 1986, 1997), se excluyeron, por aberrantes, uno de Mehling (2001) y otro de Twilley et al. (1997)

El área de manglar más cercana a la zona de estudio en la que se ha cuantificado producción de hojarasca es la Ciénaga Grande de Santa Marta, donde Zamorano (1983) colectó durante cuatro meses un promedio de 4,3 g m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>, equivalentes a 15,7 Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, dicha cantidad se encuentra también dentro del rango aquí señalado. Los resultados son comparables a los de Betoulle et al. (2001) en bosques mixtos juveniles y maduros en la Guyana Francesa, con 12,5 y 12,6 Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, respectivamente, y a los de Ross et al. (2001) en un bosque de franja de *R. mangle* en recuperación, en el cual la producción de hojas fue 12,2 Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>.

**Tasa de renovación foliar.** Empleando la ecuación de Correa (2002), el valor estimado de biomasa foliar para RT es 5.953,1 kg ha<sup>-1</sup>. La producción anual de hojarasca estimada sugiere una tasa de renovación foliar en este bosque de 169 días, que se encuentra en el mismo rango señalado por Barreiro-Güemes (1999) en México, para quien osciló entre 129 y 397 días. De dicho sistema estuarino los datos son comparables, en especial con aquellos registrados para bosques de menor porte, de estructura equivalente a la del delta del Ranchería. En Florida, con una metodología basada en la marcación de cohortes de hojas, Ross et al. (2001) encontraron longevidades de hojas de *R. mangle* de entre 189 y 281 días, también similares a las del Ranchería. La tasa hallada sugiere una relación con los dos picos de sequía que será abordada en futuras publicaciones.

**Crecimiento.** El incremento en el diámetro cuadrático alcanzado en dos años para cada especie fue calculado a partir de regresiones realizadas con las nuevas mediciones de los árboles marcados (tabla 3), donde *A. germinans* tiene mayor crecimiento relativo, con incremento de 5,7%. Sánchez-Páez et al. (1998) registraron incrementos en parcelas permanentes en el Caribe colombiano de hasta 4,6% para *A. germinans*, en un bosque monoespecífico maduro de cuenca y con estructura semejante a la de RT, pero con una densidad mayor (2.039,2 ind ha<sup>-1</sup>). Los incrementos porcentuales anuales en el diámetro de *R. mangle* en el RT se asemejan a los medidos por Sánchez-Páez et al. (1998) en bosques de franja en Islas del Rosario. En este estudio *L. racemosa* mostró un crecimiento inferior a cualquiera de los registrados por Sánchez-Páez et al. (1998).

Jiménez (1990) hizo una pequeña revisión de trabajos que registran crecimientos diamétricos en manglar,

**Tabla 3.** Crecimientos diamétricos estimados para el área del brazo Riito

Especie	n	Dq <sub>1</sub> (cm)	Dq <sub>2</sub> (cm)	ΔDq (cm año <sup>-1</sup> )	ΔDq (%)
<i>A. germinans</i>	13	9,98	11,11	0,57	5,67
<i>L. racemosa</i>	9	11,35	12,20	0,42	3,71
<i>R. mangle</i>	13	14,05	14,42	0,18	1,29
Promedio		11,80	12,57	0,39	3,55

**Dq:** diámetro cuadrático.

con rangos entre 0,00 y 0,86 cm año<sup>-1</sup>, dentro del cual están los aquí presentados. Así mismo registró uno de 0,33 cm año<sup>-1</sup> en un bosque de *A. bicolor* en Costa Rica, que estructuralmente parece ser bastante semejante al de VC.

Los crecimientos diamétricos son mayores a los esperados para manglares de clima seco, sometidos a largos períodos sin agua. *Avicennia germinans* tolera mejor dichas condiciones, lo que refleja su gran abundancia y dominancia, así como crecimientos diamétricos elevados, incluso mayores a los de la misma especie en sitios con condiciones óptimas.

**Biomasa.** *Laguncularia racemosa* aporta mayor biomasa total al bosque de RT, y representa el 52,4%, mientras que *A. germinans* aporta en el VC 72,3%. Dado que está más altamente representada en VC contribuye más al delta (49,5%).

En VC la biomasa es comparable a la de un bosque enano en Florida (Ross et al., 2001), con 22,3 Mg ha<sup>-1</sup> y una densidad de 608 ind ha<sup>-1</sup> (tabla 4). Igualmente, Saenger y Snedaker (1993) documentan valores de este orden en bosques bastante bajos en Australia.

A pesar de que el bosque en RT tiene mucha más biomasa aérea que el VC, su valor continúa siendo bajo con relación a registros de Chen y Twilley (1999), Saenger y Snedaker (1993) y Tanouchi et al. (2000). Se asemeja más a los bosques de franja y achaparra-

dos mencionados por Chen y Twilley (1999), Ross et al. (2001) y, Saenger y Snedaker (1993), que a los ribereños, tal vez por los aportes de agua dramáticamente estacionales, las variaciones en salinidad y la elevada insolación.

El aumento en biomasa (7,4 Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) entra como aporte por crecimiento a la producción del ecosistema. La producción por crecimiento señalada por Chen y Twilley (1999) en un sistema estuarino en Florida se encuentra en el mismo orden: 10,7-12,0 Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> en la parte baja del estuario y 3,2-4,2 Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> en la alta.

Pese a que los valores de biomasa en pie del delta del Ranchería son bajos, su producción por crecimiento no se aleja de los promedios de otros bosques ni corresponde con la que tendría una cobertura bajo condiciones de tensión fisiológica.

**Producción.** La producción total estimada para el bosque del delta del río Ranchería es 20,2 Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, con un rango (95% de confianza) entre 17,6 y 23,5; la de hojarasca representa el 63,6%. Tales valores son comparables con los de Ross et al. (2001), quienes midieron producciones en bosques en recuperación de un huracán de 26,1 Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (para uno de franja) y de 8,1 Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (para uno enano) en Florida. Allí las hojas constituyeron el 47% del aporte para el bosque de franja y el 73% para el bosque enano. El aporte de la regeneración no fue

**Tabla 4.** Ecuaciones para crecimiento diamétrico de las especies de mangle, diámetro cuadrático, incremento en diámetro, densidad y biomasa estimada en el delta del río Ranchería

Especie	Ecuación	R <sup>2</sup>	Dq <sub>1</sub> (cm)	ΔD (cm año <sup>-1</sup> )	Densidad (ind ha <sup>-1</sup> )	ΔBT (Mg ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )
<i>L. racemosa</i>	D <sub>2</sub> = 0,955 D <sub>1</sub> + 1,350	0,98	11,35	0,42	679,41	3,54
<i>A. germinans</i>	D <sub>2</sub> = 1,011 D <sub>1</sub> + 1,024	0,99	9,98	0,57	607,35	3,54
<i>R. mangle</i>	D <sub>2</sub> = 0,954 D <sub>1</sub> + 1,010	0,99	14,05	0,18	66,18	0,28
<i>C. erecta</i>			12,47		42,65	
<i>R. biflora</i>			2,76		7,35	
<i>P. juliflora</i>			8,58		13,24	
<i>C. odoratissima</i>			4,81		32,35	
<b>Total</b>			<b>10,82</b>		<b>1.448,53</b>	<b>7,36</b>

**Dq:** diámetro cuadrático; **ΔD:** diámetro en 2002-diámetro en 2000; **BT:** biomasa total. Las especies halófitas listadas no fueron re-medidas.

considerado significativo, dada la baja supervivencia encontrada.

## CONCLUSIONES

Durante el estudio no se presentó regeneración natural en el manglar. *Rhizophora mangle* es la única especie que perdura como plántula en el ecosistema, pero el paso a estados de crecimiento superiores requiere investigación adicional.

La gran cantidad de hojarasca registrada en nuestro estudio podría ser el resultado de los tensores fisicoquímicos o climáticos, sin descartar que el muestreo aplicado haya podido sobredimensionar los resultados. Monitoreos más extensos de producción de hojarasca en la zona podrán aportar resultados más precisos y confiables.

## REFERENCIAS

- Alongi DM, Wattayakorn G, Pfitzner J, Tirendi F, Zagorski I, Brunskill GJ, Davidson A, Clough BF.** 2001. Organic carbon accumulation and metabolic pathways in sediments of mangrove forests in southern Thailand. *Marine Ecology*, 179:85-103.
- Ángel IF.** 2001. Fenología reproductiva de *A. germinans*, *R. mangle* y *L. racemosa* en un bosque semi-árido del Caribe colombiano. En: Santos-Martínez A (ed.). *Resúmenes expandidos. IX Congreso Latinoamericano sobre Ciencias del Mar*. Universidad Nacional de Colombia y Asociación Latinoamericana de Investigadores en Ciencias del Mar, San Andrés Isla, Colombia. Disco compacto.
- Arroyo M.** 2001. Caracterización de algunas propiedades físicas y químicas del suelo de manglar en la desembocadura del río Ranchería (brazo Riíto), municipio de Riohacha, Caribe colombiano. Trabajo de grado, Universidad de La Guajira, Riohacha, Colombia.
- Barreiro-Güemes MT.** 1999. Aporte de hojarasca y renovación foliar del manglar en un sistema estuarino del Sureste de México. *Revista de Biología Tropical*, 47:729-737.
- Barros O, Pinzón C, Bastidas L.** 2002. Hidrología y dinámica del delta del río Ranchería y posibles efectos sobre el manglar del Riíto y Valle de los Cangrejos, Caribe colombiano. Tesis de ingeniería, Universidad de La Guajira, Riohacha, Colombia.
- Betoulle JL, Fromard F, Fabre A, Puig F.** 2001. Caracterisation des chutes de litiere et des apports au sol en nutriments dans une mangrove de Guyane française. *Canadian Journal of Botany*, 79:238-249.
- Bunt JS.** 1995. Continental scale patterns in mangrove ecosystems. *Hydrobiologia*, 295:135-140.
- Correa MA.** 2002. *Ecuaciones de biomasa y existencias de carbono de A. germinans y L. racemosa en el delta del río Ranchería*. Proyecto Colciencias-Universidad de La Guajira, Medellín, Colombia.
- Correa MA, Valencia RF.** 2002. Reconstrucción de la sucesión en los manglares del delta del río Ranchería, Caribe colombiano, durante el Holoceno Reciente. Trabajo de grado, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.
- Cuignon R.** 1987. Estudio de la plataforma del Caribe colombiano, fase Guajira. *Boletín Científico* (Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas, CIOH), 7:53-72.
- Chen R, Twilley RR.** 1999. Patterns of mangrove forest structure and soil nutrient dynamics along the Shark River estuary, Florida. *Estuaries*, 22:955-970.
- Day Jr. JW, Coronado-Molina C, Vera-Herrera FR, Twilley R, Rivera-Monroy VH, Álvarez-Guillén H, Day R, Conner W.** 1996. A 7 year above-ground net primary production in a southeastern Mexican mangrove forest. *Aquatic Botany*, 55:39-60.
- Díaz-Fuenmayor K.** 2001. Regeneración natural del manglar en el Riíto y el Valle de los Cangrejos, delta del río Ranchería. Trabajo de grado, Universidad de La Guajira, Riohacha.
- Elster C.** 1998. Posibilidades de regeneración del manglar en la zona de la Ciénaga Grande de Santa Marta (Colombia). Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH. Eschborn.
- Ellison AM, Farnsworth EJ.** 1993. Seedling, survivorship, growth and response to disturbance in Belizean mangal. *American Journal of Botany*, 80:1137-1145.
- Forestales FVE Ltda.** 1994. *Proyecto: Manejo silvicultural del bosque de mangle del antiguo delta del río Sinú; estudio de regeneración natural del bosque de mangle, informe final*. Forestales FVE Ltda. Corporación Autónoma Regional de los Valles del Río Sinú y San Jorge, Medellín.
- Fromard F, Puig H, Mougín E, Marty G, Betoulle JL, Cadamuro L.** 1998. Structure, above-ground biomass and dynamics of mangrove ecosystems: new data from French Guiana. *Oecologia*, 115:39-53.
- Gattuso JP, Frankignoulle M, Wollast R.** 1998. Carbon and carbonate metabolism in coastal aquatic ecosystems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 29:405-434.
- HIMAT.** 1994. *Calendario meteorológico 1994*. Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras, HIMAT. Santafé de Bogotá.

El crecimiento diamétrico y en biomasa en el delta del Ranchería supera las expectativas para bosques de porte bajo y sometidos a prolongadas sequías. La precipitación baja y la elevada evapotranspiración de la zona no parecen ser un factor de tensión para el manglar de RT, posiblemente por los aportes hídricos y nutricionales del río Ranchería, que deberán ser evaluados en el futuro.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realizó con financiación parcial del proyecto "Estructura, fenología y demografía del manglar del Riíto y el Valle de los Cangrejos, delta del río Ranchería", código Colciencias 1145-09-648-98. Los autores agradecen los aportes de varios evaluadores anónimos.



- Jiménez JA.** 1990. The structure and function of dry weather mangroves on the Pacific coast of Central America, with emphasis on *Avicennia bicolor* forest. *Estuaries*, 13:182-192.
- Jin-Eong O, Khoon GW, Clough BF.** 1995. Structure and productivity of a 20-year-old stand of *Rhizophora apiculata* Bl. mangrove forest. *Journal of Biogeography*, 22:417-242.
- Lema-V. LF.** 2000. Dispersión y reclutamiento de especies de mangle en el delta del río Ranchería. Trabajo de grado, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Medellín.
- Lema-V. LF, Vásquez JL, Polanía J.** 2002. Evaluación de criterios ecológicos para el manejo sostenible de los bosques de manglar en una zona semiárida del Caribe colombiano. Trabajo presentado en el II Congreso Forestal Latinoamericano, Ciudad de Guatemala.
- Lugo AE, Snedaker SC.** 1974. The ecology of mangroves. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 5:39-64.
- Machiwa JF, Hallberg RO.** 2002. An empirical model of the fate of organic carbon in a mangrove forest partly affected by anthropogenic activity. *Ecological Modelling*, 147:69-83.
- Martínez-Ramos L, Ruiz-Ochoa M.** 2001. Caracterización de algunas propiedades físicas y fisico-químicas del suelo manglar en el Valle de los Cangrejos. Trabajo de grado, Universidad de la Guajira, Riohacha.
- Maza E, Zárate Y.** 2001. Hidroclimatología en el delta del río Ranchería: posibles efectos sobre la estructura del manglar en el Riío y Valle de los Cangrejos, Caribe colombiano. Trabajo de grado, Universidad de La Guajira, Riohacha.
- McKee KL.** 1995. Seedling recruitment in a Belizean mangrove forest: effects of establishment ability and physico-chemical factors. *Oecologia*, 101:448-460.
- Mehlig U.** 2001. Aspects of tree primary production in an equatorial mangrove forest in Brazil. Tesis Ph.D, Universidad de Bremen, Alemania.
- Rabinowitz D.** 1978a. Early growth of mangrove seedlings in Panamá, and an hypothesis concerning the relationship of dispersal and zonation. *Journal of Biogeography*, 5:113-133.
- Rabinowitz D.** 1978b. Mortality and initial propagule size in mangrove seedlings in Panamá. *Journal of Ecology*, 66:45-51.
- Ross MS, Ruiz P, Telesnicki GJ, Meeder JF.** 2001. Estimating above-ground biomass and production in mangrove communities of Biscayne National Park, Florida (U. S. A.). *Wetlands Ecology and Management*, 9:27-37.
- Saenger P, Snedaker SC.** 1993. Pantropical trends in mangrove above-ground biomass and annual litterfall. *Oecologia*, 96:293-299.
- Sánchez-Páez H, Ulloa-Delgado GA, Álvarez-León R.** 1998. *Conservación y uso sostenible de los manglares del Caribe colombiano*. Ministerio del Medio Ambiente/Asociación Colombiana de Reforestadores-ACOFOR/Organización Internacional de Maderas Tropicales-OIMT. Bogotá.
- Snedaker S, Lugo A.** 1973. *The role of mangrove ecosystems in the maintenance of environmental quality and a high productivity of desirable fisheries*. Atlanta, GA, U. S. A. Bureau of Sports, Fisheries & Wildlife. Available through NTIS, Springfield, VA., U. S. A.
- Tanouchi H, Nakamura S, Ochiai Y, Azman H.** 2000. Profiles of species composition and aboveground biomass in a mangrove forest, Peninsular Malaysia. *Japan. Agricultural Research Quarterly*, 34.
- Twilley RR, Lugo AE, Patterson-Zucca C.** 1986. Litter production and turnover in basin mangrove forests in southwest Florida. *Ecology*, 67:670-683.
- Twilley RR, Pozo M, García VH, Rivera-Monroy VH, Zambrano R, Boderó A.** 1997. Litter dynamics in riverine mangrove forests in the Guayas River estuary, Ecuador. *Oecologia*, 111:109-122.
- Vásquez JL.** 2000. Estructura de los bosques de mangle del Valle de los Cangrejos y el Riío, delta del río Ranchería, Caribe colombiano. Trabajo de grado, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Medellín.
- Wafar S, Untawale AG, Wafar M.** 1997. Litter fall and energy flux in a mangrove ecosystem. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 44:111-124.
- Zamorano D.** 1983. Productividad del manglar y su importancia para el pelagial de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Tesis MSc., Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

