

PRODUCTIVIDAD E IMPORTANCIA DEL BOSQUE RIPARIO DEL COMPLEJO DE CIENAGAS DE CHUCURI (DEPARTAMENTO DE SANTANDER, COLOMBIA)

PRODUCTIVITY AND THE IMPORTANCE OF A RIPARIAN FOREST IN THE SWAMP COMPLEX OF CHUCURI
(DEPARTMENT OF SANTANDER, COLOMBIA)

Luis Francisco Moreno B.¹

Luis Carlos García L.²

Germán Márquez C.³

RESUMEN

Se describe la estructura florística del cinturón de bosque ripario del complejo cenagoso de Chucurí (departamento de Santander, Colombia). Se calcula la producción y composición del mantillo producido por dicho cinturón, así como su tasa de incorporación y de descomposición en el agua. Se estudian las relaciones entre el mantillo y los organismos asociados a la ciénaga y se establece que este material vegetal contribuye significativamente a mantener una alta productividad en el ecosistema estudiado.

ABSTRACT

The floristic structure of a belt of a riparian forest in a swamp complex in Chucuri (department of Santander, Colombia) is described the production and composition of litter and its incorporation and decomposition rate in water was calculated. The relationship of the litter with some organisms of the swamp was also observed. It was established that the litter contributes significantly to the support of the ecosystem productivity.

INTRODUCCION

En Colombia prácticamente no existen estudios completos relacionados con la ecología de los ecosistemas tipo ciénaga. Por esta razón se les ha dado un mal manejo, consistente fundamentalmente en desecarlos, pese a ser contrario a la ley, a su eficiencia ecológica y a la dinámica fluvial.

La carencia de información sobre ciénagas colombianas ha sido puesta en evidencia por trabajos como el de García y Disten (1982). Zamorano (1983) hizo una evaluación de la importancia del mantillo en la Ciénaga Grande de Santa Marta y cita investigaciones parecidas en ciénagas de zonas templadas, todas del tipo estuario. Se han efectuado cálculos sobre producción de mantillo pero no con relación a ciénagas: Jenny *et al.* (1949) en bosques del departamento de Caldas, Suárez y Rodríguez (1955) en zonas cafeteras, De las Salas (1978) en Carare Opón, y León y Quiroga (1982) en bosques circundantes a la sabana de Bogotá. Con relación a ciénagas no costeras este trabajo es pionero.

Existen trabajos sobre productividad y características fisicoquímicas de ciénagas como los de Arias (1975, 1977, 1985a y 1985b), Chapman *et al.* (1975), Ducharme (1975), Kapetsky *et al.* (1975 y 1977), Moreno y Fonseca (1985), Moreno y Reyes (1986) y Pedraza (1985).

Debido a la virtual falta de información acerca de los ecosistemas tipo ciénaga en Colombia, el presente trabajo tuvo como objetivos describir el tipo de vegetación riparia no arbórea, determinar la estructura florística del bosque ripario, conocer los cambios históricos de la cobertura del bosque ripario, calcular la producción y composición del mantillo arrojado por dicho bosque, establecer si existe relación entre dicha producción con los factores lluvia y viento, evaluar la cantidad de mantillo del piso del bosque y del fondo de la ciénaga, determinar la tasa de descomposición del mantillo *in situ* y su valor nutritivo y calórico a medida que se descompone, evaluar la cantidad de nutrientes del follaje, la capa orgánica, el suelo y el mantillo del bosque ripario y conocer la cantidad de materia orgánica y nutrientes en el agua intersticial riparia. Todos estos objetivos se

1. Universidad de Antioquia, Depto de Biología, Estudiante Sección de Posgrado, Medellín, Colombia.

2. Interconexión Eléctrica S.A. (ISA), Sección Medio Ambiente, Medellín, Colombia.

3. Universidad Nacional, Depto de Biología, Sección de Ecología, Bogotá, Colombia.

desarrollaron en el complejo de ciénagas de Chucurí (departamento de Santander). Con base en estos objetivos se evaluó la hipótesis de que el mantillo producido por el bosque ripario cenaguero contribuye significativamente al sostenimiento de la productividad del complejo de ciénagas.

MATERIALES Y METODOS

El presente estudio se efectuó entre 1983 y 1984 y tuvo un año de duración.

Vegetación riparia

Para describir esta vegetación se efectuó un recorrido en lancha por toda la zona litoral. En un mapa se trazaron las características de la vegetación en relación con su tipo, cobertura y ubicación. La vegetación se clasificó en categorías fisonómica-estructurales, según el sistema jerárquico propuesto por Fosberg (1970). También se clasificó en categorías florísticas según el sistema usado en el Herbario Nacional Colombiano, en donde se dejó una colección de ejemplares.

Cambios históricos de cobertura

Se usaron fotografías aéreas de la zona, correspondientes a los últimos 30 años, con base en las cuales se levantaron mapas de cobertura, cuya área se calculó por planimetría.

Estructura del bosque ripario

Se efectuaron levantamientos de vegetación en cuatro zonas que se muestran en la tabla 1. Se tuvo en cuenta el área mínima levantada, la especie, el coeficiente de mezcla, la densidad poblacional, la abundancia, la frecuencia, la cobertura, el índice de importancia y la

estructura vertical y diamétrica. Se siguieron los métodos de Colma y Matteucci (1982), Plata (1975) y Lamprect (1962).

Tabla 1. Características de las zonas escogidas para los levantamientos de vegetación y los estudios relacionados con el mantillo.

Zona	msnm	Pendiente (grados)	Inundación (meses)
1	85	10	1
2	85	45	1
3	83	5	6
4	84	4	4

Producción de mantillo

Se utilizaron dos métodos paralelos mediante los cuales se cuantificó el mantillo proveniente de los árboles. El primero consistió en usar colectores construidos según las características recomendadas por Medweca y Kornas (1971) y Freese (1967). Se distribuyeron al azar seis colectores en cada una de las zonas en donde se efectuaron los levantamientos de vegetación, cuyo número, estadísticamente significativo, se calculó mediante un muestreo preliminar. Se expusieron durante un año y periódicamente se vació su contenido para efectuar los análisis. Los períodos de vaciado de los colectores fueron mayo, junio, agosto, septiembre y noviembre de 1983 y febrero y marzo de 1984. El otro método consistió en descapotar seis áreas de 1 m² cada una, para cuantificar y analizar qué caía en ellas y el material acumulado al momento del descapote inicial.

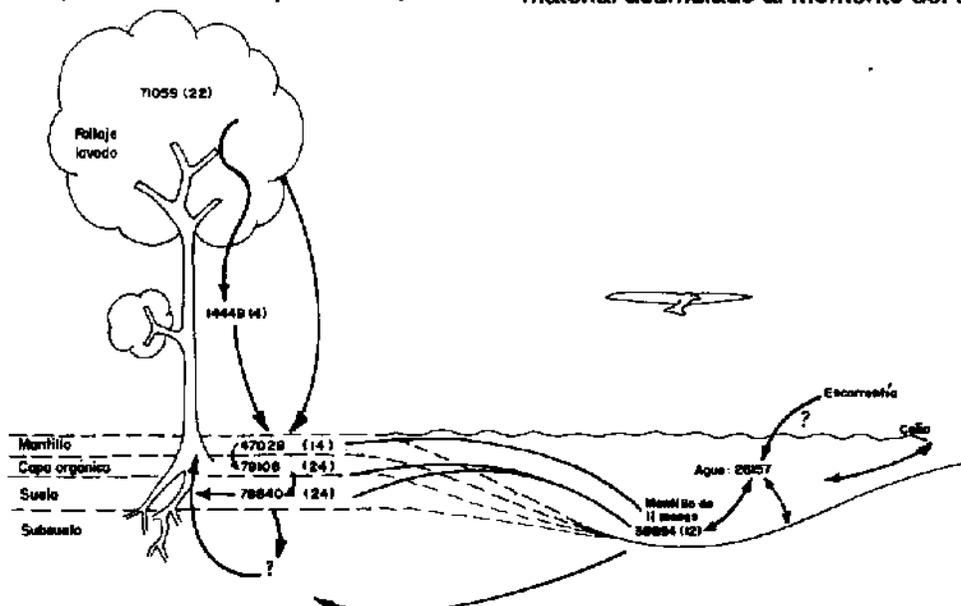


Fig. 1 Cantidad de nutrientes hallados en los compartimentos "follaje, mantillo, capa orgánica, suelo y agua" así como la dirección en la que circulan de un compartimento a otro, en el cinturón de bosque ripario del complejo de ciénagas de Chucurí. Las cantidades fuera del paréntesis se refieren a partes por millón del total de bioelementos tenidos en cuenta. Entre paréntesis, el porcentaje con relación al total de bioelementos en todos los compartimentos. Los nutrientes y sus valores se tomaron de la tabla 2 (última fila).

Tratamiento de la información

Se efectuó un análisis de varianza para un diseño completamente al azar en parcelas divididas, con el fin de determinar si había diferencias estadísticamente significativas de los estimativos del mantillo entre zonas,

períodos y unidades de muestreo. También se evaluó la correlación entre los factores lluvia y viento con la producción de mantillo, mediante la prueba de Duncan (1951), valiéndose de reportes meteorológicos de estaciones cercanas al área de estudio.

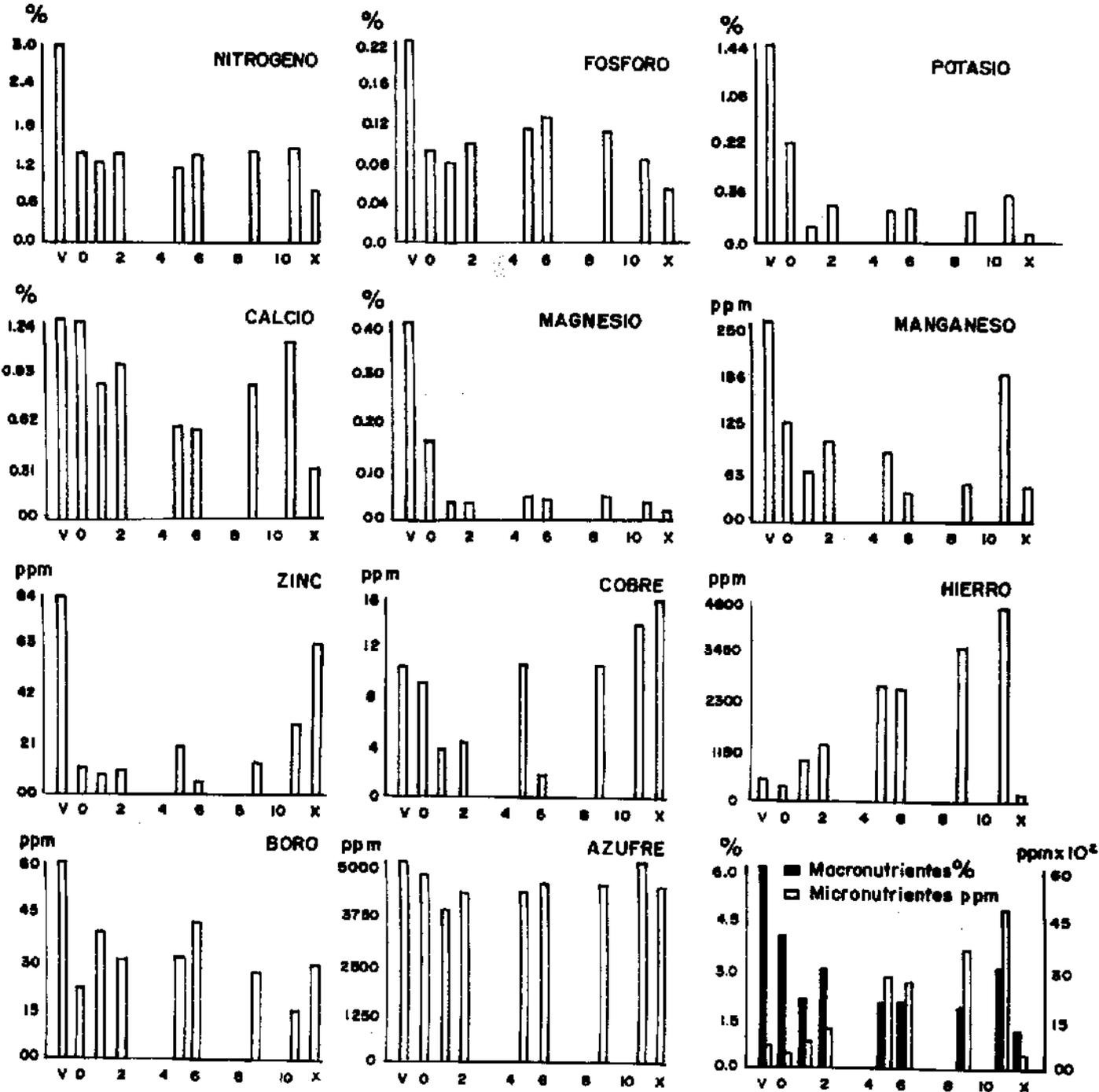


Fig. 2 Nutrientes del follaje (v), del mantillo reciente (o), del mantillo expuesto al agua por diferentes períodos (meses) y del mantillo hallado en el fondo (x). Los valores y porcentajes se dan con respecto al peso de la muestra para los macronutrientes y en ppm para los micronutrientes.

Composición del mantillo

El análisis de la composición del mantillo se efectuó

separando el material en categorías e identificándolo con una colección de referencia hecha previamente.

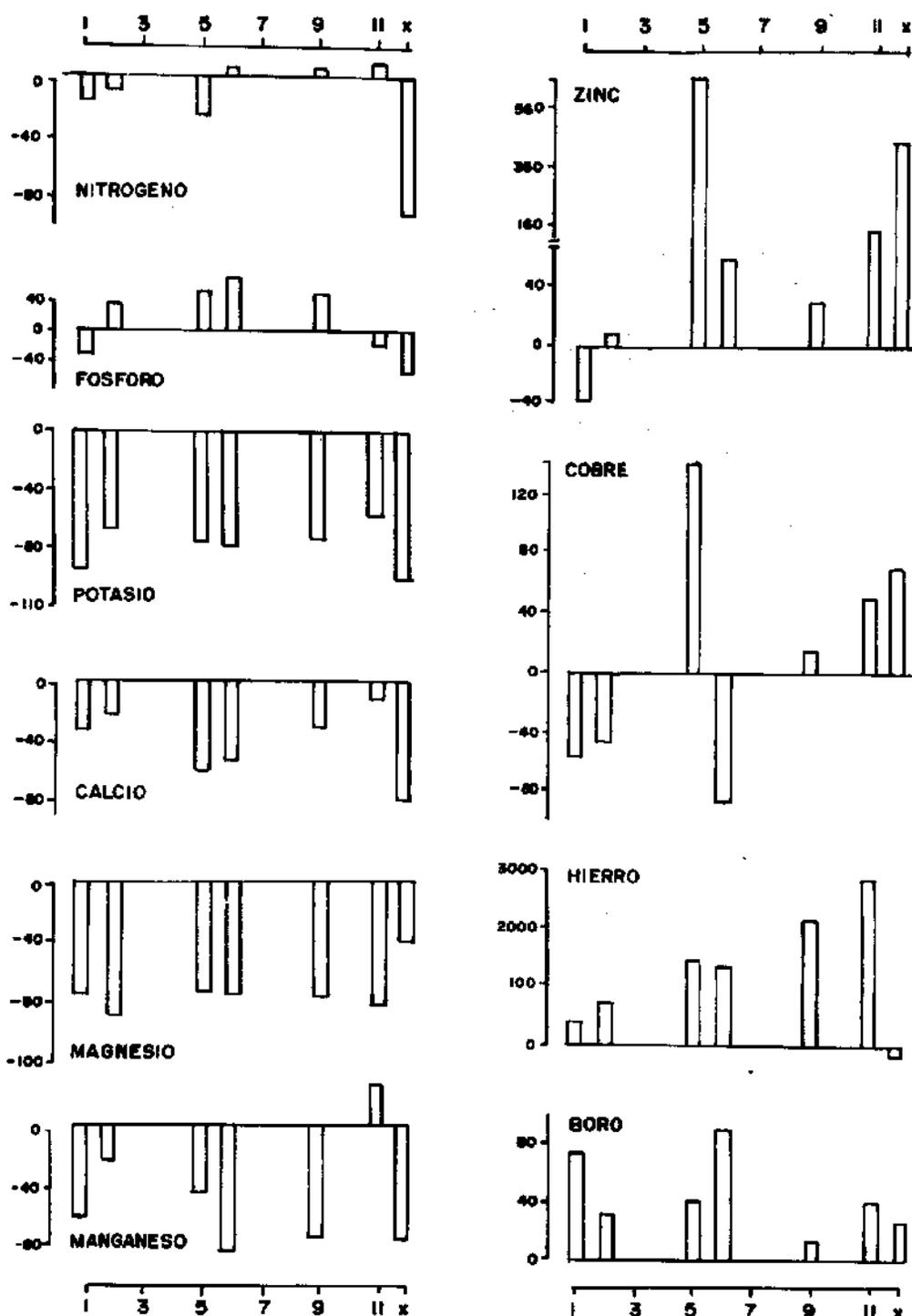


Fig. 3 Porcentaje de ganancia o pérdida de bioelementos del mantillo expuesto a diferentes tiempos de descomposición (1 a 11 meses). El 100% es el valor del elemento en el mantillo recién caído. x: Mantillo dragado del fondo

RECIBO
197
INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

Mantillo del fondo de la ciénaga

Para calcular el mantillo del fondo de la ciénaga se hizo un dragado a lo largo de transectos de 50 m en la desembocadura de las quebradas principales y en las zonas litorales de bosque y pasto alto.

Descomposición del mantillo

Para conocer la pérdida de peso de las hojas recién caídas, se comparó con el peso de las hojas del mismo tamaño, tomadas de la planta. Por diferencia se conoció el porcentaje de peso perdido por estas hojas. Para conocer la descomposición del mantillo en el fondo de la ciénaga, se colocaron bolsas de malla con mantillo de peso conocido, expuestas al agua, en el fondo. Periódicamente, durante un año, se retiraron unidades muestrales para hacer análisis de nutrientes y calcular el valor calórico y la pérdida de peso. La periodicidad fue la misma que se citó para la producción de mantillo. La metodología para conocer la descomposición del mantillo se basó en trabajos de Albright (1979), Snedeker (1975, citado por Zamorano, 1983), Hunter (1973), Healdy Odum (1970) y Nye (1961). Cada uno desarrolló un método para casos diferentes.

Consumidores del mantillo, valor calórico y nutrientes

Se probó el efecto de grupos de consumidores del mantillo, siguiendo el método de Edwards y Heath (1963, citados por Phillipson, 1975), usando bolsas de diferente ojo de malla, con muestras de mantillo sometidas a la acción del agua y de los descomponedores, colocadas en el fondo de las ciénagas. Con la misma periodicidad ya mencionada atrás, se cuantificó la pérdida de peso y el valor calórico del mantillo, así como el contenido de los macronutrientes N, P, K, Mg y Ca, y de los micronutrientes B, Mn, Zn, Cu, Fe y S. Este análisis de bioelementos se le hizo también al follaje, al mantillo (reciente y en diferentes grados de descomposición), a la capa orgánica del piso del cinturón, al suelo y al agua de la ciénaga, con el fin de establecer relaciones entre dichos compartimentos. También se averiguó el nombre de los organismos asociados a la descomposición del mantillo.

Materia orgánica y nutrientes del agua intersticial

Durante el período de estiaje se hicieron huecos a la profundidad del agua freática, con un barreno, en transectos perpendiculares a la zona litoral. Al agua intersticial acumulada en ellos se le efectuó análisis de materia orgánica, fosfatos, sulfatos y amonio, siguiendo los métodos estándar (APHA-WWA, 1975).

RESULTADOS Y ANALISIS

Vegetación riparia y cambios históricos de cobertura

Se observaron tres tipos de vegetación: de bosque, arbustiva y herbácea (flotante y enraizada). El bosque se presentó en una franja de 5 a 15 m de anchura, cubriendo una superficie de 36 ha, ubicada a lo largo de los costados sur y oriental del complejo de ciénagas, donde los terrenos son más altos (1 a 3 m) que los ubicados en los otros dos costados. En consecuencia, los períodos de inundación del cinturón de bosque (predominantemente dos al año) son breves (hasta tres meses). El bosque ha sido intervenido sistemáticamente mediante tala y quema, hasta el punto de que se ha reducido su cobertura a una velocidad de 37 ha anuales, durante los últimos 30 años, dando lugar a pastizales, a cultivos y a un borde erosionado. De esta manera se eliminan sitios de refugio y alimentación de los peces y se alteran las cadenas alimenticias que se inician a partir de la descomposición del mantillo aportado por el bosque al agua. Este detritus aporta a la ictiofauna uno de los principales suministros de energía a través de la cadena trófica que va desde los saprófitos hasta los organismos superiores. Adicionalmente la pérdida de estos cinturones altera el valor estético y paisajístico.

La vegetación arbustiva y la herbácea se presentan en una franja como la anterior, en los costados norte y occidental, donde los terrenos son más bajos (cerca al nivel del río Magdalena). En consecuencia las inundaciones periódicas se prolongan más de tres meses, debido a que el terreno permanece más tiempo expuesto al agua. Esta vegetación se mantiene inalterada e inaccesible, es el refugio de numerosos organismos tales como peces, chigüiros (*Hydrochaeris hydrochaeris*), dantas (*Tapirus terrestris*), babillas (*Caiman crocodylus*) y aves, y es una de las mayores fuentes de alimento para los organismos asociados a las ciénagas. Las plantas se agrupan en manchas homogéneas que siguen un gradiente topográfico y temporal de exposición del terreno a la inundación, el cual va desde la vegetación flotante y pionera, hasta el bosque, pasando por la herbácea densa de gramíneas, los chaparrales de *Mimosa pigra* y la arbustiva cerrada de la palma espinosa (*Bactris sp.*), entre otras.

Estructura del bosque ripario

Se hallaron 22 especies arbóreas: *Galphimia sp.*, *Xylopia discreta*, *X. aromatica*, *Licania apetala*, *Palicourea punicea*, *Alchornea triplinervia*, *Bactris sp.*, *Byrsonima spicata*, *Ficus dendroica*, *Bellusa grossularioides*, *Fareaea occidentalis*, *Citrus sp.*, *Eugenia sp.*, *Psittacanthus cf. calyculatum*, *Iryanthera ulei*,

Astronium graveolens, *Brownea ariza*, *Spondias* sp., *Aniba paraensis*, *Maprounea guianensis*, *Platymiscium pincatum* y *Miconia* sp.

El coeficiente de mezcla (número de especies sobre número de individuos registrados) y la densidad de la población mostraron una tendencia hacia la homogeneidad. Las primeras cinco especies mencionadas son las de mayor abundancia, frecuencia y dominancia. Más del 80% de los individuos está en repoblación (se reemplazaron), debido a que la tala ha eliminado individuos adultos de algunas especies útiles.

Producción de mantillo

El cinturón de bosque estudiado produjo durante el período observado alrededor de 12 t/ha/año de mantillo. Este valor varió durante el año. Entre las posibles causas de dicha variación existen factores climáticos (lluvia y viento), fisiológicos (según la especie), biológicos (minadores, plagas, etc) y edafológicos (nutrientes, por ejemplo). De otro lado, en sectores del bosque donde hay mayor estratificación vertical (más plantas por espacio) la producción de mantillo fue mayor. Una producción primaria de 16200 kcal/m²/año sitúa a este bosque entre los más productivos que se conocen. Esta alta productividad se explica en razón al subsidio de energía efectuado por una compleja acción recíproca entre el viento, la lluvia, las altas temperaturas y la evapotranspiración que tiene lugar en estos bosques y en particular en la zona donde se ubica el complejo de ciénagas estudiado, ya que éste permite a las hojas aprovechar óptimamente el alto suministro solar del día tropical y adquirir altos niveles de producción.

Factores climáticos incidentes en la producción de mantillo

Durante los meses de escasez de lluvia (últimos y primeros meses del año) la producción de mantillo se incrementó en un 28% con respecto al invierno. De una producción diaria, que en invierno fluctúa entre 2.8 y 5.6 kg/ha, se pasó a una de verano que fluctúa entre 4.0 y 5.8 kg/ha. De las Salas (1978) reporta resultados parecidos en bosques cercanos. No hubo correlación entre la velocidad del viento y la producción de mantillo.

Composición del mantillo

El 66% del peso seco del mantillo está constituido por hojas, el 24% por madera y el 10% por residuos (aserrín, flores, frutas, semillas, etc). De las 22 especies que forman el cinturón de bosque, solamente 15 participaron en la formación de mantillo. Siete se comportaron como plantas con muy poca o ninguna producción. Las primeras nueve especies de la lista mencionada antes, que son

las más abundantes, frecuentes y dominantes, forman el grupo de mayor producción de mantillo (2 a 7 t/ha/año). Estas especies no deberían talarse, pues se corre el riesgo de afectar la productividad pesquera en cuanto ésta depende del mantillo.

Mantillo en el piso del bosque

En el piso del bosque se halló un promedio de 9.3 t/ha de mantillo. Su acumulación es el resultado de un equilibrio entre la velocidad de caída del material vegetal, la velocidad de incorporación de éste al lecho de las ciénagas y la velocidad de descomposición (en el agua o fuera de ella). Esta última es particularmente alta, debido a las condiciones locales de temperatura y humedad especialmente elevadas (por ejemplo, con respecto a zonas encharcadas, frías o secas). Esto se traduce en una menor biomasa de mantillo en el piso y una rápida mineralización del material, con lo cual los elementos entran en circulación.

Mantillo en el fondo de las ciénagas

La cantidad de material del fondo disminuye paulatinamente desde 7 t/ha en la zona litoral, hasta 1 t/ha en el centro, en aguas abiertas. En zonas afectadas por las desembocaduras de las quebradas el material varía en composición y cantidad, siendo un poco menor que para la anterior zona. En las partes donde predomina un cinturón de vegetación herbácea, el mantillo del fondo no llega a más de 3.3 t/ha. Queda claro que la zona litoral y el bosque de galería de los afluentes aportan material vegetal al lecho del complejo cenagoso, en cantidades capaces de influir de manera evidente en la productividad, principalmente íctica.

Mantillo aportado directamente al agua

El porcentaje de mantillo del fondo, con respecto al mantillo del piso del bosque, es de un 75% en la zona litoral, de un 60% en las bahías y de un 26% en la zona pelágica. Estos valores sugieren la proporción en la que el mantillo se desplaza y descompone gradualmente hacia el fondo. Su incorporación se relaciona con el nivel del piso (más alto hacia el litoral que hacia el centro del lecho), las fluctuaciones del nivel de agua y su movimiento por efecto del viento y la acción de corrientes formadas por el caño y los afluentes, las cuales pueden ir por el fondo arrastrando el material. Estas corrientes se detectaron en desarrollo de esta investigación.

Descomposición del mantillo y consumidores del mismo

La energía atrapada por las plantas del litoral es un potencial grande, disponible para los organismos en forma lenta a través de la descomposición del mantillo

aportado al agua. Dicha descomposición se inicia en la misma planta, por efecto de la senescencia de sus órganos, la acción de minadores y otros insectos y la acción física y mecánica de los factores climáticos. El porcentaje de descomposición de las hojas antes de caer fluctuó entre un 60% (*Galphimia* sp) y un 17% (*Byrsonima spicata*). Una vez que el mantillo está en el piso o se incorpora al fondo, los hongos y las bacterias continúan su descomposición.

El mantillo genera así una gran biomasa de bacterias (que a su vez tienen valor proteico) y detritus, que son alimento de detritívoros, principalmente filtradores bacteriófagos (zooplancton), rotíferos del género *Keratella*, benton (especialmente larvas y pupas de chironómidos) y numerosas ninfas e imagos de tricópteros (los cuales tienen mecanismos de filtración tales como tubos de madera, fibra de hojas, piedras, arena, etc, con los cuales retienen plancton y detritus haciendo circular agua), gasterópodos acuáticos que lamen hojas muertas, pelecípodos que filtran detritus y plancton, decápodos, crustáceos tales como Bosmididae y copépodos consumidores de bacterias, algas y detritus. Finalmente, peces iliófagos tales como el bocachico (*Prochilodus reticulatus magdalenae*), la vizcaina (*Curimata mivartii*) y el coroncoro (*Loricariidae* sp) que figuran entre los más abundantes e importantes comercialmente dentro del complejo de ciénagas.

En el agua, el porcentaje de mantillo descompuesto durante los primeros 35 días fue del 46%, valor que llega al 74% a los 10 meses y al 85% al final del año. En el suelo, la tasa de descomposición fue 1.3 veces superior a la tasa de descomposición hallada en el agua, la cual fue de 0.9. El agua de la ciénaga humedece al mantillo cuando sube el nivel y lo expone a la acción de una buena penetración lumínica que aumenta la temperatura del piso. También le aplica una capa de sedimentos con la cual acelera la descomposición, tal como lo demostró Albright (1979, citado por Zamorano, 1983). En el agua, se observaron evidencias de descomposición aeróbica en zonas tales como bahías, en donde se acumula material y el agua es muy tranquila y tiende a desoxigenarse y producir gases como metano y ácido sulfídrico.

Los organismos superiores facilitan la acción de los microorganismos, al fragmentar el mantillo y aportar restos alimenticios y heces, que forman un sustrato de pequeñas partículas de gran relación superficie-volumen. Se halló que los más relacionados con tal función fueron los anfípodos, los gasterópodos, los bivalvos, los chironómidos y los estadios juveniles de efemerópteros. Se halló que la descomposición es estimulada en un 15% o más, bajo la acción de estos invertebrados, con respecto al mantillo expuesto a la acción exclusiva de

microorganismos. El porcentaje se refiere al peso seco perdido por el mantillo en cada caso.

Nutrientes del mantillo

En la tabla 2 se muestra la cantidad de nutrientes hallados en el mantillo aportado por el cinturón de bosque. Puesto que este material es aportado por el follaje y una vez que cae al suelo va formando la capa orgánica o se va incorporando al agua, se analizó también el contenido de nutrientes hallados en los compartimentos "follaje", "capa orgánica", "suelo" y "agua de la ciénaga", así como los nutrientes encontrados en el mantillo de 11 meses de exposición al agua. Se halló que en la capa orgánica y en el follaje existe la mayor proporción de macronutrientes con respecto a los otros tres compartimentos (28 y 25%, respectivamente). A su vez, el mantillo que recién se desprende de la vegetación, tiene más cantidad de macronutrientes que el suelo, pero cuando este material vegetal lleva 11 meses de incorporado al agua, su cantidad de macronutrientes disminuye por la descomposición y subsecuente liberación al agua, quedando aproximadamente igual a la del suelo.

Con respecto a los micronutrientes, la tabla 2 muestra que el suelo tiene el 87% del total hallado en todos los compartimentos (excepto la capa orgánica). El mantillo que lleva 11 meses de descomposición en el agua tiene un mayor porcentaje de micronutrientes (10%) que el follaje mismo (2%), lo cual sugiere una notable tendencia de estos elementos a acumularse tanto en el suelo como en el material orgánico en descomposición. Esta observación se sustenta más adelante con el análisis de bioelementos del mantillo a medida que se descompone en el agua.

La tabla 2 muestra también los bioelementos totales (macro y microelementos). Se observa una mayor proporción de elementos (24%) tanto en el suelo como en la capa orgánica, con respecto a los otros compartimentos analizados. En orden decreciente sigue el follaje (22%), el mantillo reciente (14%) y el mantillo descompuesto (12%).

En la figura 1 se esquematizan los compartimentos que acaban de mencionarse. Se muestra en cada uno la cantidad total (con base en la tabla 2) y la dirección en la que circulan los elementos. Se observa, de manera global, el grado de relación entre los subsistemas cinturón de vegetación y agua de la ciénaga. Se halló que esta última se encuentra beneficiada por los aportes de nutrientes de dicho cinturón de vegetación, principalmente a través del mantillo y la capa orgánica, que es el material que se incorpora al agua. En términos absolutos, al piso del cinturón de bosque retornan aproxima-

Tabla 2. Cantidad de bioelementos hallados en los diferentes compartimentos que forman la vegetación de bosque ripario del complejo de ciénagas de Chucurí. Valores en ppm.

Elemento	Suelo	Capa Orgánica	Follaje	Mantillo reciente	Mantillo de 11 meses	Follaje lavado	Agua
N	2000	61966	31000	13100	13700	6200	0.230
P	800	1624	2200	900	800	440	0.005
K	14000	2992	14400	700	3100	2880	2.300
Ca	15000	9774	15150	12300	11100	3030	15.000
Mg	5000	2650	4000	15000	300	800	4.100
S	700	-	3400	4700	5057	680	3.700
T	37500	79106	70150	46700	34057	14118	25.325
%	13	28	25	17	12	5	-
Mn	1000	-	441	122	176	88	0.012
Zn	90	-	83	12	30	166	0.010
Cu	30	-	12	9	14	3	0.010
Fe	40000	-	314	164	4603	62	0.670
B	20	-	59	22	14	12	0.130
T	41140	-	909	329	4837	331	0.832
%	87	-	2	0.7	10	0.7	-
TT	78640	79106	71059	47029	38894	14449	26.157
%	24	24	22	14	12	4	-

T: Total de macro o de microelementos; TT: Bioelementos totales.

mente 407 kg/ha/año de macronutrientes y 4 kg/ha/año de micronutrientes, de lo cual la mayor parte se incorpora al agua. Esto constituye un argumento más que sustenta la hipótesis planteada. Como lo muestra la figura 2, la mayor cantidad de bioelementos se libera durante la transformación del follaje en mantillo. Una vez que éste se incorpora al agua, el proceso de su descomposición muestra una tendencia a una liberación de macronutrientes hasta el quinto mes de exposición al agua, luego de lo cual no parece haber descomposición sino acumulación sobre el material, como se aprecia en el onceavo mes (fig. 2, parte inferior derecha). Los macroelementos que más se adicionan al material en descomposición son el N, el P y el Ca (fig. 2). Dicha adición puede ser debida al incremento de microorganismos que fijan y acumulan bioelementos y a la sedimentación de éstos a partir del agua. El proceso de descomposición del mantillo en el agua mostró también la tendencia de los micronutrientes a incrementarse en las muestras (fig. 2, parte inferior derecha), lo cual es evidente en el Fe y el Zn y menos evidente en el S (cuyo incremento es muy leve) y en el Cu (el cual se liberó en

abundancia el sexto mes). El Mn tiende a liberarse del material con excepción del onceavo mes, mientras que el Mg y el B tienden a permanecer constantes en las muestras. En la figura 3 se muestra la pérdida o la ganancia de cada elemento en el mantillo a medida que se descompone. Obsérvese que la tendencia del N, el K, el Ca, el Mg y el Mn (fig. 3, izquierda) es disminuir de las muestras, mientras que la tendencia del P, el Zn, el Cu, el Fe y el B es aumentar su valor en las muestras (fig. 3, derecha). No obstante existen irregularidades en este patrón en por lo menos la mitad de los bioelementos analizados, probablemente debidas a la dinámica poblacional de los descomponedores y a los procesos de sedimentación sobre las muestras.

Valor calórico del mantillo

En la figura 4 se muestran los cambios de valor calórico del mantillo a medida que se descompone. Se halló que durante el primer mes de exposición del mantillo al agua del complejo, se incrementó su valor calórico en 2.4%. Luego decreció a una tasa de 0.14 kcal/g/mes hasta el

final del período observado (11 meses). El aumento inicial se explica por la colonización de la materia orgánica por los saprófitos. En particular las bacterias utilizan los carbohidratos, las proteínas, la celulosa y las ligninas del mantillo para transformarlos en biomasa propia. Esto tiene lugar cuando la autólisis y el rompimiento de estructuras celulares han liberado materia orgánica disuelta al agua. Después de esta etapa se reduce la población bacteriana para dar lugar a la colonización de filtradores y detritívoros y a la acumulación de los sedimentos de fracciones residuales de materia orgánica disuelta, fenómenos que ocasionan la disminución del valor calórico del mantillo.

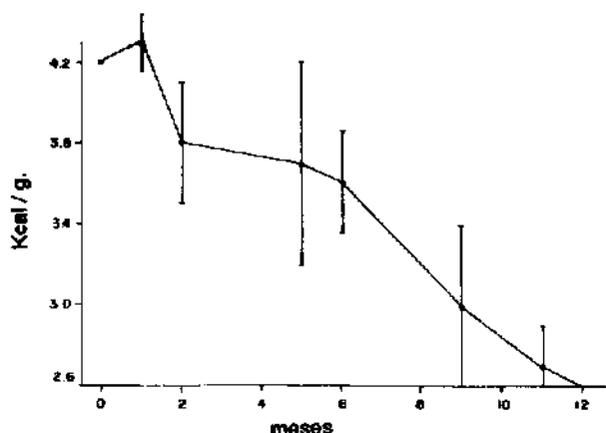


Fig. 4 Valor calórico del mantillo expuesto a diferentes tiempos de descomposición en el agua (las líneas verticales unen los dos valores correspondientes a los pares de muestras de las cuales se sacó el promedio).

Materia orgánica y nutrientes en el agua intersticial

El contenido de materia orgánica y residuos totales del agua intersticial costera resultó 20% mayor en comparación con el agua litoral y un 28% mayor con respecto al agua de zonas abiertas. El gradiente observado sugiere que hay paso de material orgánico del litoral a la ciénaga. El transporte deber ser mayor cuando el nivel del agua desciende incorporando a la ciénaga el material orgánico en forma disuelta y suspendida.

De otro lado, como lo muestra la tabla 3, se halló en el agua intersticial del piso un 90% más de amonio, un 400% más de fosfatos y un valor alto de sulfatos con respecto al valor bimensual más alto registrado en aguas abiertas. Lo más probable es que estos nutrientes provienen de la descomposición del mantillo, lo que reforzaría una vez más la hipótesis planteada sobre la importancia del cinturón de bosque para el complejo.

Tabla 3. Valores promedio de nutrientes (mg/l) en el agua intersticial (parte inferior de la tabla) comparados con valores de nutrientes hallados en el agua de la zona litoral de la ciénaga, en diferentes períodos de tiempo.

Fecha	Sulfatos	Amonio	Fosfatos
Mayo-83	12.0	0.8	-
Julio-83	0.0	0.9	0.6
Septiembre-83	-	1.0	-
Noviembre-83	0.3	1.0	0.3
Febrero-84	4.0	0.6	0.3
Marzo-84	2.0	0.5	0.3
Marzo-84	9.0	1.6	4.0

CONCLUSIONES

Todo el conjunto de observaciones que se acaban de hacer en desarrollo de los objetivos, permite argumentar que la permanente productividad pesquera y la diversidad de organismos que caracteriza al complejo estudiado, son principalmente función del agua y de las áreas de vegetación inundables. Esta vegetación forma un cinturón que rodea a los cuerpos de agua, integrándose a la productividad biológica, como un subsistema fundamental del ecosistema río ciénaga.

Una parte importante de la vegetación riparia es el cinturón de bosque, cuyas 22 especies están adaptadas a las condiciones de vida de la zona litoral. Estas plantas captan energía y nutrientes que ceden al agua, principalmente a través de grandes cantidades de mantillo, formado fundamentalmente por hojas y otras partes de las plantas. La mayor contribución a la formación del mantillo la hacen 15 de las 22 especies halladas. La producción de este material vegetal fluctúa de acuerdo con el régimen pluviométrico y con el régimen de vientos. El mantillo reciente se acumula en el piso (dentro y fuera del agua), creando condiciones físicas para numerosas comunidades biológicas de la ciénaga e integrándose paulatinamente al agua en forma de nutrientes que son producto de su descomposición, o en forma de organismos que dependen directa e indirectamente de su consumo. La acumulación de mantillo en el piso es de aproximadamente 9.3 t/ha. Su contenido de bioelementos es alto cuando se halla formando la capa orgánica del piso y decrece progresivamente en el mantillo de reciente producción y en el mantillo que lleva 11 meses de exposición al agua de la ciénaga. El suelo de la zona del cinturón boscoso se halló con valores similares a los de la capa orgánica. El valor calórico del mantillo también decreció con el tiempo de exposición al agua. La descomposición libera nutrientes en forma de

sales y material orgánico, que enriquecen el agua intersticial del piso, según se deduce al comparar su contenido de sulfatos, amonio y fosfatos con los valores de estas sales en el agua de la ciénaga. A su vez, la materia orgánica también resulta más alta en este tipo de agua que en el agua de la ciénaga.

El bosque ripario crea igualmente condiciones específicas de vida para muchos organismos dentro y fuera del agua, además de las condiciones ya mencionadas en relación con el mantillo. El proceso acelerado de des-

trucción de este tipo de bosque (37 ha/año en los últimos 30 años) constituye por lo tanto una seria amenaza para la diversidad y productividad de las áreas cenagosas.

El conjunto de procesos físicos y biológicos que se encontraron asociados con la producción y descomposición del material vegetal aportado por el bosque ripario, constituye una evidencia a favor de la significativa influencia que la hipótesis planteada en esta investigación atribuye al bosque ripario en la productividad del complejo cenagoso.

LITERATURA CITADA

- Albright, L.J. 1979. *In situ* degradation of mangrove tissues. New Zealand J. Mar. Freshwater Res. 10 (2): 385-389.
- APHA-WWA. 1975. Standard methods for examination of waste water and water. 13 ed. Hafwer Publishing Co. Washington, DC.
- Arias, P. 1975. Contribución al conocimiento limnológico de la ciénaga de Guarnocito y su relación con el río Magdalena. Tesis de grado. Univ. Jorge Tadeo Lozano, Bogotá.
- _____. 1977. Evaluación limnológica de las planicies de la cuenca norte del río Magdalena. Proy. Inderena-FAO. Bogotá.
- _____. 1985a. Las ciénagas de Colombia. Inderena. Bogotá.
- _____. 1985b. Plan de actividades para el manejo pesquero de la ciénaga de Palagua. Proy. de evaluación del recurso pesquero. Bogotá.
- Colma, A. y S. Matteucci. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Secretaría General de la OEA. Programa regional de desarrollo científico tecnológico. Washington, DC.
- Chapman, D., J.M. Kapetsky, J. Escobar, P. Arias y M. Zárate. 1975. Metodología para el muestreo y cálculo de los resultados de la evaluación de la pesca en el río Magdalena. Inderena. Bogotá.
- De las Salas, G. 1978. El ecosistema forestal Carare Opón. Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal (CONIF). Bogotá.
- Ducharme, A. 1975. Informe técnico de biología pesquera. Proy. Inderena-FAO. Bogotá.
- Duncan, D.B. 1951. Multiple range and F-tests. *Biom.* 11: 1-42.
- Edwards, C.A. y G.W. Heath. 1963. The role of soil animals in breakdown of leaf material. *In: Soil Organisms*. J. Doeksen y J. Van der Drift (eds). North Holland publishing Co. Amsterdam.
- Fosberg, F.R. 1970. A classification of vegetation for general purposes. *In: International Biological Program (IBP). Guide to the check sheet for IBP. Book No. 4.* Blackwell Scientific Publications. Oxford and Edinburgh.
- Freese, F. 1967. Elementary statistical methods for foresters. Agriculture Handbook 317. US Department of Agriculture, Forest Service. Washington, DC.
- García, L.C. y E. Dister. 1982. Proyecto integral del Magdalena Medio. Consideraciones ambientales. Doc. ABRN-034, ISA.
- Heald, E.J. y W.E. Odum. 1970. The contribution of mangrove swamp fisheries. *Proc. Gulf Caribbean Fish Inst.* 23: 130-135.
- Hunter, A. 1973. Methods commonly used for routine soil analysis in cooperating countries. International Soil Fertility Evaluation and Improvement Project. North Carolina State University Press Laboratory.
- Jenny, H., S.P. Gessel y H. Bingman. 1949. Comparative study of decomposition rates of organic matter in temperate and tropical regions. *Soil Sci.*
- Kapetsky, J.M., P. Arias, J. Escobar y M. Zárate. 1975. Algunos aspectos ecológicos de las ciénagas del plano inundable del Magdalena. Inderena. Bogotá.
- Kapetsky, J.M., J. Escobar y P. Arias. 1977. Evaluación preliminar de la limnología y poblaciones de peces en los planos inundables del Canal del Dique. Parte II. Inderena. Bogotá.
- Lamprecht, H. 1962. Ensayos sobre unos métodos para el análisis estructural de bosques tropicales. *Acta Venez.* 12(2): 1-18.
- León, M.R. y R.A. Quiroga. 1982. Producción de materia orgánica en dos bosques circundantes a la sabana de Bogotá. Tesis de grado. Univ. Nacional de Colombia. Bogotá.
- Medweca, A. y W.P. Kornas. 1971. Plant litter. *In: Methods study in quantitative soil ecology population production and energy flow.* Blackwell Scientific Publications. Oxford and Edinburgh.
- Moreno, L.F. y C. Fonseca. 1985. Las ciénagas: polos potenciales para el desarrollo. Resúmenes IV Congreso Nal de Ecología. Cartagena.
- Moreno, L.F. y C. Reyes. 1986. Bases y criterios de ordenación del cuerpo de agua de Palagua (Boyacá). Inderena, Sub. Medio Ambiente. Bogotá.
- Nye, P.H. 1961. Organic matter and nutrient cycles under moist tropical forest. *Pl & Soil* 13(4): 333-346.
- Pedraza, G. 1985. Evolución de las comunidades planctónicas en el complejo de Chucurí. Tesis de grado. Univ. Nacional de Colombia. Bogotá.
- Phillipson, J. 1975. Ecología Energética. Edic. Omega S.A. Barcelona.
- Plata, F. 1975. Ecología Vegetal Tropical. Estudio de comunidades vegetales. Guía para el curso de Ecología. I. Univ. Nacional de Colombia. Bogotá.
- Snedeker, S. 1975. Seminario sobre Ecología de Manglares. Univ. del Valle. Cali.
- Suárez, C. y M. Rodríguez. 1955. Equilibrio de la materia orgánica en plantaciones de café. *Bol. Técn. Fed. Nal. Cafeteros Col.* 2(15):12-24.
- Zamorano, D. 1983. Productividad del manglar y su importancia para el pelagial de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Tesis de grado. Univ. Nacional de Colombia. Bogotá.