

BOLETÍN CIENTIFICO CCCP	TUMACO NARIÑO (Colombia)	No. 4	27-36	Julio 1993	ISSN 0121-3423
-------------------------------	--------------------------------	-------	-------	------------	-------------------

## PRODUCCION DE HOJARASCA Y DESCOMPOSICIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE UN MANGLAR DE RIBERA DE NARIÑO, COSTA PACÍFICA

*Alexandra Satizábal C.*  
\*

*Adriana Bejarano M. y Fernando A. Zapata*

### RESUMEN

*En el presente estudio se midió la producción de la hojarasca anual por medio de canastas colectoras como un estimativo de la productividad primaria en un manglar ribereño localizado en el Bocana Pasacaballos, Nariño (Pacífico colombiano). El material acumulado en 27 canastas colectoras de 0.25 m<sup>2</sup> situadas en tres sitios fue recogido mensualmente durante un año (1991-1992). El valor promedio de la caída de hojarasca fue de 3.32 g. de peso seco/m<sup>2</sup>, equivalentes a 12.12 ton de peso seco/Ha/año. La producción de hojarasca varió significativamente entre las estaciones y a lo largo del año, pero el patrón temporal de producción fue similar en las tres estaciones.*

*Puesto que las hojas son el principal componente de la hojarasca se midió su tiempo de descomposición, monitoreando el peso seco de hojas Rhizophora colocadas en bolsas de anejo durante seis meses. Los datos obtenidos se ajustaron a un modelo semilogarítmico con el que se determinó un período de descomposición total de 235 días con base en la siguiente ecuación:  $\ln(\text{peso seco de hojas}) = \ln 35.77 - 0.0054 \text{ días}$ . La elevada producción de hojarasca, asociada a una alta tasa de descomposición, clasifica este manglar como uno de los más productivos del mundo.*

### ABSTRACT

*In this study, we measured annual litter production as an estimate of primary production in a riverine mangrove located at Bocana Pasacaballos, Nariño, in the Colombian pacific Coast. The litter accumulated in twenty seven 0.25 m<sup>2</sup> baskets*

\* Sección de Biología Marina, Departamento de Biología, Universidad del Valle, A.A. 25360, Cali, Colombia.

positioned at three sites was collected monthly during one year (1991 - 1992). mean litter fall was 3.32 g of dry weight/m<sup>2</sup>/d, representing 12.12 t of dry weight/ha/yr. Litter fall varied significantly among sites and throughout the year, but the temporal pattern of production was similar among the three sites. Since leaves are the main component of litter, we measured the time of litter decomposition by monitoring the weight of *Rhizophora* leaves placed in mesh bags during six months. The data obtained were fitted to a semilogarithmic model, with we determined that 235 d was the time to total decomposition, based on the following equation:  $\ln(\text{leaf dry weight}) = \ln 35.77 - 0.0054 \text{ days}$ . The high litter production and high decomposition rate observed in this mangrove shows that it is one of the most productive mangroves in the world.

## INTRODUCCIÓN

Los manglares y los estuarios tropicales son áreas de alta productividad primaria. La productividad primaria es la tasa a la cual se fija energía mediante el proceso de fotosíntesis o se crea materia orgánica en una unidad de área, por unidad de tiempo. Esto es a menudo expresado como la materia orgánica seca en g/m<sup>2</sup>/año o energía en kcal/m<sup>2</sup>/año (Whittaker, 1975). La producción primaria de manglares es una importante fuente de energía para los ecosistemas adyacentes. La ruta principal del flujo de energía a través de una cadena alimenticia típica de un manglar incluye los detritos de las hojas de manglar los cuales son aprovechados por bacterias, hongos y consumidores de detritos, los cuales a su vez son consumidos por carnívoros primarios y éstos por carnívoros secundarios (Odum y Heald, 1975).

La descomposición de las hojas del manglar incluye todos los cambios en la materia orgánica que se refiere a las pérdidas debidas a la respiración y a la asimilación de materia por la acción de microbios y consumidores de detritos. La pérdida de materiales solubles de la materia orgánica incluye constituyentes orgánicos e inorgánicos movilizados, en ambos casos por procesos físicos o secundariamente por la actividad de organismos descomponedores (Brinson *et al.*, 1981).

El estudio de producción de hojarasca y descomposición de materia orgánica pretende dar un mejor entendimiento de los procesos biológicos que ocurren en el ecosistema de manglar, espe-

cialmente útil para reconocer la influencia de las actividades humanas en el medio.

## ÁREA DE ESTUDIO

La bocana Pasacaballos se encuentra localizada sobre la Costa Pacífica colombiana al norte del Departamento de Nariño (Figura 1), en las coordenadas 78° 33' 00" Este y 2° 26' 30" Norte aproximadamente, en una zona de vida según la clasificación de L. R. Holdridge correspondiente a bosque húmedo tropical (bh-T), con temperaturas superiores a 24 °C y precipitaciones que no sobrepasen los 4000 mm por año (Espinal *et al.*, 1977) citado por Prahl *et al.* (1990). Esta zona se encuentra influenciada por una amplia acción mareal, con un rango de marea de 3.7 m (Prahl *et al.*, 1990), influjos de agua dulce provenientes de un brazo del río Patía y barras de protección que favorecen la formación de amplios cinturones de manglar (Soeters y Gómez, 1986). Las tres estaciones de muestreo fueron ubicadas en un bosque ribereño de esta zona (detalle figura 1), en la estación I y II se encuentran las especies *Rhizophora sp.* y *Mora megistosperma*, en la estación III predomina la especie *Rhizophora sp.*

## MATERIALES Y MÉTODOS

### PRODUCCIÓN DE HOJARASCA

La determinación de la productividad se hizo mediante la recolección de hojarasca en canastas co-

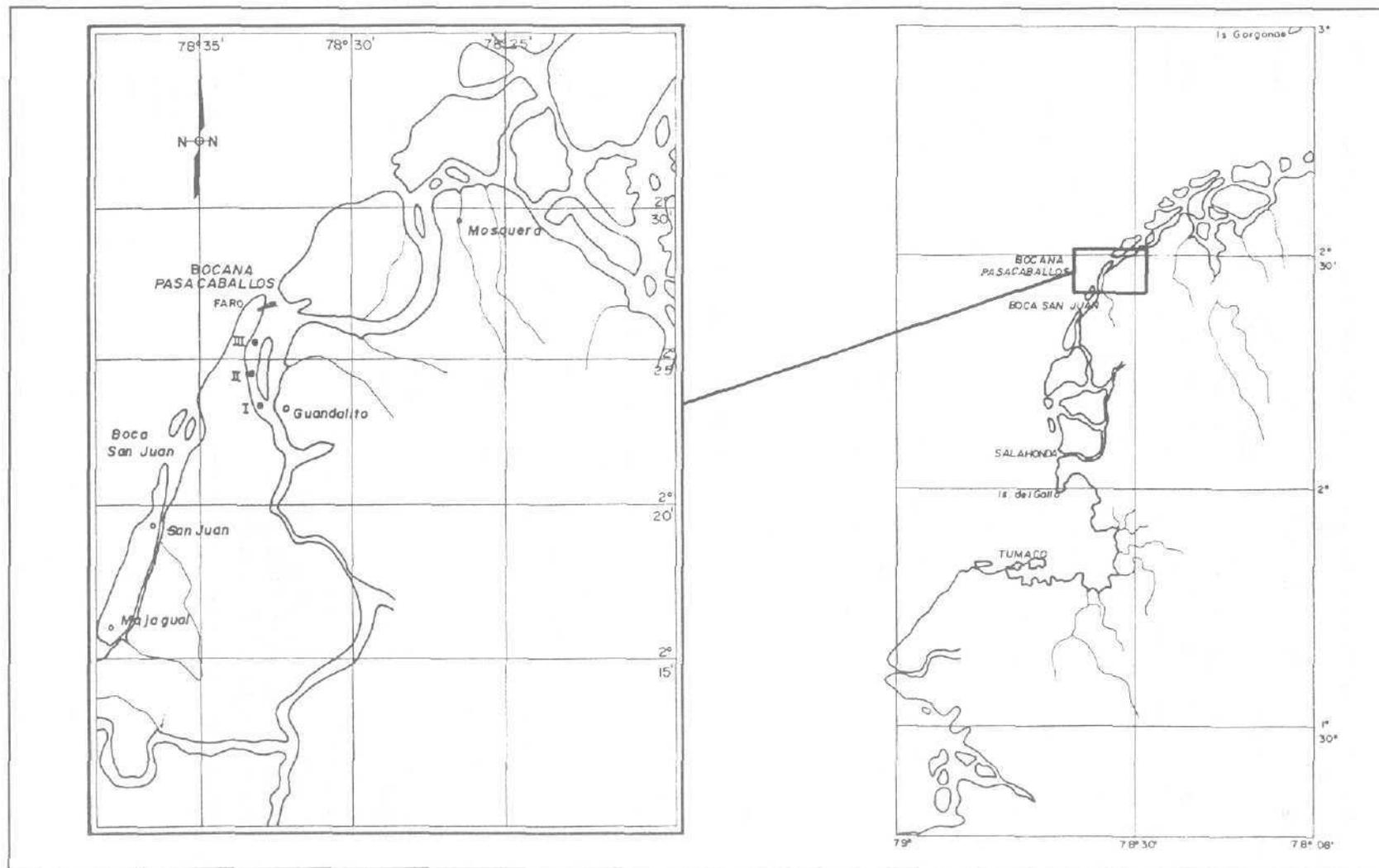


FIGURA 1. Localización de la Bocana Pasacaballos en el Pacífico colombiano y detalle de la ubicación de las estaciones de muestreo (I, II, III). Tomado de Martínez y Carvajal (1989)

lectoras de 0.25 m<sup>2</sup>. En el área de estudio se escogieron tres estaciones de muestreo de media hectárea (Figura 1), donde se ubicaron nueve réplicas de canastas colectoras.

El material se colectó mensualmente durante un año (febrero/91 -enero/92), se colocó en bolsas plásticas debidamente rotuladas para su procesamiento en el laboratorio donde se separó en sus componentes (hojas, flores, cortezas y embriones), y se secó a 70 °C durante 72 horas (Brown 1984). El valor obtenido fue multiplicado por cuatro para expresar los resultados en términos de la cantidad de hojarasca por metro cuadrado por mes.

Los datos fueron analizados mediante una prueba de análisis de variantes de dos vías (estación x tiempo), para determinar si existían diferencias entre las estaciones y entre los meses. Antes de realizar este análisis se llevó a cabo una prueba de Levene modificada para examinar si las varianzas eran homogéneas.

#### TIEMPO DE DESCOMPOSICIÓN DE HOJAS DE MANGLAR

La metodología para el estudio de descomposición se realizó utilizando la técnica de Fell *et al.* (1984). Para el estudio se colectaron hojas amarillas directamente de los árboles de *Rhizophora sp* y se almacenaron 40 g. de peso seco en bolsas de anjeo. Las bolsas se colocaron en el suelo amarradas a los árboles. El material se colectó a los 15, 30, 69, 90, 120, 150 y 180 días, tomando en cada muestreo

tres replicaciones al azar para un total de 21 bolsas colectadas al final del estudio.

Después de cada recolección el material se lavó en un tamiz de madera y muselina, en donde se removió la adición de lodo evitando que partes de las hojas fueran arrastradas por el agua y se sobreestimaran las pérdidas de material por descomposición. Este material se secó a una temperatura de 70 °C durante 72 horas y se pesó; la diferencia obtenida entre este valor y el valor inicial (40 g), corresponde a la cantidad de materia orgánica descompuesta.

Para estimar el tiempo y la tasa de descomposición de las hojas de *Rhizophora sp.*, el modelo de regresión que mejor ajustaba los datos obtenidos fue el semilogarítmico, en este caso se hizo un análisis de regresión con replicación (Zar, 1984).

## RESULTADOS

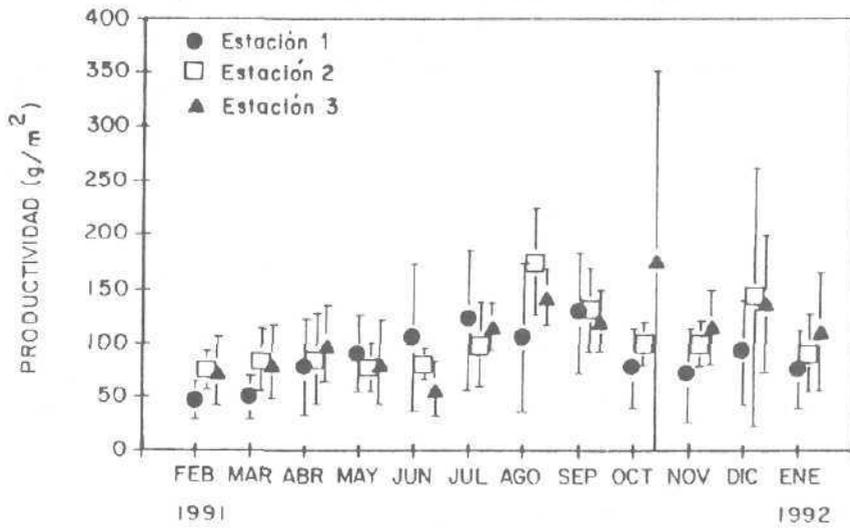
### PRODUCCIÓN DE HOJARASCA

Los valores promedios de caída de hojarasca para las estaciones I, II y III fueron 2.80, 3.49 y 3.67 g. de peso seco/m<sup>2</sup>/día respectivamente y un valor promedio para la zona de 3.32 g. de peso seco/m<sup>2</sup>/día (12.12 ton de peso seco/Ha/año), representado principalmente por *Rhizophora sp.* y una cantidad mínima de *Mora megistosperma*.

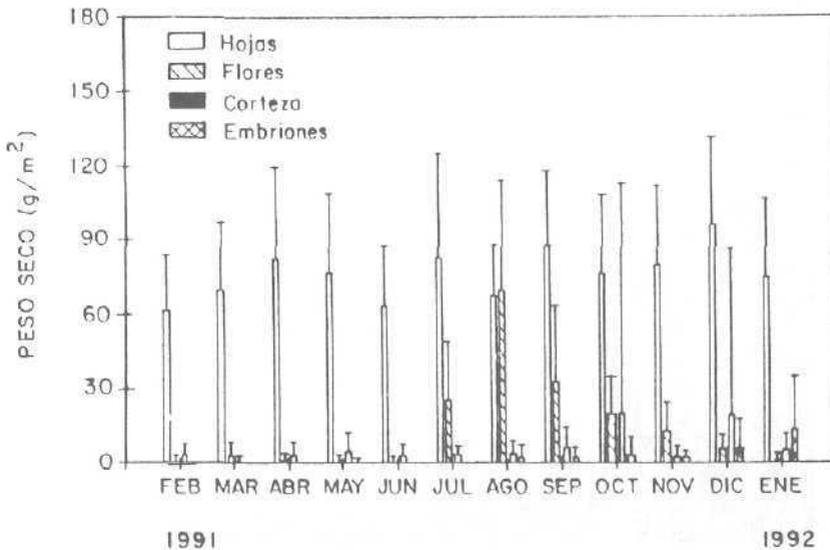
La producción de hojarasca varió significativamente a través del año (Figura 2, Tabla 1), siendo el mes de mayor producción agosto (4.72 g/m<sup>2</sup>), y el

**TABLA 1.** Resultados de un Análisis de Varianza de dos Vías para la Producción de Hojarasca en las Tres Estaciones Durante un Año. La Homogeneidad de las Varianzas fue Establecida Previamente Mediante la Prueba de Levene Modificada (T = 37.35, g.l. = 35, P = 0.362).

Fuente de variación	G.L.	S.C	C.M	F	P
Estación	2	2541.001	1270.901	7.92	< 0.0005
Mes	11	11728.1	1066.91	6.65	< 0.0001
Interacción	22	4903.282	222.8765	1.39	> 0.1174
Error	284	45546.8	160.37.61		
Total	319	64783.08			



**FIGURA 2.** Producción promedio de hojarasca ( $\pm 1$  desviación estándar para las tres estaciones durante un año en la Bocana Pasacaballos (Nariño). Para cada punto  $n = 9$  excepto para la estación II en el mes de Mayo donde  $n = 8$  y para la estación III en los meses de Julio y Septiembre donde  $n = 7$  y  $n = 8$  respectivamente.



**FIGURA 3.** Contribución promedio ( $\pm 1$  desviación estándar), de cada compartimento (hojas, flores, corteza y embriones), a la producción total de hojarasca por mes en la Bocana Pasacaballos (Nariño).

**TABLA 2.** Resultados en un Análisis de Varianza Para un Modelo de Regresión con Replicación entre el Peso Remanente de Hojas de *Rhizophora* sp. Transformado Logarítmicamente y el Tiempo de Descomposición Transcurrido en Días.

Fuente de variación	G.L.	S.C	C.M	F	P
Entre grupos (Días)	7	2.767705	0.3953865	26.25	< 0.0001
Regresión	1	2.679245	2.679245	101.73	< 0.001
Desviación de la regresión	6	0.088460	0.014743	0.98	> 0.5
Error	16	0.2409719	0.01506		

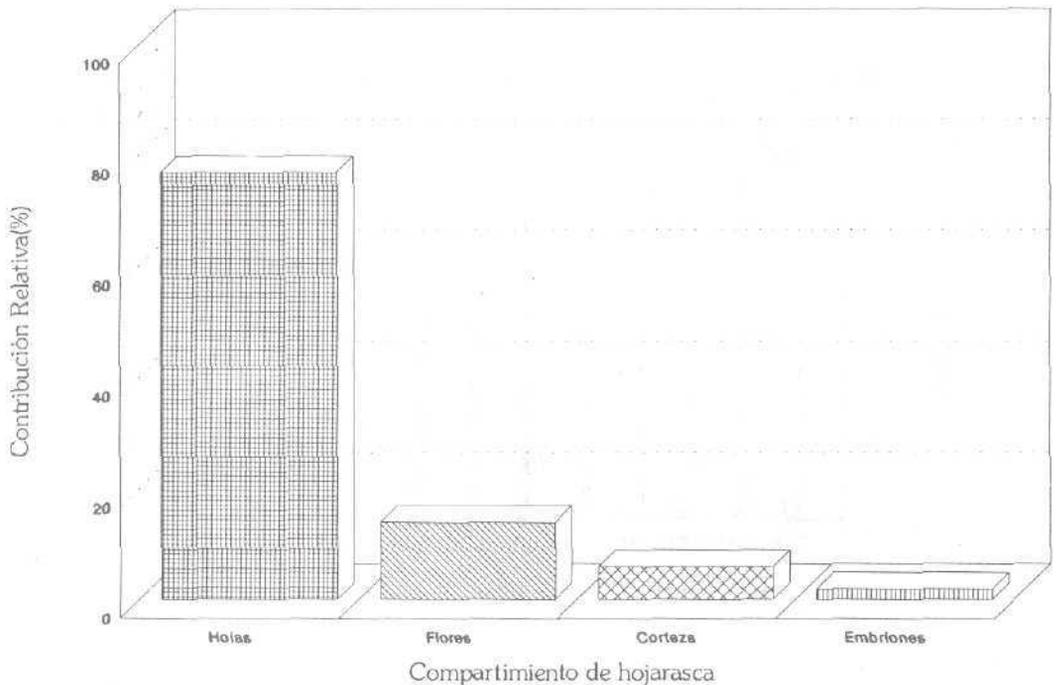
de menor febrero ( $2.19 \text{ g/m}^2$ ); con diferencias significativas entre las estaciones, siendo más productiva la estación III (Figura 2, Tabla 1). Sin embargo, la interacción entre las estaciones y el tiempo no fue significativa, lo cual indica que el patrón temporal de producción de hojarasca fue similar entre las estaciones (Tabla 1).

El patrón de producción de hojarasca del manglar por comportamientos (hojas, flores, cortezas y embriones), en cada mes, se pueden apreciar en la Figura 3. Las hojas son el componente principal de la hojarasca, constituyendo el 77.01% del peso seco total, las flores constituyen el 14.57%, la corteza

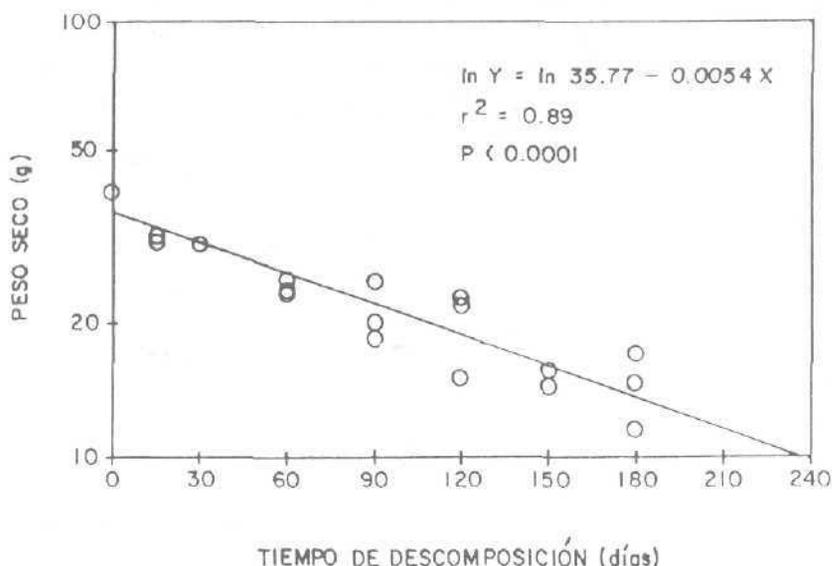
el 6.14% y los embriones el 2.29% (Figura 4). La contribución de las hojas a la producción total de hojarasca permanece relativamente constante durante todo el año (Fig. 3).

#### TIEMPO DE DESCOMPOSICIÓN DE HOJAS DE MANGLAR

El tiempo total estimado de descomposición de la hoja fue de 235.12 días, que se obtuvo extrapolando la línea de cuadrados mínimos, con base en la siguiente ecuación  $\ln(\text{peso seco de hojas}) = \ln 35.77 - 0.0054 \text{ días}$  (Figura 5).



**FIGURA 4.** Porcentaje por compartimento de la producción de hojarasca del manglar en la Bocana Pasacaballos (Nariño).



**FIGURA 5.** Línea de cuadrados mínimos para el tiempo de descomposición de hojas de *Rhizophora* sp en la Bocana de Pasacaballos (Nariño). Nótese la escala logarítmica en la ordenada. En cada fecha se midieron tres bolsas separadamente excepto a los 30 días cuando el material fue inadvertidamente mezclado; en este caso el peso total del material se dividió en tres.

## DISCUSIÓN

### PRODUCCIÓN DE HOJARASCA

Como se puede observar en la Tabla 3, al igual que otros manglares del Pacífico colombiano el valor de la caída de hojarasca en el sector de Pasacaballos es bastante alto comparado con los reportados para otras parte del mundo. Esta diferencia en la producción de hojarasca según Cintrón y Schaeffer-Novelli (1984), es debida al desarrollo alcanzado por el rodal y parece ser reflejo del mayor complemento foliar de los bosques más desarrollados y posiblemente una tendencia hacia una renovación más acelerada de la copa. El alto desarrollo del manglar de Pasacaballos es demostrado en el estudio realizado por Bejarano *et al.*, sin publicar.

En el manglar de Pasacaballos la mayor contribución a la producción total de hojarasca la hacen las hojas al igual que en otros manglares estudiados (Cintrón y Schaeffer-Novelli, 1983;

Imbert y Portecop, 1986), mas no al aporte de los otros compartimientos (Flores, embriones y corteza), que varían de un manglar a otro.

El período reproductivo de este manglar corresponde al mes de agosto en el cual se obtuvo el mayor aporte de flores a la producción de hojarasca (Figura 3). El fruto se diferencia cuando ya ha madurado y ha comenzado el desarrollo del embrión, es decir, el fruto germina cuando aún está prendido del árbol (viviparismo). en los meses de diciembre de 1991 y enero de 1992 se recogió la mayor cantidad de embriones con lo cual se determinó que el período que se inicia con la aparición de flores (agosto), y termina con el desarrollo del embrión es de aproximadamente cinco meses. Esto concuerda con el tiempo que toma el fruto para diferenciarse (2 a 3 meses de acuerdo con Cintrón y Schaeffer-Novelli, 1983). Luego, el embrión continúa su desarrollo y permanece en el árbol por once o doce meses, razón por la cual podemos decir que en el área de estudio el período productivo de los árboles toma más de un año.

**TABLA 3.** Comparación de los valores de productividad reportados en varias zonas tropicales y los datos obtenidos en este estudio.

Área	Productividad Ton/ha/año	Especie
<b>COLONIA</b>		
Pasacaballos, Nariño <sup>A</sup>	12.12	Rhizophora sp., Mora megistosperma y Pelliciera rhizophorae
Parque nacional natural Sanquianga, Nariño <sup>B</sup> (R)	12.90	Rhizophora harrisonii
Hojas Blancas, Nariño <sup>C</sup> (R)	10.09	Mixto intervenido
Boca Grande, Nariño <sup>D</sup> (R)	9.62	Rhizophora sp.
Ensenada de Tumaco, Nariño <sup>E</sup> (R)	9.27	Rhizophora sp.
Estero rio Limones, Valle <sup>F</sup> (R)	7.50	Mixto intervenido
Parque Nacional Natural Utria, Chocó <sup>G</sup> (B)	10.34	Polliciera rhizophorae
Guapi, Cauca <sup>H</sup>	14.08	Avicennia germinans
<b>ANTILLAS FRANCESAS</b>		
Guadalupe <sup>I</sup>	8.65	Rhizophora sp., Avicennia germinans y Laguncularia racemosa
<b>MÉXICO</b>		
Teacapán - Agua Brava <sup>J</sup> (R)	14.17	Rhizophora mangle y Avicennia germinans
<b>FLORIDA</b>		
North River <sup>K</sup> (R)	8.80	Rhizophora mangle

A. Este estudio

B. Escallon y Rodríguez (1982)

C. Palacios y Mosquera (1991)

D. Palacios et al. (1987)

E. Vargas Gallo (1987)

F. Garcés y García (1984)

G. Arboleda (1989)

H. Hernández y Ullen (1975)

I. Imbert y Portecop (1986)

J. Flores - Verdugo et al. (1990)

K. Odum y Heald (1975)

**TIPO DE MANGLAR**

(R) = Ribereño

(B) = Borde

La caída de la corteza en esta zona es constante durante todo el año más no la cantidad pues ésta es una característica aleatoria que resulta de la interferencia de factores muy diversos: físicos (lluvia, vientos), bióticos (macrofauna arborícola), y fisiológicos (necrosis de tejido). (Imbert y Portecop, 1986).

**TIEMPO DE DESCOMPOSICIÓN DE HOJAS DE MANGLAR**

El proceso de descomposición de la hoja se inicia mientras las hojas se encuentran todavía en los árboles (Fell et al., 1975). Puesto que en este estudio se colectaron hojas amarillas directamente de los árboles, se puede pensar que el tiempo total de descomposición observado sea menor que el real, pero creemos que esto no incide mucho en los resultados, debido a que es el efecto del agua sobre las hojas en el suelo del manglar el

responsable de la variabilidad de las tasas de descomposición (Imbert y Portecop, 1986).

Se pudo determinar que el mayor porcentaje de descomposición ocurrió durante los primeros quince días de observación, pues los valores de materia orgánica descompuesta decaen abruptamente en este periodo. Este fenómeno puede ser debido, según las observaciones hechas por Fell et al. (1975), a la disponibilidad de compuestos de Carbono, iniciándose la descomposición con la utilización de compuestos más simples de Carbono que son degradados rápidamente por ficomicetes durante las dos primeras semanas. La descomposición después de las dos primeras semanas es un proceso más lento debido a que permanecen compuestos más complejos de Carbono como celulosa y lignina que son consumidos por otros hongos saprofiticos (Fell et al., 1975), hasta que el material es consumido en su totalidad a los 235 días. En el estudio realizado por Twilley et

al., (1986), en manglares de la Florida encontraron que el tiempo de descomposición de la hoja de *Avicennia germinans* fue menor que el hallado en un bosque mixto de *Rhizophora mangle* y *Avicennia germinans* en las mismas condiciones (57 y 247 días respectivamente); presumiendo que esta diferencia se basa en la calidad de la hoja de *Rhizophora* que por su contenido de taninos retarda la actividad microbial (Cundell *et al.*, 1979), citado por Twilley *et al.* (1986). El resultado obtenido en cuanto al período de descomposición en nuestro estudio no difiere del hallado en el bosque mixto anteriormente mencionado; sin embargo la tasa de descomposición fue más rápida en este estudio, ya que las cantidades iniciales del material utilizadas, fueron menores en el estudio de Twilley *et al.*, 1986. La alta tasa de descomposición en manglar de Pasacaballos puede atribuirse a su localización ribereña donde existe mayor renovación de agua (Pool *et al.*, 1975), además el rango mareal y los períodos de inundación son mayores en el Océano Pacífico que en el Atlántico de la Florida.

## CONCLUSIONES

Este estudio demuestra el alto valor de producción de hojarasca que el manglar de Pasacaballos y en general los manglares de la Costa Pacífica colombiana aportan a los ecosistemas adyacentes que, comparado con los reportados en otras zonas del mundo, se puede considerar como uno de los más productivos.

Las hojas son el principal componente de la hojarasca seguido por las flores, la corteza y los embriones. La caída de las hojas es relativamente constante durante el todo el año y la caída de flores y embriones es sólo en el período reproductivo tienen una duración mayor que un año.

El proceso de descomposición de las hojas de *Rhizophora sp.* es más acelerado durante las dos primeras semanas y posteriormente las tasas de descomposición son más lentas hasta que concluye el proceso. La alta tasa de descomposición de las hojas de *Rhizophora sp.* en el manglar de Pasacaballos comparada con la de un manglar de la Florida

se atribuye a su ubicación ribereña con la gran influencia mareal propia del Océano Pacífico.

El presente estudio define las características de producción y descomposición de hojarasca del manglar de Pasacaballos contribuyendo a un mayor entendimiento de los procesos biológicos que ocurren en este ecosistema, los cuales deben complementarse con estudios de estructura del bosque y características del suelo.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Centro de Contaminación del Pacífico, especialmente a los Capitanes de Corbeta Eusebio A. Cabrales, Director; Jairo J. Peña, Subdirector; y al Teniente de Navío y Biólogo Mario A. Palacios que permitieron y brindaron apoyo logístico y técnico en forma diligente e incommensurable para lograr nuestro objetivo. También queremos agradecer a Rafael Contreras y a Jaime R. Cantera por sus aportes a este trabajo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Arboleda, V. 1989. Estudio de la productividad primaria neta en un manglar de *Pelliciera rhizophorae* (Triana y Plancthon), en el Parque Nacional Natural Utría (Chocó), Colombia. Tesis de pregrado. Universidad del Valle, Cali, Valle, Colombia.
- Brinson, M. A. E. Lugo y S. Brown. 1981. Primary Productivity, Decomposition and Consumer Activity in Fresh water Wetlands. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 12: 23-61.
- Brown, M. S. 1984. Litter decomposition and nutrient enrichment en S. C. Snedaker y J. G. Snedaker (eds). *The mangrove ecosystem: research methods*. Unesco. París.
- Cintron, G. y Y. Schaeffer-Novelli. 1983. Introducción a la ecología de manglar. Oficina Regional de Ciencia y Tecnología de la Unesco para América Latina y el Caribe. ROSTLAC, Montevideo, Uruguay.
- , 1984. Documento preparado para uso de los señores participantes a la reunión de diseño y formulación de un proyecto especial sobre Bioecología del manglar. Auspiciado por el Programa Regional de Desarrollo Científico y

- tecnológico (PRDC y T), de la OEA INVE-MAR. Santa Marta, Colombia.
- Escallon, C. H. y M. Rodríguez. 1982. Introducción al estudio del ecosistema del manglar en el Parque Nacional Natural Sanquianga. Departamento de Nariño. Tesis de pregrado. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Fell, J. W. R. C. Cefalu, I.M. Master y A. S. Tallman. 1975. Microbial Activities in the Mangrove (*Rhizophora manglie*). Leaf Detrital System en G. Wash, S. Snedaker y H. Teas (eds). Proceeding of International Symposium on the Biology and Management of Mangroves, 8-11 October 1974. Honolulu, Vol. 2 pp. 661-79. Gainesville, Institute of Food Agriculture Science, University of Florida.
- Fell, J. W., I. M. Master y R. G. Wiegert. 1984. Litter decomposition and nutrient enrichment en S. c. Snedaker y J. G. Snedaker (eds). The mangrove ecosystem: research methods. UNESCO. París.
- Flores-Verdugo, F., F. González, O. Ramírez, F. Amez-cua, A. Yañez, M. Alvarez y J. W. Day. 1990. Mangrove Ecology, Aquatic Primary Productivity, and Fish Community Dynamics in the Teacapán-Agua Brava Lagoon - Estuarine System (Mexican Pacific). *Estuaries* 13 (2): 219 - 230.
- Garces, V. y J. García. 1984. Aporte de la biomasa y notas ecológicas de un manglar intervenido, estero río Limones, Bahía de Buenaventura. Costa Pacifica colombiana. Tesis de grado Universidad del Valle Cali-Valle-Colombia.
- Hernández A. y K. Mullen. 1975. Observaciones preliminares sobre la productividad primaria neta en ecosistema de manglar-estuario (Guapí-Colombia). Memorias del II simposio Latinoamericano sobre Oceanografía Biológica. Cumaná-Venezuela.
- Imbert, D y J. Portecop. 1986. Etude de la production de litiere dans la mangrove de Guadalupe (Antilles Françaises). *Ecol. Plant.* 7 (21): 379-396.
- Martínez, J. y J. H. Carvajal. 1990. Problemas geológicos asociados a la línea de costa de los Departamentos de Cauca, Nariño y Valle: Geomorfología y riesgos geológicos. Convenio Ingeominas - Prolog. Ministerio de Minas y Energía. Instituto Nacional de Investigaciones Geológico-Mineras. Bogotá.
- Odum, W. E. y E. J. Helad. 1975. The detritus-based food of an estuarine mangrove community. pp. 265-286 en L. E. Cronin (ed). Estuarine research, Florida, E.U.
- Palacios, M., E. Vargas y M. De la Pava. 1990. Determinación del aporte de materia orgánica del manglar en la zona de Bocagrande. Programa y Resúmenes del VII Seminario Nacional de las Ciencias y Tecnologías del Mar. Comisión Colombiana de Oceanografía. Cali Colombia.
- Palacios, M., y A. I. Mosquera. 1991. Estudio de productividad primaria del ecosistema del manglar en la zona de Hojas Blancas, Centro Control Contaminación Pacífico. Tumaco, Colombia.
- Pool, D. J., A. E. Lugo y S. C. Snedaker. 1975. Litter production in mangrove forest of Southern Florida and Puerto Rico. pp. 213- 237 en G. E. Walsh, S. C. Snedaker y H. J. Teas (eds). Proceeding of the international Symposium on biology and management of mangroves. East-West Center. Honolulu, Hawaii.
- Prahl, H. Von, J. R. Cantera, R. Contreras. 1990. Manglares y hombres del Pacífico Colombiano. Fondo FEN Colombia.
- Soeters, R. y H. Gómez. 1986. Estudio geomorfológico-geotectónico de la región de Buenaventura- Tumaco: Un estudio geomorfológico aplicado para el proyecto canalización y adecuación de esteros. Pladeicop, CVC. Cali, Colombia.
- Twilley, R. R., A. E. Lugo y C. Patterson-Zucca. 1986. Litter Production and turnover in basin mangroves forest in Southwest Florida. *Ecology*, 67 (3): 670-682.
- Vargas, E., C. Gallo y M. Palacios. 1987. Determinación del aporte de materia orgánica del manglar en la Ensenada de Tumaco. Centro Control Contaminación del Pacífico. Tumaco, Colombia.
- Whittaker, R. H. 1975. Communities and Ecosystems. Segunda edición. MacMillan Publishing Co., INC. Nueva Yersey, E.U.A.