

**ESTIMACIÓN DE LA TASA DE BIODEGRADACIÓN DE LA MATERIA
ORGÁNICA DETRÍTICA EN LAS HOJAS DE *Eichhornia azurea*
PARQUE NACIONAL NATURAL VÍA ISLA DE SALAMANCA
CARIBE COLOMBIANO**

CELESTE DE LOS MILAGROS MARTÍNEZ MÁRQUEZ

**UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
PROGRAMA DE BIOLOGÍA C.E.R.H.
SANTA MARTA D.T.C.H.**

2002

**ESTIMACIÓN DE LA TASA DE BIODEGRADACIÓN DE LA MATERIA
ORGÁNICA DETRÍTICA EN LAS HOJAS DE *Eichhornia azurea*
PARQUE NACIONAL NATURAL VÍA ISLA DE SALAMANCA
CARIBE COLOMBIANO**

CELESTE DE LOS MILAGROS MARTÍNEZ MÁRQUEZ

Trabajo de tesis para optar el título de

Biólogo

Director

CARLOS AUGUSTO HERNÁNDEZ JIMÉNEZ

MSc. Biólogo

**UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
PROGRAMA DE BIOLOGÍA C.E.R.H.
SANTA MARTA D.T.C.H.**

2002

Nota de aceptación

405 puntos

Aprobada

Luz A. Velasco

Presidente del Jurado

JUAN J. A. LAVERDE-C.

Jurado

Jurado

Santa Marta, Noviembre 22 del 2002

A mi madre,
Elizabeth Márquez a mis
hermanos y hermanas,
A Roberto Carlos,
Y los que me apoyaron en todo momento

MIL GRACIAS

Agradeciendo a:

DIOS por darme la vida, la salud, y el conocimiento para llegar al final de esta meta.

Mi madre Elizabeth Márquez, por todo su apoyo y constante motivación.

Mis hermanas y hermanos, en especial a Claribel, Mariluz y Álvaro, por su valioso apoyo en todos los momentos difíciles de mi carrera.

Carlos Hernández Jiménez. MSc en Biología Marina. Director del presente trabajo de investigación.

Luz Adriana Velasco. Directora del programa de biología. Por sus valiosos consejos y apoyo.

Jacobo blanco. MSc en biología marina. Por sus valiosos consejos y su asesoría en esta investigación.

Walberto Troncoso. Licenciado en biología y química. Por su accesoria en esta investigación

Roberto Carlos Ballestas Arzuza y su familia por toda su colaboración y apoyo

Osman Aragón. Licenciado en biología y química. Por su colaboración en esta investigación.

Juan Carlos diez. Asistente del centro de documentación del INVEMAR. Por su gran colaboración en el préstamo de libros especializados.

A mis compañeros; Inirida Steba, Maryoris Grimaldo, Marisol Correa, Darío Vega, Alex Báez, por toda su colaboración y apoyo.

A Karina Silva, Diana Restrepo, Milena Páez, Juan Carlos Villalobos, por su valiosa compañía durante los muestreos de esta investigación.

A las instituciones. Universidad Del Magdalena, Invemar, Corpamag, GTZ, Unidad Administrativa Especial Del Sistema Nacional De Parques, Universidad Jorge Tadeo Lozano.

F
~~2181~~
BB
00004

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	14
ABSTRACT	15
INTRODUCCIÓN	16
1. MATERIALES Y MÉTODOS	23
1.1 AREA DE ESTUDIO	23
1.1.1 Ubicación geográfica	23
1.1.2 Aspecto geomorfológico	24
1.1.3 Suelo	24
1.1.4 Vegetación	25
1.1.5 Aspectos climatológicos	26
1.2 DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE <i>Eichhornia azurea</i>	27
1.2.1 Ubicación taxonómica y descripción de la especie:	27
1.2.2 Importancia ecológica	28
1.3 FASE DE CAMPO	28
1.3.1 Obtención del material vegetal	28
1.3.2 Ubicación de las unidades de muestreo	31

1.3.3	Recolección de las muestras:	32
1.3.4	Mediciones de variables físicas y químicas	33
1.3.4.1	Temperatura:	33
1.3.4.2	Profundidad:	33
1.3.4.3	Oxígeno disuelto:	33
1.4	FASE DE LABORATORIO	33
1.4.1	Procesamiento del material vegetal	33
1.4.2	Análisis del contenido de carbohidratos.	34
1.4.2.1	Determinación de la concentración de carbohidratos.	34
1.4.2.2	Curva de calibración:	36
1.4.3	Análisis del contenido de proteínas	36
1.4.3.1	Determinación de la concentración de proteínas	36
1.4.3.2	Curva de calibración	36
1.5	ANÁLISIS MATEMATICO	36
1.5.1	Tasa de biodegradación:	38
1.5.2	Tratamiento estadístico	38
1.5.2.1	Análisis de regresión y coeficiente de correlación simple:	39
2	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	40
2.1	Descripción De Los Sistemas Durante Los Periodos En Que Se Realizaron Los Bioensayos	40
2.2	Variables Físicas Y Químicas	42
2.2.1	Temperatura	43
2.2.2	Profundidad	44

2.2.3	Oxígeno disuelto	45
2.3	ASPECTOS BIOLÓGICOS	48
2.3.1	Perdida de biomasa en g / p s	48
2.3.2	Contenido de carbohidratos y proteínas	51
2.3.2.1	Contenido de carbohidratos	54
2.3.2.2	Contenido de proteínas	57
2.3.3	Tasa diaria de biodegradación	63
2.3.4	Análisis de regresión y coeficiente de correlación	69
3	CONCLUSIONES	71
4	RECOMENDACIONES	73
5	BIBLIOGRAFÍA	74
	ANEXO	82

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura.1: Parque Nacional Natural Vía Isla de Salamanca. El punto indica la zona donde fueron colocadas las muestras. Modificado de la carta N° 224491 de 1984.IGAC.	24
Figura.2: a) Sector donde se recolectaron las hojas de <i>Eichhornia azurea</i> , b y c, muestran el estado de las hojas que se utilizaron para realizar el estudio.	30
Figura.3: Representación gráfica de la forma como se ubicaron las 21 bolsas con el material vegetal en cada uno de los bioensayos en el campo.	31
Figura.4: Valores mensuales de precipitación en mm, en la estación de los Cocos en el PNN Vía isla de Salamanca, datos colectados por el IDEAM, para año 2000.	41
Figura.5: Valores mensuales de precipitación en mm, en la estación de los Cocos en el PNN vía isla de Salamanca, datos colectados por el IDEAM, para el año 2001.	41

Figura.6:	Variación del caudal media mensual para los años 2000 y 2001, comparativamente con la variación del caudal de 1948 a 1998, medidos en la estación Calamar - río Magdalena cuenca baja (www.ideam.gov.co en consulta realizada en octubre de 2002).	42
Figura.7:	Variación de la temperatura del agua, durante los muestreos realizados para cada en cada uno de los bioensayos.	44
Figura.8:	Valores promedios de la profundidad (m) del sitio donde se ubicaron las muestras para realizar el estudio.	45
Figura.9:	Variación del Oxígeno disuelto, durante el tiempo de exposición en cada uno de los bioensayos.	46
Figura.10:	Perdida de biomasa de las hojas de <i>Eichhornia azurea</i> , en gramos de peso seco durante a) bioensayos I, b) bioensayo II,	52
Figura.11:	Comparación de la pérdida de biomasa durante los dos bioensayos	53
Figura.12:	Comportamiento del contenido de carbohidratos en el proceso de degradación de las hojas de <i>Eichhornia azurea</i> , durante el bioensayo I.	55
Figura.13:	Comportamiento del contenido de carbohidratos en la degradación de las hojas secas de <i>Eichhornia azurea</i> , durante el bioensayo II.	56
Figura.14:	Comportamiento del contenido de las proteínas de las hojas secas durante la degradación en el bioensayo I	59

Figura.15:	Comportamiento del contenido de las proteínas durante la degradación en el bioensayo II	60
Figura.16:	Comportamiento del proceso de degradación en el bioensayo I y el bioensayo II.	62
Figura.17:	Tasa diaria de biodegradación de las hojas de <i>E.azurea</i> durante los dos bioensayos	66
Figura.18:	variación de la tasa de biodegradación para los dos bioensayos	67
Figura.19:	Comportamiento de la tasa de biodegradación en la medida que existe pérdida de biomasa a través del tiempo, durante los dos bioensayos.	68
Figura.20:	Resultados de peso remanente aplicando el modelo matemático, utilizando los mismos tiempos de los muestreos.	69

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo.A: Valores del caudal registrados por el IDEAM para la cuenca baja del Río Magdalena	83
Anexo.B: Valores de la variables físico químicas registrados por INVEMAR en el periodo 2000- 2001 Caño Clarín – Palermo (CCP) y Boca Caño Clarin (BCL),	84
Anexo.C: Valores de las variables físico – químicas registrados en cada uno de los muestreos en el sitio de estudio, durante el bioensayo I	85
Anexo.D: Valores de las variables físico – químicas registrados en cada uno de los muestreos en el sitio de estudio, durante el bioensayo II	85
Anexo.E: Correlación lineal simple en peso remanente, carbohidratos y proteínas de las hojas de <i>Eichhornia azurea</i> , para los bioensayos I y II.	86
Anexo.F: Análisis de regresión simple para el contenido de carbohidratos en la degradación de las hojas de <i>Eichhornia azurea</i>	86
Anexo.G: Análisis de regresión simple para el contenido de proteínas en la degradación de las hojas de <i>Eichhornia azurea</i> .	86

RESUMEN

En el presente estudio, se estimó la tasa de biodegradación de las hojas de *Eichhornia azurea*, tomando hojas jóvenes y sanas, las cuales fueron deshidratadas y empacadas (10 a 12 g de peso seco total), en bolsas de anjeo que posteriormente se colocaron en la parte media de la columna de agua del Caño Clarín viejo, sector (Los Cocos) PNN vía Isla de Salamanca. El material vegetal acumulado en las bolsas de anjeo, se recogía al azar (3 bolsas), cada 15 días en dos bio-ensayos de tres meses de duración cada bio-ensayo (entre los años 2000 y 2001), se valoró al material colectado pérdida de peso, contenido de carbohidratos y proteínas; los datos obtenidos se ajustaron aun modelo matemático con el que se estimó el tiempo de descomposición total del material vegetal; el cual a los 98 días de exposición (bio-ensayo I), presentó 1,4% de la biomasa inicial , y a los 72 días (bio-ensayo II), presentó 7,3% de las biomasa inicial, observándose un comportamiento similar de disminución del material expuesto al pasar el tiempo en los dos bio-ensayos. Al mismo tiempo se observaba como el contenido de carbohidratos disminuía (biomasa vegetal), y el contenido de proteínas aumentaba (micro-organismos detritófagos).

Palabras Clave: ***Eichhornia azurea*, Macrófitas acuáticas, Biodegradación.**

ABSTRACT

In the present study, the rate of biodegradation of the leaves was considered of *Azurea Eichhornia*, taking young and healthy leaves, which were deshidratadas y empacadas (10 to 12 g of total weight dry), in anjeo bags that later were placed in the average part of the water column of the Sewer old Bugler, sector (the Coconuts) PNN via Island of Salamanca. The accumulated vegetal material in the anjeo bags, took shelter at random (3 bags), every 15 days in two bio-tests of three months of duration each bio-test (between years 2000 and 2001), was valued to the material collected lost of weight, carbohydrate content and proteins; the collected data even adjusted mathematical model with which the time of total decomposition of the vegetal material was considered; which to the 98 days of exhibition (bio-test I), presented/displayed 1.4% of the initial biomass, and to the 72 days (bio-test II), it presented/displayed 7.3% of the initial biomass, being observed a behavior similar of diminution of the exposed material when happening the time in both bio-tests. Same the time it was observed as the carbohydrate content diminished (vegetal biomass), and the protein content increased (micro-organismos detritófagos).

Key words: *Azurea Eichhornia*, Macrófitas aquatic, Biodegradation.

INTRODUCCIÓN

Las plantas acuáticas, también conocidas como macrófitas están representadas por todo tipo de vegetación que se encuentra distribuidas en todo el mundo, estas plantas crecen asociadas a cuerpos de agua ricos en nutrientes o en suelos que están cubiertos por agua durante la mayor parte de la temporada de crecimiento (Arrivallaga y Arredondo, 1987 ; Roldan, 1992), como en la zona litoral de lagos, embalses, pantanos, ciénagas y ríos de aguas dulce, ya sea en la superficie agua-tierra, sobre la superficie del agua o totalmente sumergida (Roldan 1992).

La mayoría de estas plantas se desarrollan mejor en el trópico que en las zonas templadas debido a la gran disponibilidad de radiación solar a lo largo de todo el año (Giersberg *et al*, 1986), generalmente estas plantas poseen ciclos de vida cortos que les permiten desarrollarse y reproducirse durante durante la temporada de lluvia o sequía para así garantizar el éxito de la progenie que nacerá en el siguiente periodo. Estas comunidades exhiben por lo tanto cambios estructurales a lo largo del ciclo anual como respuesta a los cambios estacionales (Viña *et al*, 1988: Citados en Ochoa, 1988)

Las macrófitas son de gran importancia por su función ecológica, en particular por ser captadoras y transformadoras de energía solar en materia orgánica siendo una buena oferta alimento y a su vez refugio para diversas especies como hongos, bacterias y fauna asociada. Por otra parte su estructura actúa como retenedora del bióxido de carbono (CO₂) y metales traza en suspensión en el agua (Mateucci y Colma, 1992), esto hace que sean una herramienta útil para el tratamiento de aguas residuales (Boyd, 1970).

La especie ***Eichhornia azurea*** es una planta acuática ampliamente distribuida en el trópico americano junto a ***Eichhornia crassipes*** (buchon de agua), que con mucha frecuencia se encuentran juntas (Roldan, 1992). Estas plantas son flotantes de hábitos libres, sus raíces no están fijadas a ningún sustrato y tienen aspecto plumoso de consistencia fibrosa y con muchas ramificaciones, el tallo es delgado, las hojas son carnosas, lobuladas grandes de color verde brillante, las inflorescencias parten de una espiga central (Weldon, *et al*, 1973), por ser flotante toman los nutrientes directamente del agua, debido a esto tienen un rápido crecimiento tanto individual como poblacional que les permiten ocupar extensas áreas y acumular gran cantidad de biomasa, que al morir o ser desprendida incorporan materia orgánica al sustrato (Ortiz *et al*, 1990).

Solo una pequeña parte de materia orgánica es aprovechada directamente por los herbívoros, donde aproximadamente el 80% de la biomasa entra a través de la vía del detrito y una buena porción de este material sostiene la trama trófica de los

desintegradores (producción -asimilación- secundaria), mediante los procesos de descomposición y mineralización, en los que libera una parte de los nutrientes y otra queda atrapada al ser cubierta por sedimentos inorgánicos (Burnolder *et al*, 1957; Dornell, 1967; Odum y De la Cruz, 1967, Citado en Zamorano, 1983)

El proceso de descomposición y fragmentación de las hojas (*Eichhornia azurea*), y su conversión en partículas de detritos hacen disponible la materia orgánica que se producen en estas plantas a los organismos consumidores (afípodos, gastrópodos, bivalvos, poliquetos entre otros). Este proceso se inicia con una etapa de autólisis o rompimiento de las estructuras celulares, lo cual libera del interior del material foliar los constituyentes solubles en el agua; este material soluble es exportado rápidamente y constituye una de las contribuciones de materia orgánica de las macrófitas (Estéves, 1988)

El material que no se solubiliza es más refractario y su descomposición es lenta y en ella actúan diferentes especies de saprofitos que aprovechan los subproductos que se dan en el proceso. Las sucesiones de microorganismos son influenciadas por los cambios en la calidad del sustrato y cada paso en la sucesión se caracteriza por grupos de microorganismos adaptados a utilizar el material o los subproductos intermedios dejados por poblaciones anteriores. La bacteria y los hongos son los agentes principales que utilizan los carbohidratos, proteínas, grasas, celulosa, lignina, transformando el tejido vegetal en protoplasma microbiano (Ogura, 1972).

La colonización del material vegetal por bacterias y hongos está asociado con la llegada de ciliados, nematodos, gasterópodos, bivalvos, poliquetos, oligoquetos y fauna asociada que ingieren los microorganismos junto con los fragmentos del detrito (Estéves y Babieri, 1983; Ogura, 1972). Los fragmentos no ingeridos son defecados y nuevamente colonizados por bacterias y hongos y fauna asociada. Las partículas enriquecidas de detrito pueden ser nuevamente ingeridas pudiendo repetir el proceso hasta que se consuma el núcleo vegetal (Cintron *et al*, 1981; Estéves, 1991; Ogura, 1972).

En el proceso de descomposición las proteínas presentan inicialmente en el material vegetal aumentan al ser transformado en partículas de detrito siendo estas de origen microbiano (Odum y Heal, 1975). Durante este proceso los almidones y azúcares se oxidan al mismo tiempo que ocurre un aumento durante la degradación. Esto se refleja en la relación carbono: nitrógeno la cual disminuye durante la degradación (Cundell *et al* 1979)

La descomposición del material vegetal es la resultante de una suma de procesos que depende de diversos factores que regulan su velocidad, entre los que se destacan la naturaleza química del sustrato y las variables ambientales. En cuanto a la influencia del sustrato resulta de interés considerar cuáles son los aspectos de la "descomposición" o "estructura química del material vegetal que determinan las diferencias en la velocidad del decaimiento (Taylor, 1989).

Existen trabajos sobre diversos intentos por correlacionar la velocidad de descomposición con la presencia y concentración de distintos elementos o sustancias en el material vegetal inicial, como muchos estudios sobre la importancia del contenido de nitrógeno o de la relación C:N (Melón, 1930; Bocoock, 1964; Hernan *et al*, 1977; Meetemeyer, 1978: Citados en Cintron, 1981). Se formularon modelos mas complejos acerca de la influencia del sustrato, los que contemplan fases en cada uno de los cuales el control ejercido por distintos constituyentes debe verificarse en distintas condiciones y diferentes áreas geográficas y tipos de vegetación.

Los trabajos efectuados sobre la tasa de descomposición de macrófitas de ambientes leníticos y lóticos (Poi de Neiff y Neiff, 1988; Poi de Neiff y Neiff, 1989; Bruquetas de Zozoya y Neiff, 1991; Poi de Neiff y Bruquetas, 1991; Poi de Neiff y Solis de Chiozza, 1994: Citados en Poi de Neiff *et al*, 2001), y los trabajos de Lancelle, y Hugo (2001), sobre *Copernica alba* (Palma blanca), en la provincia del Chaco : Citados en , se analizó los cambios en el contenido de de materia orgánica, Carbono y Nitrógeno durante 261 días bajo condiciones controlada; otros estudios como, Helad (1971): Citados en Heal, 1980, atribuyó al pastoreo por anfípodos las tasas mas elevadas de degradación en aguas salobres y saladas.

Shaeffer- Novelli y Cintron (1980): Citados en Cintron, 1981, en un estudio realizado en Brasil hallaron que la tasa mas elevada de descomposición estaba asociada al establecimiento de comunidades de organismos. Por otro lado Gock y

Hope (1977): citados en Karspiscak *et al*, 1992, afirman que los organismos heterotróficos son gobernados por la disponibilidad de sustancias orgánicas, las cuales están formadas por diferentes fracciones con relación a la utilización bacterial; También Hope *et al* (1982), dicen que la materia orgánica particulada en el agua representa mas del 50% de peso seco.

Otros estudios como los realizados por Sommaruga *et al* (1993), observaron que las hojas y raíces de *Pistia stratiotes* se descomponen más rápido en zonas con altas concentraciones de oxígeno disuelto durante la primera semana. Kohlmeyer *et al* (1979), dicen que la relación hongo – bacteria da un balance esencial para la degradación de carbohidratos y asimilación de ácidos grasos y aminoácidos en las muestras.

La investigación se emprendió con el fin de responder la pregunta ¿cuál es la tasa a la que son biodegradadas las hojas secas de *Eichhornia azurea* en condiciones de campo?, conocer como es transformado el material vegetal unas vez cae la hoja al agua, utilizando como bioindicadores la perdida de peso, contenido de carbohidratos y proteína. Para tal fin se realizaron dos bioensayos en aguas del Caño clarín viejo en el sector "Los Cocos". PNN Vía Isla de Salamanca en diferentes periodos de los años 2000 y 2001, se realizaron un total de 44 muestreos.

Este estudio contribuye a determinar cuanto tiempo se toma el proceso de

descomposición en transformar la materia orgánica vegetal y liberar cantidad de nutrientes inorgánicos al medio acuático.

Los resultados de este estudio hacen parte del proyecto de **Monitoreo De Los Procesos Indicadores De Recuperación Del Ecosistema Del Delta Exterior Derecho Del Río Magdalena**. La entidad ejecutora es la Universidad del Magdalena. El proyecto es cofinanciado por Colciencias, Corpamag, GTZ, y la Universidad del Magdalena, dirigido por el Biólogo MSc Carlos A Hernández Jiménez.

1. MATERIALES Y MÉTODOS

1.1 AREA DE ESTUDIO

1.1.1. Ubicación geográfica

El Parque Nacional Natural Vía Isla Salamanca, declarado en 1964 con 21.000 ha, hace parte del complejo deltáico estuarino del río Magdalena y se localiza en la costa del Caribe Colombiano entre 10° 57' y 11° 7' de latitud Norte y 74° 22' y 74° 51' longitud Oeste; limitada al norte con el Mar Caribe, cuenta con una amplia plataforma continental, su parte oriental linda con la Ciénaga Grande de Santa Marta, el Caño Clarín Nuevo la limita por el sur y el río Magdalena hace lo mismo por el sector occidental (Sánchez, 1988). (Figura. 1)

1.1.2. Aspecto geomorfológico

La actual Isla Salamanca es el resultado de un agregado de islas que incluyen la antigua isla de los Gómez. La porción oriental constituye una barrera formada primordialmente por deposiciones de arenas, conchas y restos marinos interpuestos entre la Ciénaga Grande de Santa Marta y el Mar Caribe. Las

porciones central y occidental, son el resultado de la deposición de sedimentos en un abanico deltaico en el cual las bocas del río Magdalena han tendido a desplazarse hacia el occidente, quedando un complejo de ciénagas que atraviesan manglares, bosques inundables, pantanos de agua dulce, etc. (Sánchez, 1988; Garcés y Zerdas, 1994; CORPES, 1992)

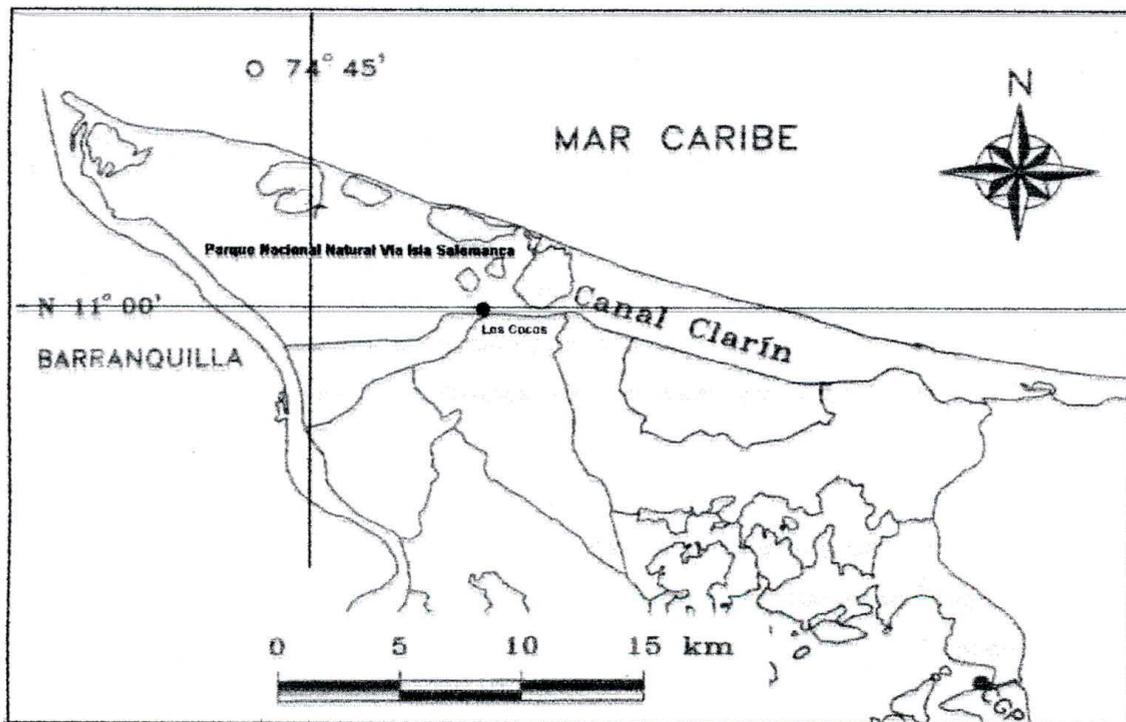


Figura. 1: Parque Nacional Natural Vía Isla de Salamanca. El punto indica la zona donde fueron colocadas las muestras. Modificado de la carta N° 224491 de 1984.IGAC.

1.1.3. Suelo

En términos pedomorfológicos, presenta rasgos distintivos que no tienden a sobreponerse la flecha costera donde se encuentran playas y dunas, el suelo es principalmente arenoso, en el área de las terrazas del río Magdalena y sus

principales canales, los suelos son magros en la zona de manglares (pantanos permanentes) son entisoles e histosoles ricos en materia orgánica (Sánchez, 1988 IGAC, 1973; Garcés y Garcés y Zerdas; 1994).

1.1.4. Vegetación

La flora de las comunidades zonales pertenece a la provincia fitogeográfica árida Caribeña del norte de Colombia, mientras que las comunidades a zonales muestran muchas afinidades con elementos neotropicales y pantropicales. Por la diversidad de suelos y otros cambios fitogeográficos hay varios tipos de vegetación (Zamorano, 1983; Sánchez, 1988; Garcés y Garcés y Zerdas, 1994)

Maglares (*Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa*); que bordean el Caño Clarín Viejo.

En la actualidad la zona donde se realiza el estudio corresponde a unos pantanos de agua dulce donde crecen especies como *Typha domingensis*, *Scirpus sp.*, *Pistia stratiotes*, *Eichhornia azurea* y *Eichhornia crassipes* entre otras.

También se encuentran cerca algunos elementos del Bosque subxerofítico (leguminosas: *Acacia forneforfax*, *A. tortuosa*, *Prosopis juliflora*); Playones Salinos (*Batis marítima*, *Coccoloba uvifera*, *Conocarpus erecta*);

También se encuentran Bosques Mixtos y Riparios (*Erythrina fusca*, *Cordia dentata*, *Ficus sp.*, *Annona glabra*, entre otras especies)

1.1.5. Aspectos climatológicos

Esta micro región presenta un régimen climático que varía desde seco (700 mm/año) a muy seco (340 mm/año) (Oster, 1979; Eslava, *et al.*, 1986), y un régimen de precipitación anual marcadamente estacional, con un periodo seco de (diciembre a abril), seguido por un corto y moderado húmedo (mayo a junio), un corto y bastante variable periodo seco llamado veranillo de julio a agosto y luego la principal estación lluviosa de septiembre a noviembre. La evapotranspiración anual calculada es del orden de 1400 mm, lo que indica que el clima en el parque es árido con un déficit alto de agua. La temperatura media diaria es de 27°C pero puede llegar hasta 29,5°C. Los vientos dominantes soplan de norte y noroeste con velocidades media entre 0.4 y 2.6 m/s; cuando soplan los Alisios ocurre ráfagas de 4.8 y 6.9 m/s. La nubosidad es comparativamente baja, favoreciendo la acción del brillo solar. (Blanco, 1988; Díaz, 1990; Sánchez, 1988).

El parque presentó un deterioro progresivo a raíz de la disminución de los aportes de agua dulce del río Magdalena. Por la acción del hombre y la naturaleza se han abandonado los Caños Clarín, El entorno, Los Almendros y El valle a través de los cuales derivaban las aguas del río. El laboratorio de ensayos hidráulicos de las flores, mediante nuevos diseños modificó el esquema de captación natural de los Caños Los almendros, El Torno y El Valle, dentro de las obras previstas para la recuperación del canal navegable de acceso al puerto de Barranquilla.

En el proyecto Pro – Ciénaga, se desarrolló un componente hidráulico que tiene como fin derivar desde el río Magdalena un caudal de 140 m³/s para restablecer

el componente hídrico de este ecosistema, consistió en rehabilitar los Caños Clarín, Aguas negras y Renegado – Condazo y la reapertura de los Caños El Torno y Los Almendros (Pro- Ciénaga, 1994;)

El río Magdalena es el principal responsable de los procesos hidrodinámicos de la ecorregión. Al aumentar las precipitaciones, aumenta el aporte de agua dulce al sistema (Corpamag, 1999), mejorando la calidad físico-química de los suelos aluviales (Pro-Ciénaga, 1994); de no presentarse estos aportes de agua dulce trae como consecuencia preocupantes problemas de intercambio hídrico, deterioro del manglar y disminución del recurso pesquero (Corpamag, 1999; García y Dister, 1990).

1.2 DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE *Eichhornia azurea*

1.2.1 Ubicación taxonómica y descripción de la especie:

Phylum Angiosperma

Clase Monocotiledónea

Orden Liliales

Familia Pontederiaceae

Genero *Eichhornia*

Especie *Eichhornia azurea*

<http://pest.cabweb.org/index.htm>; Bermúdez, 1997)

1.2.2 Importancia ecológica

Ecológicamente estas plantas juegan un papel importante en los cuerpos de agua, ya que sirven de albergue y alimento para muchas especies (Roldan, 1992). También contribuyen al mejoramiento de la calidad del agua, especialmente las bacterias asociadas a la raíz, ya que se ha observado que con ellas la planta es capaz de absorber más nutrientes que por sí sola ([//pest.cabweb.org/index.htm](http://pest.cabweb.org/index.htm)) Además las plantas proveen sombra que impiden el crecimiento de algas, permitiendo que actúen como filtro biológico clasificando y purificando el agua (Karpiscak *et al*, 1992)

Las plantas acuáticas son importantes porque poseen la habilidad de asimilar y retener contaminantes. El jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*), tiene la propiedad de extraer los contaminantes del agua, transformarlos metabolitamente y almacenarlos a través de su extenso raigambre (Roldan, 1992; www.unne.edu.ar/cyt/2001/5-agrarias/a-044.pdf).

1.3 FASE DE CAMPO

1.3.1 Obtención del material vegetal

Se recolectaron las hojas de *Eichhornia azurea* en el sector del Caño Covado y en la Ciénaga la Redonda (PNN Vía Isla de Salamanca); las hojas de *E. azurea* fueron seleccionadas con base en los siguientes criterios (figura 2 a):

-
- El estado de sanidad fuera bueno, sin tejidos necróticos ni manchas cloróticas.
 - El color de las hojas debió ser verdes lustroso y su tamaño estaba entre 10 a 20 cm de longitud;
 - Que no tuvieran daños por herbívoros.

Todas las hojas verdes y sanas garantizan una igualdad en el contenido orgánico que permiten ver las diferencias en el tiempo de biodegradación (figura 2 a, b, c).

En el laboratorio se procedió así:

- El material seleccionado se limpió con abundante agua limpia.
- Se secaron (en grupos de 10 hojas en bandejas de aluminio), hasta obtener peso seco constante a una temperatura de 80 °C en un horno de secado, por un tiempo de 72 horas.
- Se pesaron varias hojas secas para formar grupos entre 10 a 14 gramos para llenar cada una de las 21 bolsas.
- Las bolsas se elaboraron con malla sintética con un tamaño de 15 x 25 cm. y con un ojo de malla de 2 mm, limitando la entrada de organismos.
- Cada bioensayo contó con 21 bolsas para poder extraer tres bolsas al azar para su posterior análisis



a)



b)



c)

Figura 2. a) Sector donde se recolectaron las hojas de *Eichhornia azurea*, b y c, muestran el estado de las hojas que se utilizaron para realizar el estudio.

1.3.2 Ubicación de las unidades de muestreo

Se localizaron las unidades de muestra en el sector de "los Cocos" PNN Vía Isla de Salamanca, en la zona más profunda de aguas del Caño Clarín Viejo. En este lugar se colocaron las bolsas de malla con el material de hojas secas.

Las 21 bolsas se suspendieron individualmente en la parte media de la columna de agua, para tal propósito se sujetaron con hilo nylon en el extremo superior a una boya y en el fondo sujetos a una pesa (figura 3).

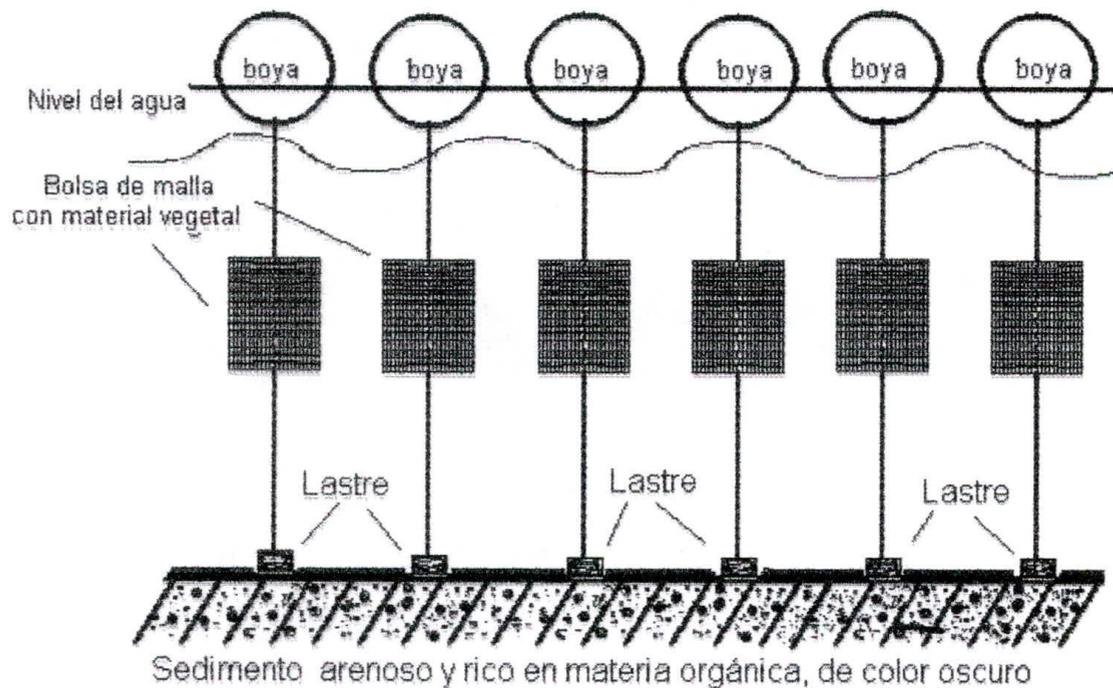


Figura 3. Representación gráfica de la forma como se ubicaron las 21 bolsas con el material vegetal en cada uno de los bioensayos en el campo.

1.3.3 Recolección de las muestras:

- Bioensayo I (desde el 27 de oct/ 00; hasta el 2 de feb/01), las bolsas se sacaron al los 15, 30, 44, 56, 74 y 98 días de expuesto el material.
- Bioensayo II (desde el 18 de may/01; hasta 30 de jul/01) las bolsas se sacaron a los 15, 28, 42, 59 y 72 días de expuesto el material.

En cada muestreo se tomaron tres bolsas al azar, según lo recomendado por Snedeker, (1975) y Fell et al, (1975).

Al recoger cada una de las tres unidades de muestreo se colocaron por separado en bolsas plásticas para evitar la perdida de material y luego se llevaron al laboratorio.

En el laboratorio se limpiaron de sedimentos y se extrajeron los animales visibles y finalmente se secaron hasta obtener peso seco constante a una temperatura de 80 °C en un horno de secado, por un tiempo de 72 horas y se pesaron.

El contenido seco de las hojas de cada bolsa. Se pasaron por un molino marca Thomas Scientific (Laboratorio de suelos de la Universidad del Magdalena), y se obtuvo el material con un tamaño de partículas de 4 micras, se guardó en un frasco y en un lugar seco y en oscuridad para un posterior análisis y valoración del contenido de carbohidratos y proteínas mediante la metodología correspondiente.

1.3.4.1 Temperatura:

Se registraron los valores de la temperatura del agua, en la superficie y el fondo. Se utilizó un termómetro de mercurio de 0 a 50°C de rango de medida; la toma de la temperatura en el sitio se realizó a la 8:00 am, 1:00 pm, 3:00 pm, 5:00 pm, 9:00 pm, los valores obtenidos se promediaron para cada muestreo.

1.3.4.2 Profundidad:

Esta variable se midió en el sitio por medio de una regla métrica de 1.5 m, durante las horas de la mañana (8:00 am), y en las horas de la tarde (5:00 pm), los valores se promediaron por muestreo.

1.3.4.3 Oxígeno disuelto:

Se toman muestras de agua a dos niveles superficie y fondo. Se valoró la concentración por el método de Winkler , los resultados se expresaron en mgO₂/l.

1.4. FASE DE LABORATORIO

1.4.1 Procesamiento del material vegetal

En el laboratorio se colocó el contenido de las bolsas plásticas en una bandeja para separar los organismos (gusanos, bivalvos etc.), y el material vegetal se lavó

1.3.4 Mediciones de variables físicas y químicas

Las variables físicas (temperatura, profundidad) y química (salinidad y oxígeno) fueron medidas en cada muestreo (Anexo C y D)

a través de un tamiz con 0.2 mm de ojo de malla para eliminar sedimento inorgánico.

- Se tomó todo el material vegetal retenido en el tamiz, se colocó en bandejas de aluminio, estas se enumeran para evitar confundirla, y se secaron en un horno hasta obtener peso seco constante.
- Se sacaron del horno y se colocaron en una campana desecadora para que el material se enfríe y no se deshidrate.
- Se pesó el material vegetal en una balanza analítica de precisión (+0001 g), tres veces y se promedian los valores.
- El material remanente se molió en un molino marca Willi en el laboratorio de suelos de la Universidad del Magdalena.

1.4.2 Análisis del contenido de carbohidratos.

1.4.2.1 Determinación de la concentración de carbohidratos.

Se utilizó el método de reactivo de antrona, el cual se fundamenta en la formación de un complejo con los grupos OH de los carbohidratos en medio ácido (Pearson *et al*, 1984, Zamorano, 1983)

Su extinción fue medida a una longitud de onda de 625 nm, en celdas de 1 cm, utilizando glucosa como patrón de comparación (Pearson *et al*, 1984).

El tratamiento fue el siguiente.

-
- Se preparó el reactivo de antrona (9,10 dihydro-9-ketoantracene), disolviéndola en una mezcla de 8 ml de etanol (alcohol etílico), absoluto, 30 ml de agua destilada y 100 ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado.
 - La solución se guardó en un Erlenmeyer forrado con papel aluminio para que no penetre la luz a temperatura de laboratorio por 4 horas antes de usar.
 - El material vegetal que había sido previamente secado hasta peso seco constante, y luego molido, se tomó 0.05 gramos y se colocó en tubos de ensayos, y se adicionó 2 ml de solución de Carbonato de Magnesio ($MgCO_3$), y 10 ml de agua destilada y se mezcló, mediante agitación constante.
 - para homogeneizar el material se llevó a una centrifuga a 3400 r.p.m.
 - Se tomó 1 ml del sobrenadante y se pasa a un nuevo tubo de ensayo, se le agregaron 10 ml del reactivo de antrona y se mezclaron vigorosamente
 - Inmediatamente se calentó a baño caliente (80-100 °C), durante 7 minutos.
 - luego se enfrió en un recipiente con hielo por 2 minutos
 - Posteriormente se realizó la lectura en un espectrofotómetro (Espectronic 21) digital a una longitud de onda de 625 nm
 - Para determinar la concentración patrón de carbohidratos, se utilizó una curva de calibración ó patrón estándar (Pearson *et al*, 1984).

Se realizaron tres determinaciones por muestreo (21 muestra para el bioensayo 1, y 18 muestras para el bioensayo 2), los valores obtenidos se promediaron por muestreo en cada uno de los bioensayos.

1.4.2.2 Curva de calibración:

Esta se logra con glucosa, se prepararon concentraciones de 50-100-300 ug de glucosa / ml. Los valores se obtienen en ug de carbohidratos por g de peso seco de la muestra.

Ug de glucosa / ml	Absorbancia	$Y = A * -B$
50	0,07130	$Y = 702.95 * -0.174$
100	0,1420	$\mu\text{gCarbohidrato} = (702.95 * \text{abs},625) - 0.174$
300	0,42700	

1.4.3 Análisis del contenido de proteínas

1.4.3.1 Determinación de la concentración de proteínas

Se empleó el método (modificado) de Lowry (1951) a partir de la técnica estándar (Winber y Duncan, 1971; Citados en Pearson, *et al*, 1984)

El material vegetal que ya había sido previamente secado hasta peso seco constante y molió, se tomaron 0.05 gramos, se colocó en un tubo de ensayo y se adicionó 5 ml de hidróxido de sodio 1 N

- Se dejó en reposo durante 12 horas para que ocurra la digestión de la proteína

-
- Luego se centrifugó a 4200 r p m durante 10 minutos, y se tomaron exactamente 1 ml y se vertió en tubos de ensayos, se adicionaron 4 ml de agua destilada.
 - Se mezcló y se agregó 4 ml del reactivo de Folin Ciocalteu y se agitó por 30 minutos,
 - la lectura de absorbancia se realizó en un espectrofotómetro a una longitud de onda de 630 nm
 - la reacción total consiste en dos partes

La reacción de Biuret, la cual depende de la existencia de enlaces peptídico,

La reacción del reactivo de Folin Ciocalteu que consiste en la reducción del reactivo Folin por acción de los aminoácidos cíclicos.

Como patrón se utilizó albúmina bovino; Esta es una técnica calorimétrica que mide las proteínas, no los aminoácidos individuales. Sin embargo, la prueba es más sensible a las proteínas que contienen los aminoácidos, triptofano y tiroxina (Pearson *et al.*, 1984)

Se realizaron tres determinaciones por muestreo (21 muestra para el bioensayo 1, y 18 muestras para el bioensayo 2), los valores obtenidos se promediaron por muestreo en cada uno de los bioensayos.

Los resultados se expresaron en mg de proteínas por gramos de materia seca.

1.4.3.2 Curva de calibración

Esta se logró con albúmina. Se prepararon diluciones de forma tal que se tienen 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, y 0.5 mg / L. Los valores se presentaron en mg de proteínas / g de peso seco.

mg Proteínas /g	Absorbancia	Y=A+B*Ç
0.100	0.100	A=-0.03431246
0.200	0.177	
0.300	0.244	
0.400	0.305	

1.5 ANÁLISIS MATEMATICO

1.5.1 Tasa de biodegradación:

Para obtener los valores de tasa y biodegradación se utilizó la siguiente formula con el fin de establecer el tiempo de biodegradación (Giraldo y Rodríguez, 1997), así:

$$Td = \frac{Pr}{T(dias)}$$

Donde:

Td = tasa de degradación

Pr = Peso remanente

T = tiempo de exposición en día

$$Pr = Pi - Pf$$

Donde

Pr = Peso remanente

Pi = peso inicial

Pf = peso final

1.5.2 Tratamiento estadístico

Los análisis estadísticos de los resultados de una investigación, permiten una evaluación objetiva de los mismos. Con tal propósito y dado que los eventos presentan variables cuantificable, se pueden aplicar tratamientos estadísticos adecuados a la naturaleza de cada fenómeno estudiado en la siguiente forma:

1.5.2.1 Análisis de regresión y coeficiente de correlación simple:

Para verificar la correlación entre las variables biológicas y mediante la regresión obtener una formula que permita modelar la tasa de biodegradación de las hojas de *Eichhornia azurea*.

Este modelo se emplea para encontrar la relación entre la perdida de peso y el tiempo de degradación. Estos análisis fueron hechos por el programa estadístico StarGraphic plus 4.1 y el Table Curve 1.0 (Jandel, 1992)

El comportamiento de estas variables se presentara mediante gráfica de los promedios. Para el análisis de la variables físicas y químicas se aplicó estadística descriptiva (promedios, desviación estándar, máximos y mínimos) y a través de gráficas

2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.1 Descripción De Los Sistemas Durante Los Periodos En Que Se Realizaron Los Bioensayos

Los registros meteorológicos del sector "Los cocos" Parque Nacional Natural Vía Isla de Salamanca (IDEAM, 2001), muestra que durante el año 2000 se presenta como un año dominado por periodos bastante secos, alcanzando 272,8 mm de precipitación máxima en todo el año (Figura. 4); y para el primer semestre del año 2001 estuvo dominado por periodos de intensas lluvias, entre mayo y agosto con 805,6 mm de precipitación máxima (Figura. 5)

La Figura 6, presenta la variación del caudal media mensual para los años 2000 y 2001 comparativamente con la variación del media de 1948 a 1998, medidos en la estación Calamar - río Magdalena Cuenca baja (www.ideam.gov.co). Estos datos muestran una tendencia similar año por año, observándose unos aumentos notorios en los meses de junio y noviembre /00, y una disminución marcada del caudal en los meses de enero y febrero /01, y aumentando hacia mayo-junio/01 influyendo esta variación en el sitio de estudio (anexo. A).

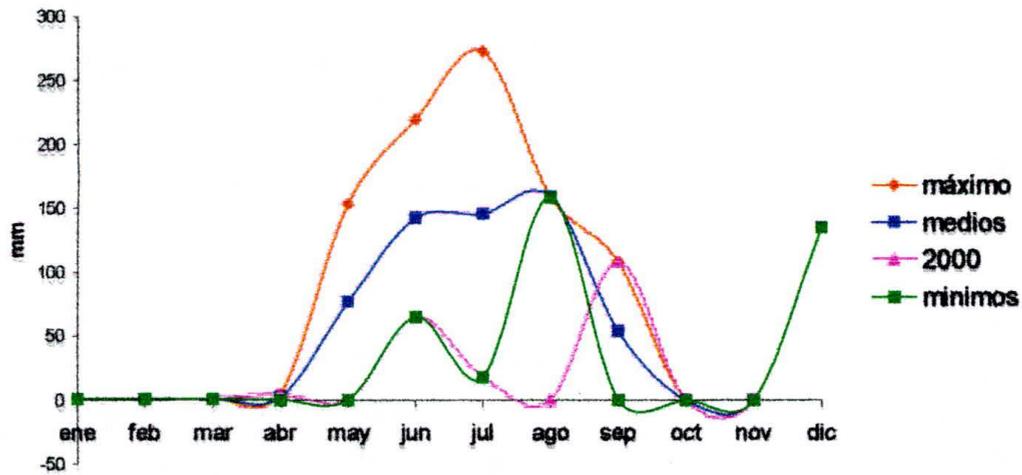


Figura 4 Valores mensuales de precipitación en mm, en la estación de los Cocos en el PNN Vía isla de Salamanca, datos colectados por el IDEAM, para año 2000.

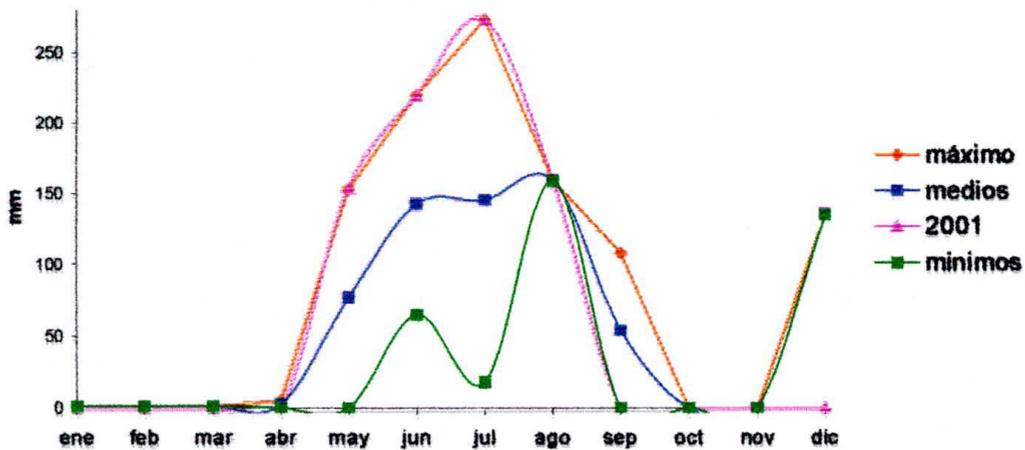


Figura 5 Valores mensuales de precipitación en mm, en la estación de los Cocos en el PNN vía isla de Salamanca, datos colectados por el IDEAM, para el año 2001.

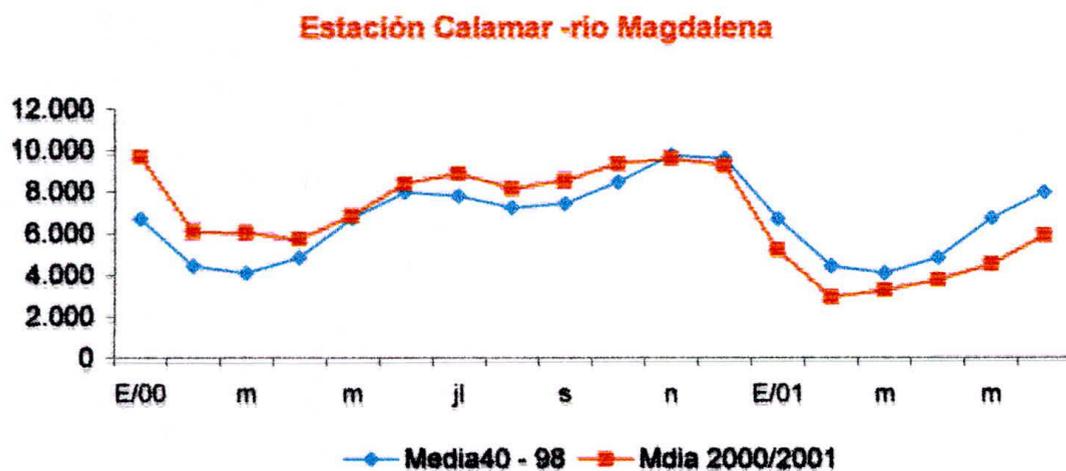


Figura 6. Variación del caudal media mensual para los años 2000 y 2001, comparativamente con la variación del caudal de 1948 a 1998, medidos en la estación Calamar - río Magdalena cuenca baja (www.ideam.gov.co en consulta realizada en octubre de 2002).

2.2 Variables Físicas Y Químicas

Los valores promedios para cada uno de los muestreos se presentaron en los Anexo C y D.

El bioensayo I, se realizó en el período comprendido entre los meses de octubre, noviembre, diciembre de 2000 y enero y febrero de 2001. El bioensayo II se realizó en el período comprendido entre los meses de mayo, junio y julio de 2001.

2.2.1 Temperatura

Durante el bioensayo I, el valor promedio máximo de temperatura del agua fué de 29.5 °C, en el mes de noviembre y la temperatura mínima fué de 27.5 °C en los meses de enero y febrero, época en que los vientos alisios del noroeste son más fuertes y constantes (Blanco, 1988)

Durante el bioensayo II, el promedio de temperatura máxima del agua fué de 30.7 °C en los meses de junio y julio y la temperatura mínima fué de 28.5 °C en el mes de mayo (Figura 7).

La región de la Costa Norte de Colombia según Zamorano, (1985). Corresponde a la categoría estable térmicamente, dado que las diferencias entre las temperaturas más frías y más cálidas no superan los cinco grados centígrados. Estas variaciones son pequeñas en las regiones tropicales al compararlas con las regiones templadas; las cuales son favorables todo el año para la producción vegetal, es decir la incorporación de materia orgánica al sistema (Estéves, 1988; Roldan, 1992).

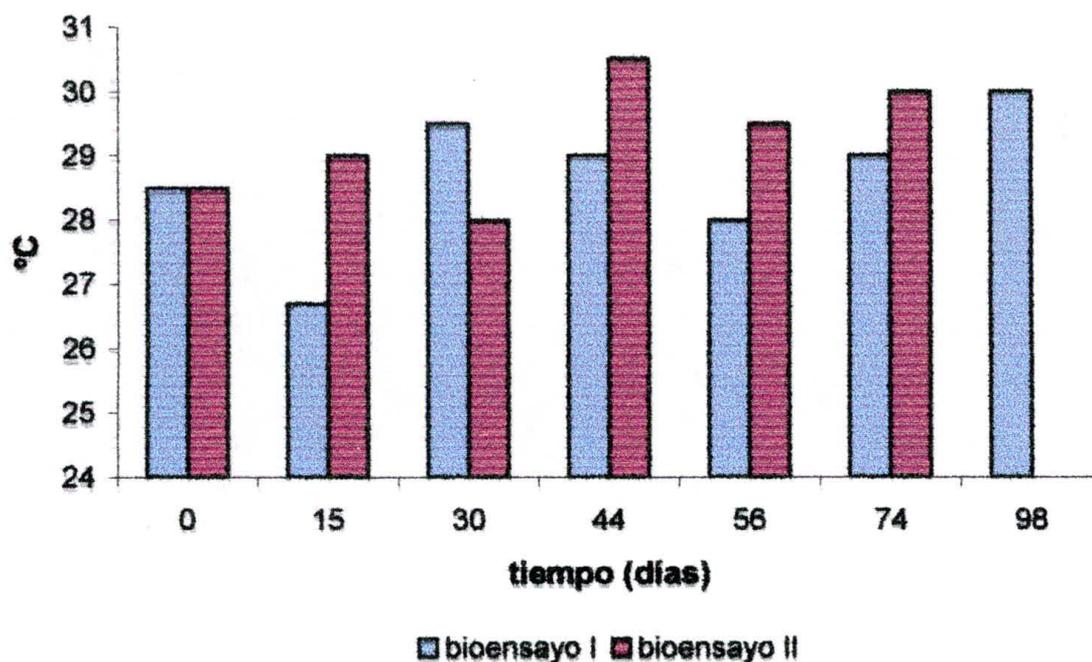


Figura 7, Variación de la temperatura del agua, durante los muestreos realizados para cada en cada uno de los bioensayos.

2.2.2 Profundidad

Los valores para el bioensayo I, mantienen un promedio máximo de 0.74 m, y un promedio mínimo de .0.57 m; Durante el bioensayo II, el promedio máximo fué de 0.91 m y el mínimo fué de 0.82 m, reflejando un aumento con respecto al bioensayo I (Figura 8)

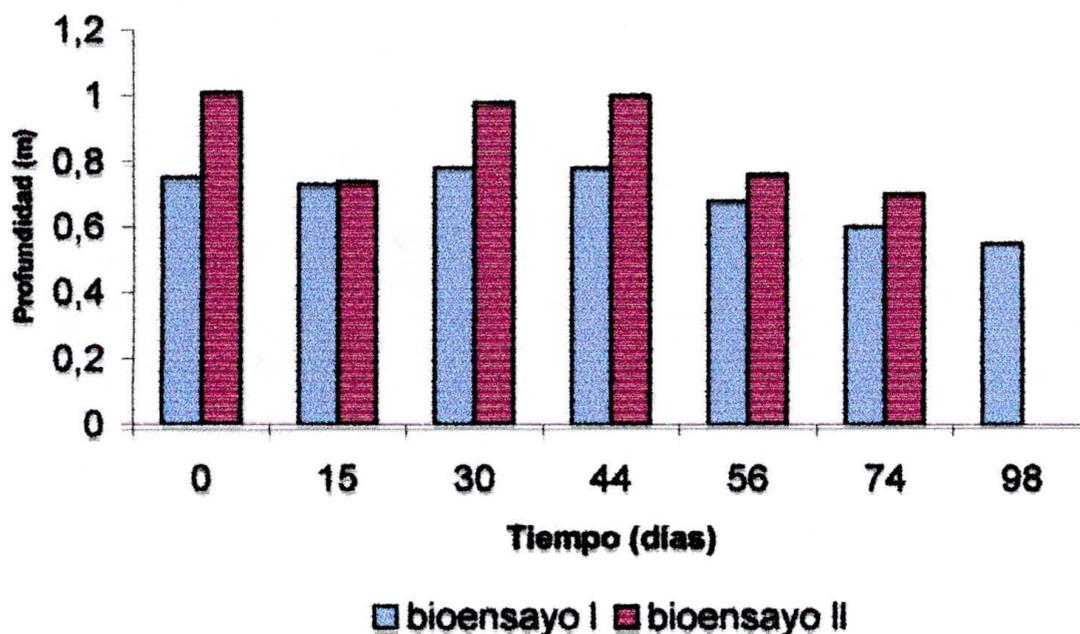


Figura 8. Valores promedio de la profundidad (m) del sitio donde se ubicaron las muestras para realizar el estudio.

2.2.3 Oxígeno disuelto

Las concentraciones de oxígeno disuelto en el agua durante los dos bioensayos indican un buen suministro de oxígeno. Los valores medios para el bioensayo I fueron de 7.32 mgO₂/L, y para el bioensayo II fué de 9.01 mgO₂/L (Figura 9).

Este comportamiento puede estar asociado a una alta productividad de fitoplancton, (el agua en el sitio presentaba un color verde intenso, indicando actividad fotosintética), y la intensidad de los vientos que se mezclan y ayudan a la difusión de oxígeno. La tasa de descomposición de la materia orgánica se pudo ver afectada por los niveles de oxígeno en el agua, ya que los procesos de

biodegradación de la materia orgánica en el agua requieren la presencia de cantidades adecuadas de oxígeno (Sommaruga, 1993; Wedler, 1998;).

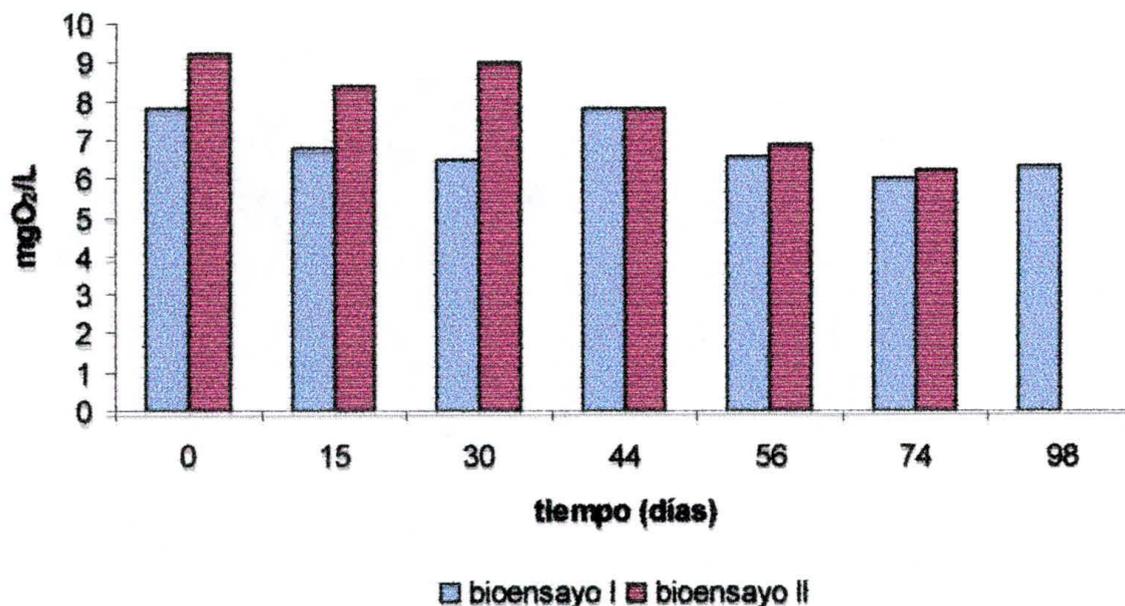


Figura 9. Variación del Oxígeno disuelto, durante el tiempo de exposición en cada uno de los bioensayos.

El medio ambiente en el cual se desarrollan los organismos condiciona y producen un habitats que pueden ser ocupados por determinadas especies las cuales poseen mecanismos morfológicos, fisiológicos y de comportamiento que les permiten ser eficientes en la utilización de los recursos disponibles para su supervivencia (Odum, 1995).

En el sitio de estudio, las variables físico-químicas presentaron la misma tendencia durante los dos bioensayos muestreados en escala diferente a nivel estacional.

Durante el tiempo muestreado se presentaron altos valores de precipitación a lo largo del río Magdalena lo que condujo aun aumento en su caudal, junto con la precipitación local (580mm), (IDEAM, 2001),

Lo valores de temperatura oscilaron muy cerca de los rangos registrados por INVEMAR 2001 (ANEXO. B), donde el promedio anual fué de 30,1 °C y para los meses muestreados fué de 29.8 °C. Los valores de temperatura están influenciados por la hora en que fueron tomados.

Las concentraciones de oxígeno presentan la misma tendencia en los dos bioensayos, siendo más marcada las diferencias durante el bioensayo II. Se presentaron valores medios de 6.0 mgO₂/L en el bioensayo I y altos de 9.22 mgO₂/L, en el bioensayo II, esta tendencia puede estar ligada a los cambios de temperatura, procesos metabólicos de los organismos, y las reacciones de oxidación de la columna de agua.

En general se puede decir que las concentraciones bajas de oxígeno en el sistema están relacionadas con la profundidad de este, debido a que la poca profundidad del sistema ocasionando que la relación superficie y columna sea muy alta, trayendo consigo aumento en el consumo de oxígeno ya que este último es

directamente proporcional a la superficie del sistema e inversamente proporcional a la profundidad (Dister *et al* , 1984; Blum, 1988).

Otro factor que afecta las concentraciones de oxígeno en la estratificación que se presenta en el sistema al haber quietud en la masa de agua. Claro esta que la poca profundidad ocasiona que se produzca oxigenación de la masa de agua, ya sea por acción de los vientos en la época de sequía y por las corrientes de agua en la época de lluvias (Odum, *et al*, 1997).

En general, los promedios mensuales de oxígeno disuelto son altos y homogéneos en los dos bioensayos, a demás al comienzo de ambos bioensayos son altos, favoreciendo así el proceso de degradación en las dos primeras semanas.

2.3 ASPECTOS BIOLÓGICOS

2.3.1 Pérdida de biomasa en g / p s

En general se observa que la pérdida de biomasa de las hojas de *Elchhornia azurea* durante el bioensayo I fué mayor que el bioensayo II (Figura 10).

En el primer muestreo, a los 15 días de exposición, la pérdida de peso en el bioensayo I fué de 3,46 g y en el bioensayo II, de 3,9 g. Lo que indica que la perdida del material fué relativamente alta al comparar esta con los siguientes muestreos. Estos altos valores durante los primeros 15 días corresponden a los

materiales de fácil biodegradación (Ogura, 1972; Estéves, 1988; Roldan, 1992), mientras que el material que queda es más refractario y su descomposición es más lenta permaneciendo posiblemente sin mayor cambio.

En el segundo muestreo, 30 días de exposición. Para el bioensayo I la pérdida de biomasa fué de 2,56 g. Para el bioensayo II es de 2,54 g. Los valores son similares en ambos bioensayos. Continúa la pérdida de materiales lábiles seguramente más difíciles de biodegradar por ser compuestos orgánicos de moléculas grandes. Según Ogura, (1972) corresponde a la fracción oxidante lábil 1 y labil 2.

Para el tercer muestreo, a los 42 días de iniciado el bioensayo I la pérdida se estima en 1,90 g. Para el bioensayo II, a los 44 días de exposición, fué 1,97 g. En este momento no se presenta mayor variación, entre los dos bioensayos, continúa la biodegradación de materiales lábiles y parte de los refractarios.

En el cuarto muestreo, a los 54 días se observa un ligero aumento que es mayor en el bioensayo I con 2,12 g, mientras que en el bioensayo II fué de 1,09 g.

En el quinto muestreo. A los 72 días de iniciado en el bioensayo I la pérdida es de 1,72 g. Para el bioensayo II a los 74 días es de 0,73 g. Se observa una diferencia entre los bioensayos. La mayor parte del material corresponde a material refractario (Figura 11).

Para el quito muestreo en el bioensayo I a 98 días presenta 0,17 g valor menor que el observado el bioensayo I a los 72 días. No existen datos para el bioensayo II. (Figura 10b). Prácticamente solo queda el material refractario, que corresponde a la fracción residual (Ogura 1972; Estéves, 1988).

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 según Fell *et al*, (1975), a la disponibilidad de compuestos de Carbono, iniciándose la descomposición con la utilización de compuestos mas 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 mas lento debido a que permanecen compuestos mas complejos de carbono como, celulosa y lignina que son consumidos por otros hongos saprofitos hasta que el material es consumido totalmente (Ogura, 1972; Fell *et al*, 1975)

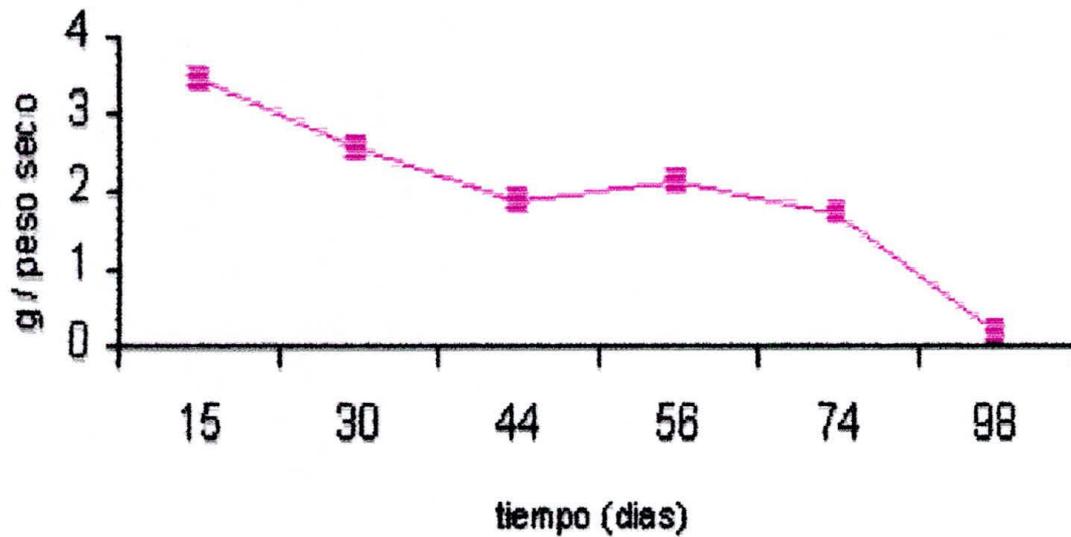
Según los estudios realizados por Bock y Hope (1977), hallaron que el desarrollo y la actividad de los microorganismos heterotróficos son gobernados por la disponibilidad de sustancias orgánicas la cual esta formada por diferentes fracciones con relación a la utilización bacterial. Ningún microorganismo posee todas las propiedades enzimáticas para descomponer las diversas moléculas de material orgánico, este tiende a acumularse en el ecosistema acuático y en los

sedimentos, donde solo un pequeño número de microorganismos altamente especializados son capaces de su desdoblamiento de cada tipo de molécula

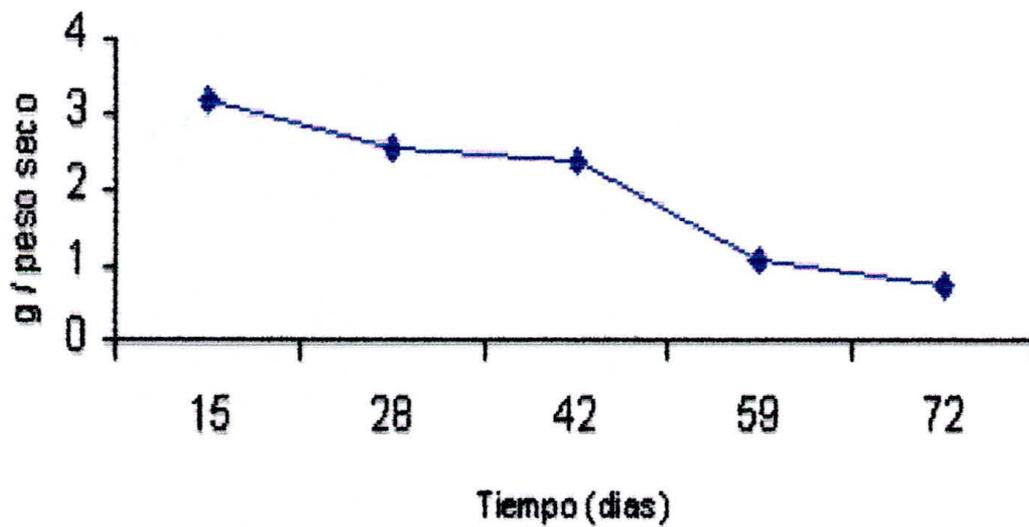
Twilley, *et al.*, (1986), en manglares de la florida, encontraron que el tiempo de descomposición de la hoja de *Avicennia germinas* fué menor que el hallado en bosque mixto de *Rizophora mangle* y *Avicennia germinas* en las mismas condiciones (57 y 247 días respectivamente), presumiéndose que esta diferencia se basa en la calidad de las hojas de *R. mangle* por su contenido de taninos retarda la actividad microbial (Cundell *et al.*, 1979; Citado por Twilley *et al.*, 1986).

2.3.2 Contenido de carbohidratos y proteínas

Durante el proceso de degradación los almidones y azúcares se oxidan al mismo tiempo que ocurre un aumento en las proteínas de origen microbiano. Por esta razón la calidad del material foliar como fuente de alimento aumenta durante la degradación (Figura 16). Esto se refleja en la relación carbono nitrógeno, la cual disminuye durante la descomposición (Cundel *et al.*, 1979)



a)



b)

Figura 10. Perdida de biomasa de las hojas de *Eichhornia azurea*, en gramos de peso seco durante a) bioensayos I, b) bioensayo II,

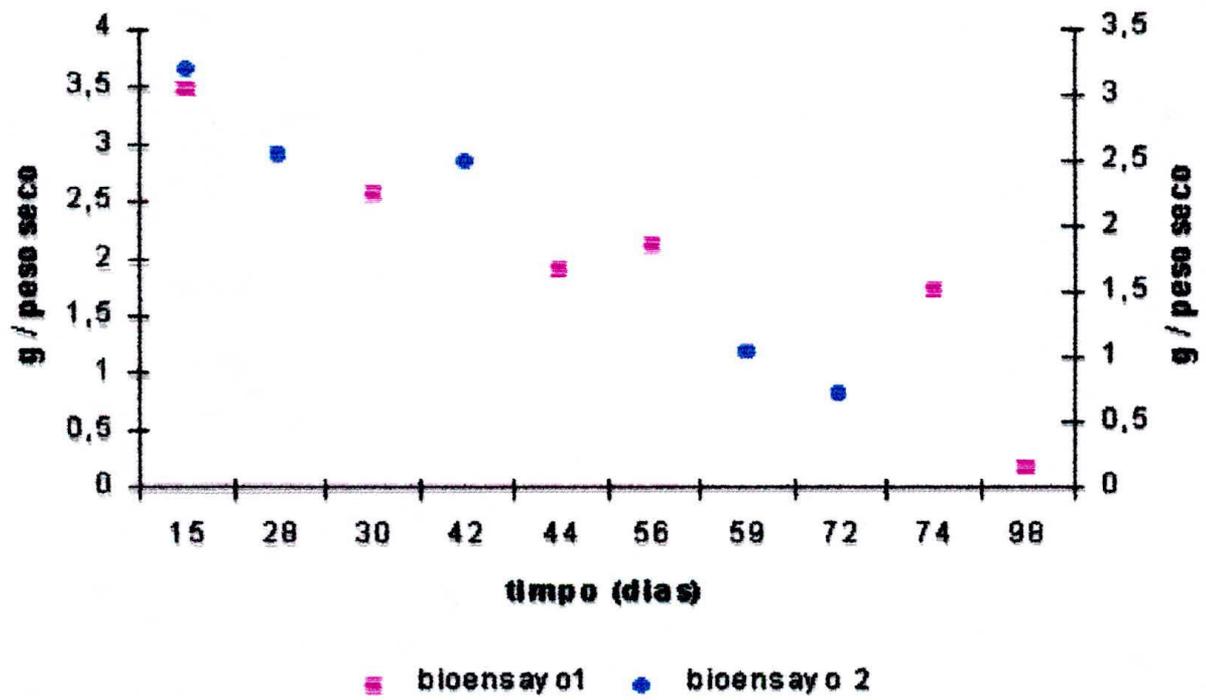


Figura 11. Comparación de la pérdida de biomasa durante los dos bioensayos

2.3.2.1 Contenido de carbohidratos

En la Figura 12 y 13, se observa como el peso de los carbohidratos desciende en en transcurso de los muestreos.

En el primer muestreo:

- El Bioensayo I Carbohidratos en el tiempo inicial es de 5,73 mg / g de peso seco y la los 15 días es de 3.010 mg / g de peso seco
- El Bioensayo II en el tiempo inicial es de 5,73 mg / g de peso seco y a los 15 días es de 3.320 mg / g de peso seco.

En el segundo muestreo:

- El Bioensayo I la concentración de carbohidratos fué 2,60 mg / g de peso seco.
- El Bioensayo II la concentración de carbohidratos fué 2,28 mg / g de peso seco.

En el último muestreo:

- El Bioensayo I a los 98 días la concentración de carbohidratos fué 1,28 mg / g de peso seco.
- El Bioensayo II a los 72 días la concentración de carbohidratos fué 0,89 mg / g de peso seco.

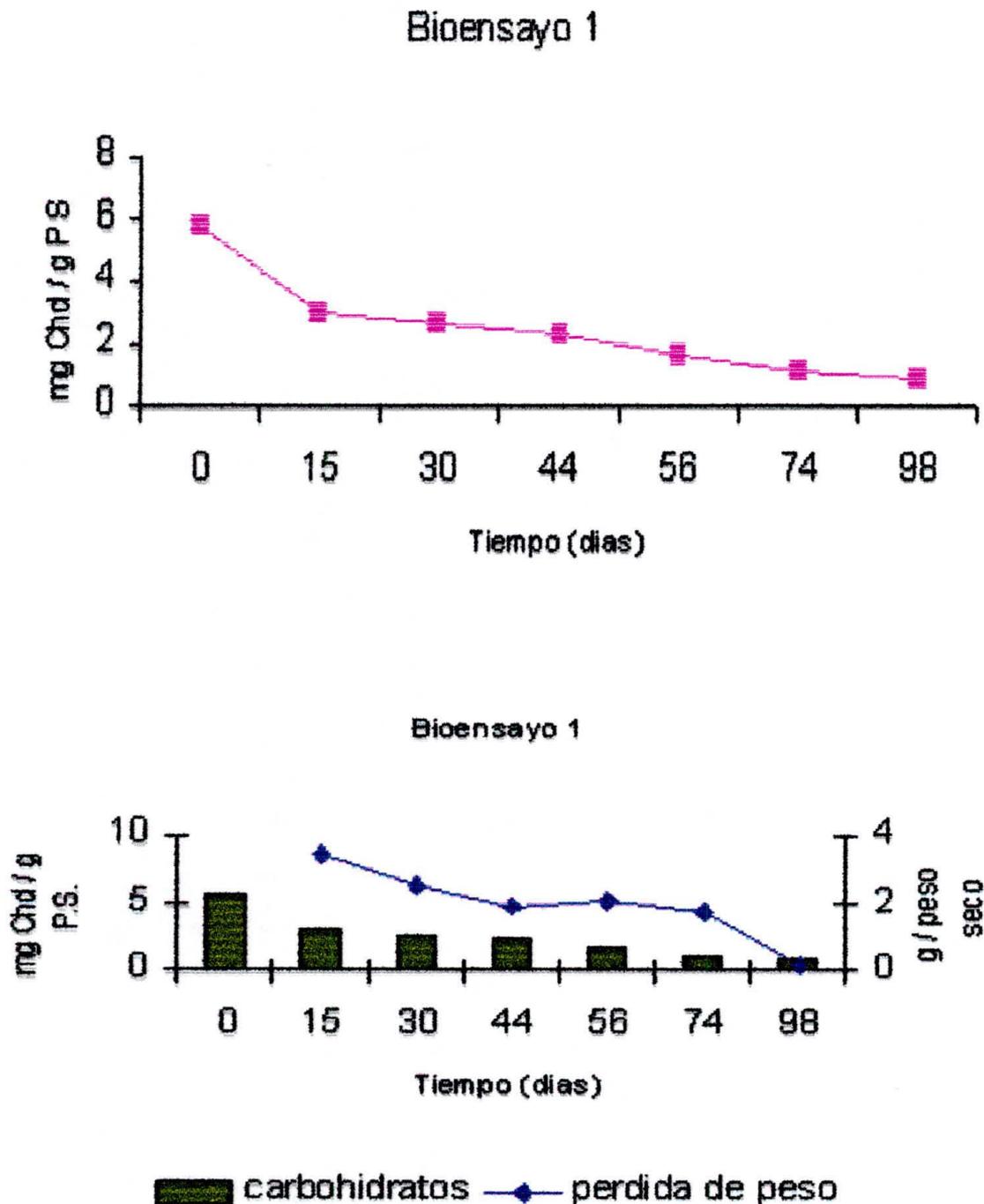


Figura 12, Comportamiento del contenido de carbohidratos en el proceso de degradación de las hojas de *Eichhornia azurea*, durante el bioensayo I.

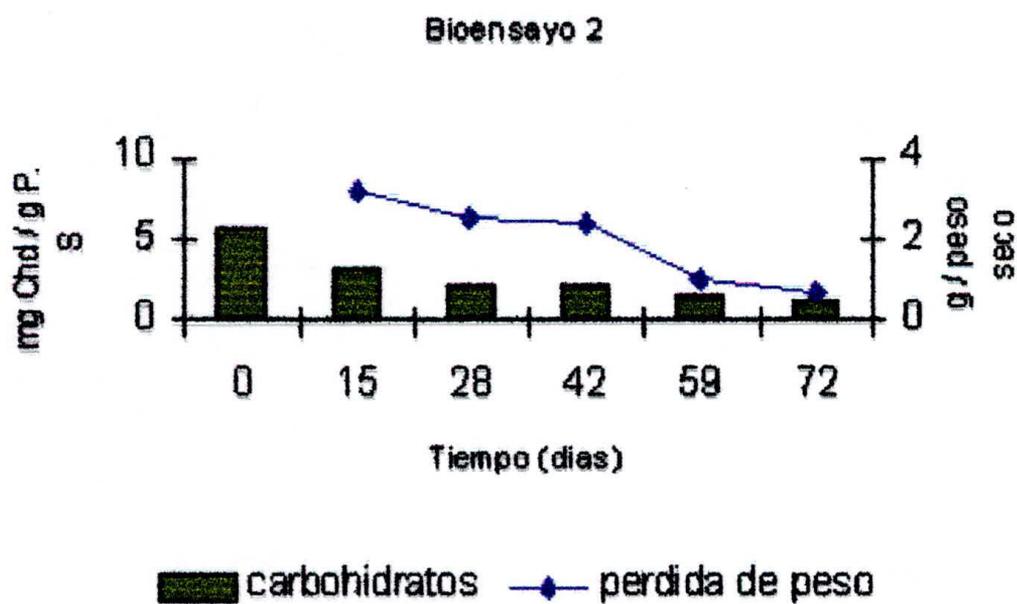
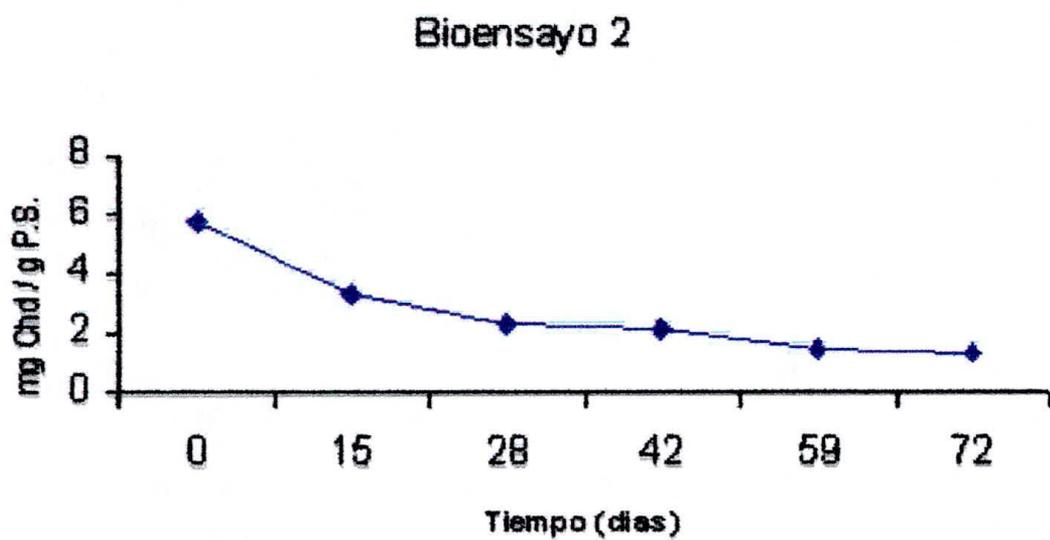


Figura 13. Comportamiento del contenido de carbohidratos en la degradación de las hojas secas de *Eichhornia azurea*, durante el bioensayo II.

Una forma de pérdida de materia orgánica es la asimilación de carbohidratos por parte de las bacterias y hongos. Estos organismos son importantes en el medio acuático, ya que son responsables de la mineralización de los nutrientes de las plantas, así como el incremento de los valores nutritivos del detrito, utilizando materia orgánica como fuente de energía; De esta manera se explica el descenso de los carbohidratos degradado por estos organismos en cada una de las etapas del proceso de biodegradación.

Los hongos juegan un mayor papel en la descomposición de la materia orgánica; Donde la relación hongo - bacteria genera un balance esencial para la degradación de los carbohidratos y aminoácidos en las muestras (Kohlmeyer, et al, 1979). Esto hace suponer que la pérdida de biomasa y la disminución de los carbohidratos esta relacionada con la alta tasa de crecimiento de las bacterias y de los hongos (Figura 12).

2.3.2.2 Contenido de proteínas

En los resultados de proteínas, (Figura14, 15), se observa un comportamiento contrario al de los carbohidratos.- Se presenta un aumento progresivo de la concentración de proteína.

En el primer muestreo:

- El Bioensayo I Proteínas en el tiempo inicial es de 0,233 mg / g de peso seco y la los 15 días es de 0,255 mg proteína / g de peso seco

-
- El Bioensayo II en el tiempo inicial es de 0,233 mg / g de peso seco y a los 15 días es de 0,339 mg proteína / g de peso seco.

En el segundo muestreo:

- El Bioensayo I la concentración de Proteínas fué 0,258 mg / g de peso seco.
- El Bioensayo II la concentración de Proteínas fué 0,348 mg / g de peso seco.

En el último muestreo (Figuras 14 y 15):

- El Bioensayo I a los 98 días la concentración de Proteínas fué 0,497 mg / g de peso seco.
- El Bioensayo II a los 72 días la concentración de Proteínas fué 0,393 mg / g de peso seco.

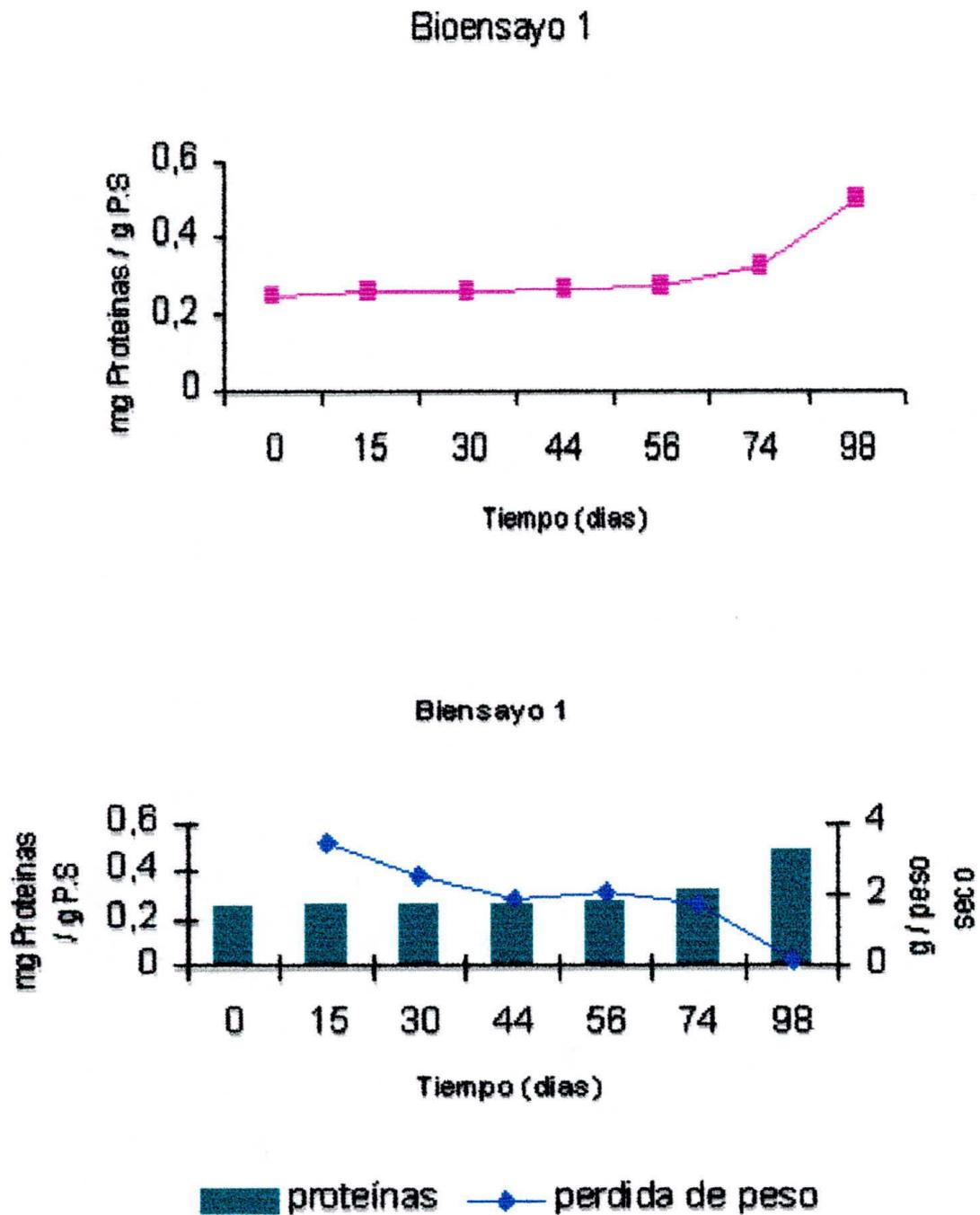


Figura 14. Comportamiento del contenido de las proteínas de las hojas secas durante la degradación en el bioensayo I

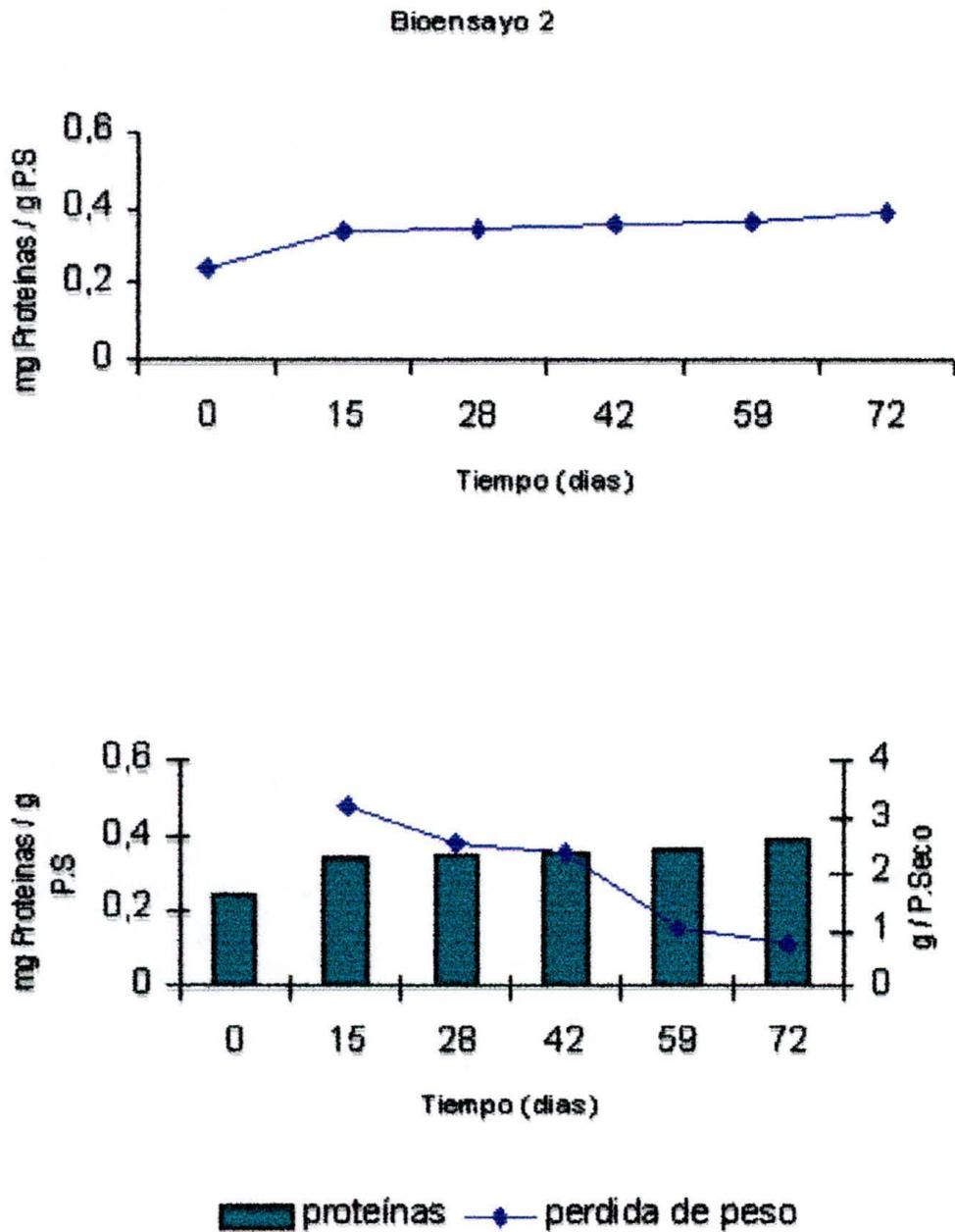


Figura 15, Comportamiento del contenido de las proteínas durante la degradación en el bioensayo

II

Según Odum y Heald (1975), las hojas de *R mangle* al caer tienen un porcentaje en peso, que aumenta gradualmente en la medida que transcurre el proceso de degradación y no queriendo decir esto que halla un incremento de proteína vegetal; este aumento se refleja al observar como aumentan las proteínas en la medida que existe pérdida de biomasa (Figura 14,15)

Un comportamiento de descenso leve, similar al de los carbohidratos sufre las proteínas. Las bacterias dominan el proceso de regeneración, en los cuales los compuestos orgánicos de nitrógeno son convertidos a especies inorgánicas de nitrógeno y eventualmente a nitratos (Riley, et al, 1989).

En el proceso de biodegradación se observa que la biomasa disminuye al pasar el tiempo y al mismo tiempo están descendiendo los carbohidratos, sin embargo las proteínas presentan un aumento progresivo a aumentando de así la calidad del material foliar para los consumidores (Figura 16)

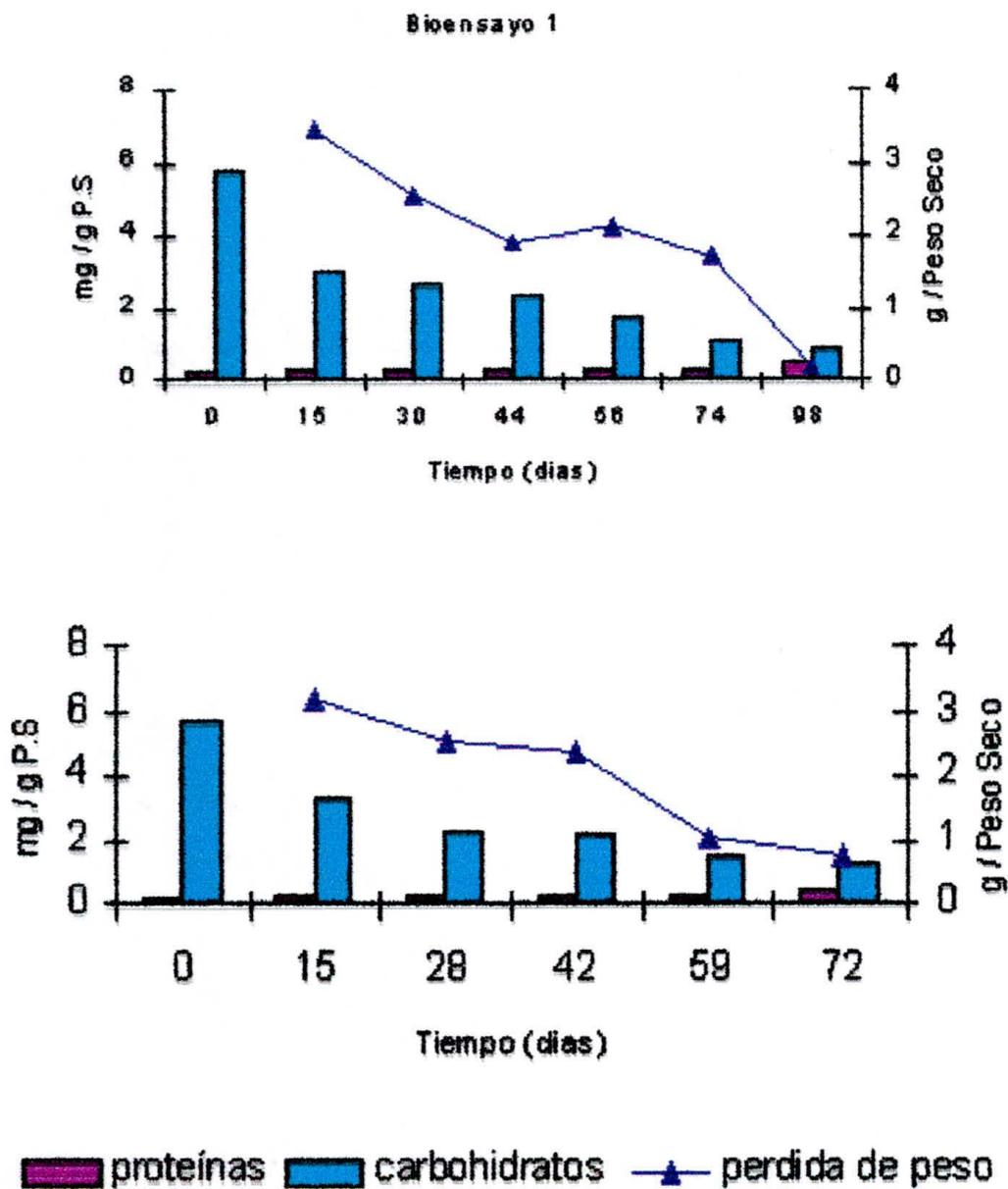


Figura 16. Comportamiento del proceso de degradación en el bioensayo I y el bioensayo II.

2.3.3 Tasa diaria de biodegradación

Los valores de tasa diaria de biodegradación se obtuvieron de la fórmula matemática, $T_d = \text{Peso remanente} / \text{Tiempo de exposición}$. Los resultados obtenidos fueron los siguientes

Durante el muestreo 1, la tasa de descomposición a los 15 días, no muestra diferencias entre el bioensayo I (0,23 g / día), y el bioensayo II (0,21 g / día)

En el segundo bioensayo entre los 30 y 28 días respectivamente, la tasa diaria de biodegradación fue de 0,085 g / día para el bioensayo I y 0,091 g / día para el bioensayo II.

Para el siguiente muestreo a los 14 días del anterior muestreo, la tasa de descomposición para el bioensayo I fue de 0,043 g / día a diferencia del bioensayo II cuyo valor fue de 0,059 g / día.

En los siguientes muestreos el comportamiento de las tasas diarias fue disminuyendo en los dos bioensayos hasta los 74 días de exposición, se muestra en la Figura 17 el comportamiento indicado.

La tasa de descomposición promedio fue de 0,073 g / día para los dos bioensayos, con una desviación estándar de $\pm 0,076$ g para el bioensayo I y $\pm 0,073$ g para el bioensayo II (Figura 17).

Solo una cantidad muy pequeña de la biomasa de las macrófitas se convierte en "pasto" de los herbívoros. Es de esperar por lo tanto que un 80% o más de la biomasa entre en el proceso de descomposición de la materia orgánica, esto implica la producción de una gran entidad de nutrientes, que necesariamente participan de nuevo en un proceso de producción de nueva materia orgánica (Odum, 1995).

Este hecho ha llevado a varios autores a investigar la suerte de los nutrientes, encontrando que la mayoría hace parte de nuevo de la biomasa y que en el agua existe cantidades relativamente pequeñas de nutrientes en estado libre (Estéves, 1988; Menezes, 1984. Citados en Roldan, 1992; Odum *et al.*; 1997).

Los valores encontrados demuestran que en las dos primeras semanas (15 días iniciales de exposición), se presentó la mas alta tasa de biodegradación, lo que estaría asociado al establecimiento de comunidades de organismos, disponibilidad de sustancias orgánicas, (según los estudios de Ogura, 1972; Fell *et al.*, 1975) a las buenas concentraciones de oxígeno (según Sommaruga,1996) y la renovación del agua, ya que el grado de intercambio de agua afecta sustancialmente la tasa de biodegradación (Pool *et al.*, 1975).

Heal (1980), atribuyó al pastoreo por anfípodos las tasa más elevadas de degradación en aguas salobres y saladas; Zamorano,(1983), encontró que la salinidad es un factor que afecta el proceso de biodegradación de las hojas de mangle. Sin embargo las concentraciones de salinidad en el sitio donde se realizó

el estudio fueron bajas (0 - 0.1) en ambos bioensayos durante los días en que fue mayor la tasa de biodegradación (a los 15 días), no afectandola tasa de biodegradación de las hojas secas de *E. azurea*.

Es de gran significado funcional para los ecosistemas acuáticos las alteraciones en la composición química de las partículas de detrito que ocurren durante los procesos de descomposición (Estéves y Barbieri, 1983)

Durante la descomposición del material vegetal, inicialmente bajo en proteínas, es transformado en partículas de detrito con altos niveles de proteínas de origen microbiano. En este proceso los almidones y azúcares se oxidan al mismo tiempo que ocurre un aumento en las proteínas de origen microbiano, por esta razón la calidad del material foliar aumenta como fuente de alimento durante la degradación (Heald, 1980)

En la figura 18, se logra observar que durante los dos bioensayos la tasa de biodegradación presentan las mismas tendencias, revelando que es mayor durante los primeros quince días (0.23 y 0.21 g/día), estos valores están asociados a la pérdida de peso y simultáneamente a los descensos en las concentraciones de los carbohidratos (figura 19)

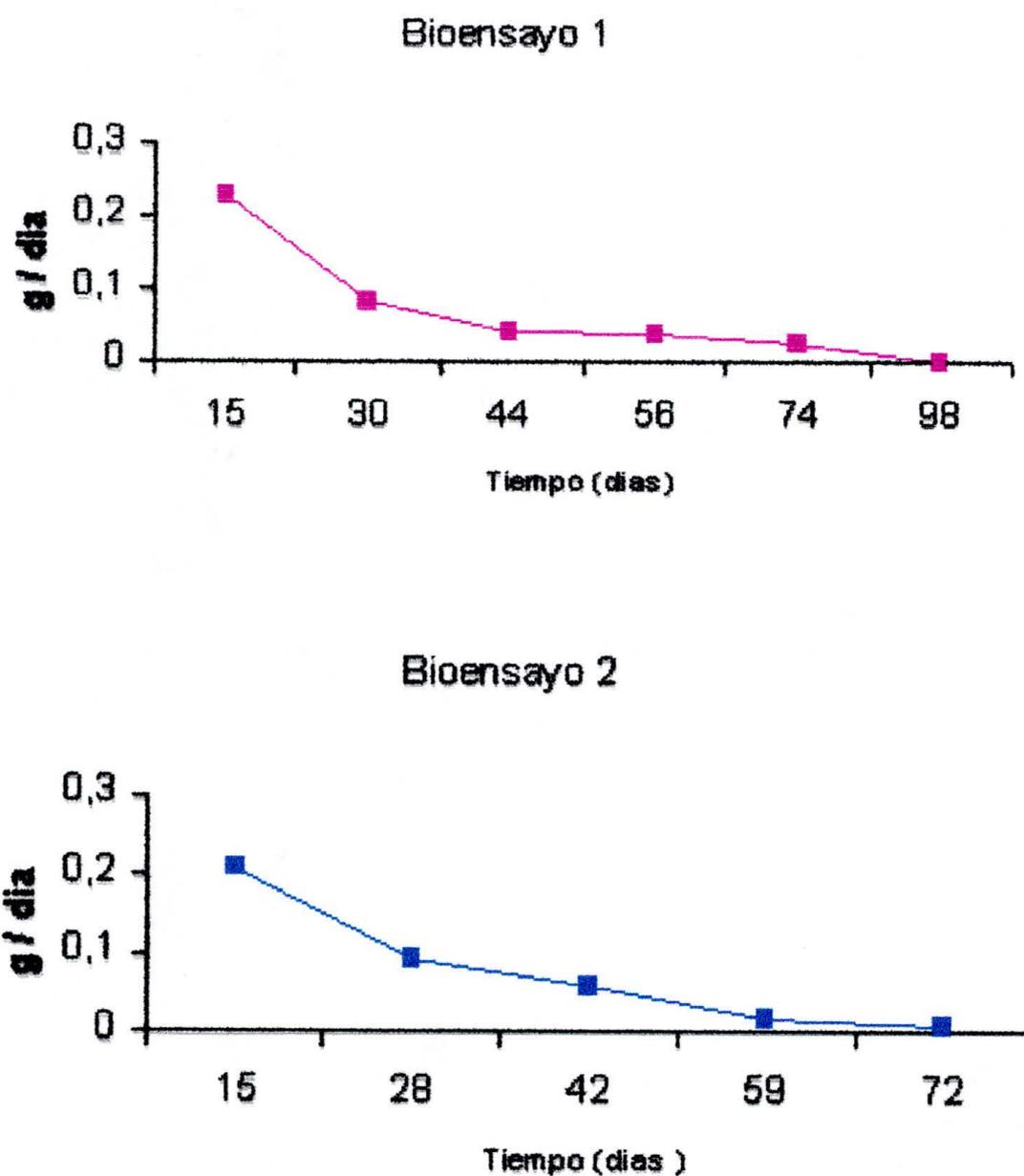


Figura 17. Tasa diaria de biodegradación de las hojas de *E. azurea* durante los dos bioensayos

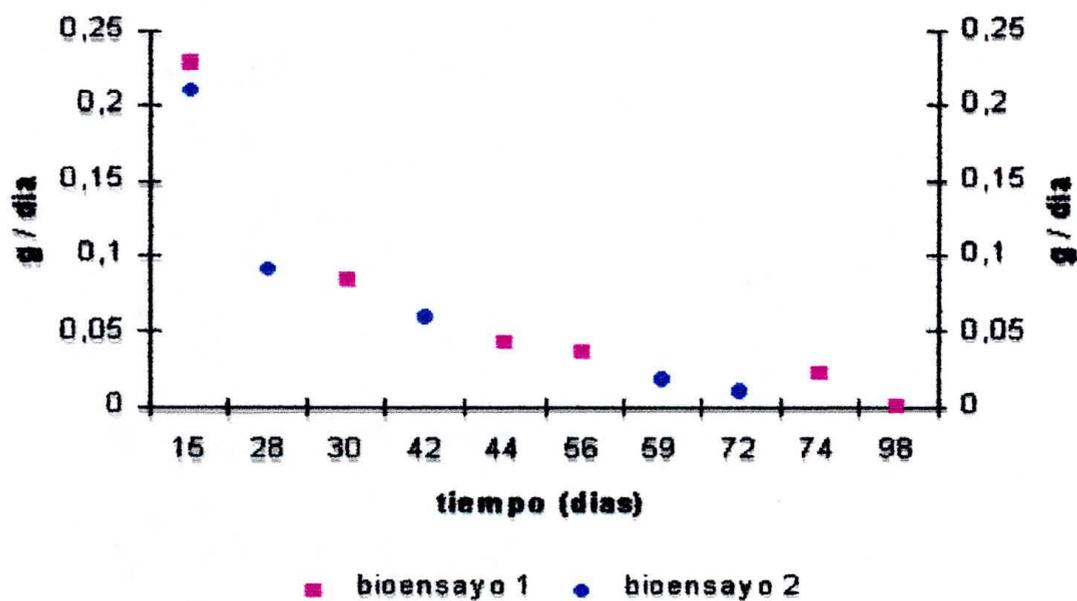


Figura 18, variación de la tasa de biodegradación para los dos bioensayos

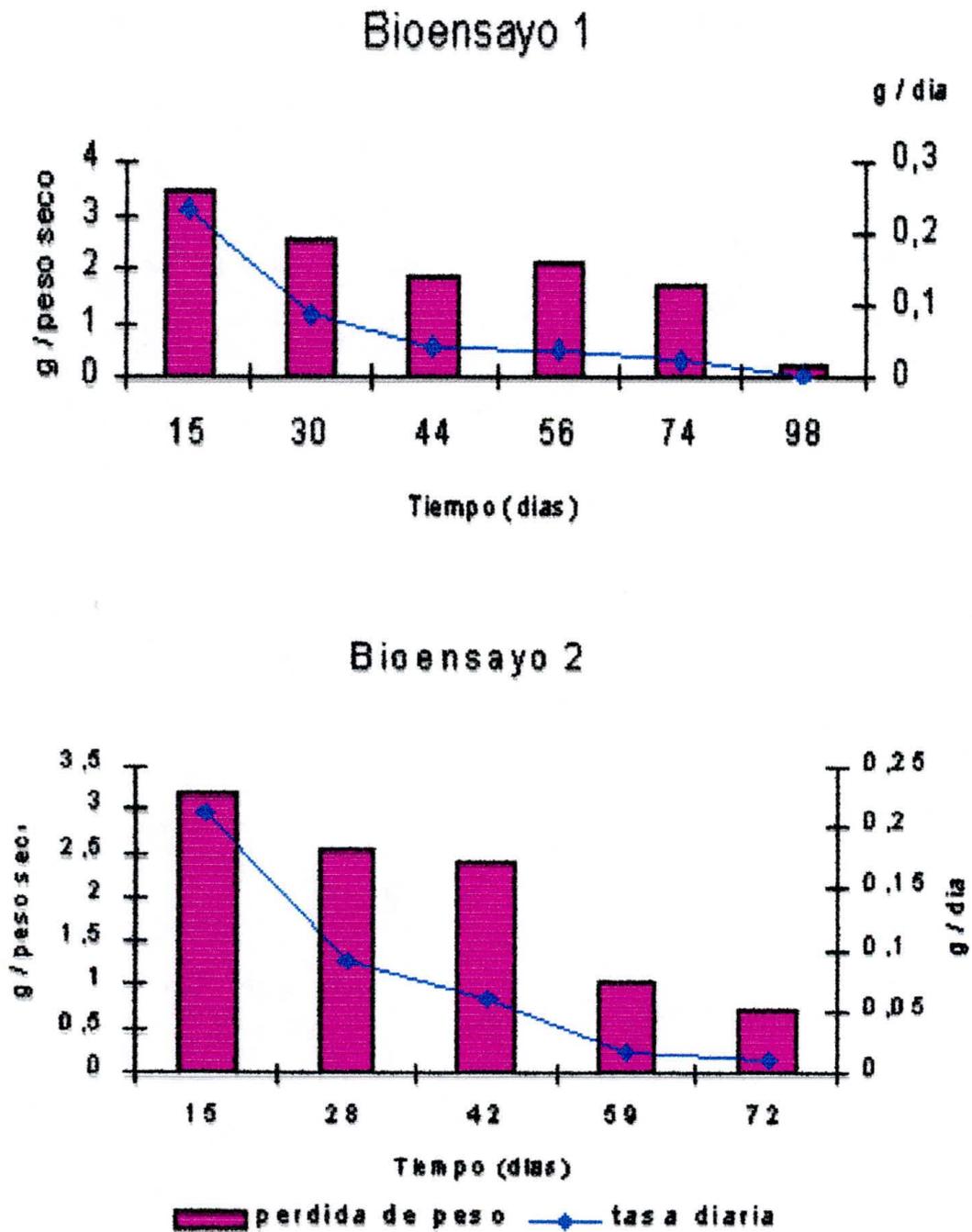


Figura 19, Comportamiento de la tasa de biodegradación en la medida que existe pérdida de biomasa a través del tiempo, durante los dos bioensayos.

2.3.4 Análisis de regresión y coeficiente de correlación

El análisis de regresión aplicado a los resultados obtenidos de la tasa de biodegradación de ambos bioensayos, se ajustaron a un modelo matemático (ANEXO F Y G):

$$D = 0.335 + 0.199 * (X) - 8.365 * 10^{-6} (X^{-3}).$$

Aplicando el programa estadístico Table Curve. El cual estableció que a los 98 días de la descomposición es menor la paridad de biomasa de las hojas secas de *E. azurea*, y por lo tanto la tasa se hace lenta (Figura 16)

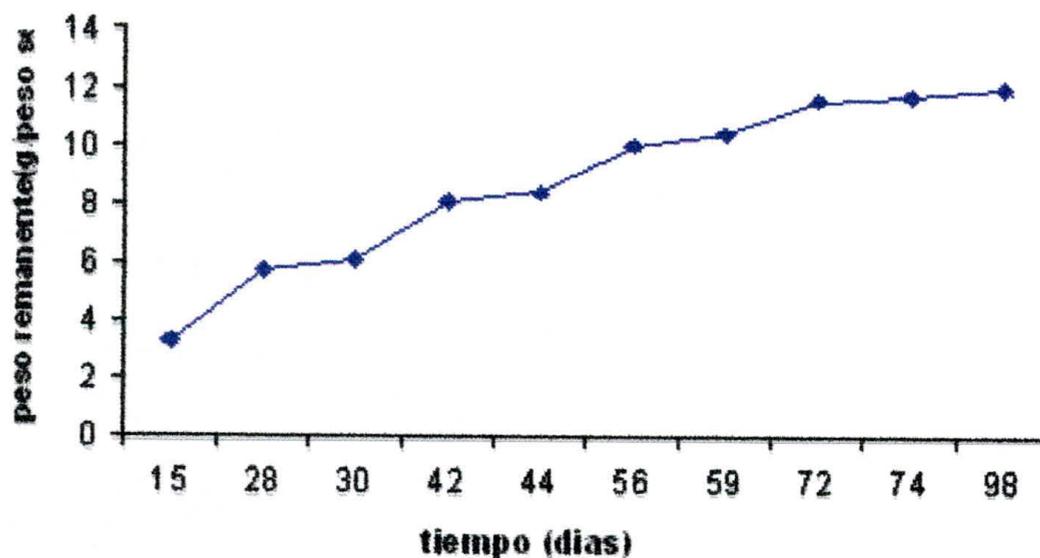


Figura 20. Resultados de peso remanente aplicando el modelo matemático, utilizando los mismos tiempos de los muestreos.

Los análisis de correlación, muestran que la correlación del contenido de los carbohidratos resultó mejor (coeficiente de correlación 0.995) que la pérdida de peso (coeficiente de correlación 0.969), y el contenido de las proteínas (coeficiente de correlación 0.949).

Los resultados obtenidos, así como las referencias encontradas en la literatura sobre este tema señalan la necesidad de considerar la influencia de otros factores tal como la lignina y los nutrientes (Taylor *et al*, 1989), para explicar la velocidad de degradación de las hojas de *E. azurea*. (ANEXO E)

3. CONCLUSIONES

El proceso de biodegradación de las hojas secas de *Eichhornia azurea* en el PNN Vía Isla Salamanca es más acelerado durante las dos primeras semanas (15 días) de expuesto el material, con un promedio para los dos bioensayos de 0,073gr/día, posteriormente la tasa de descomposición se hace más lenta hasta que concluyen los bioensayos. Situación que puede estar asociada al establecimiento de comunidades de microorganismos, disponibilidad de sustancias orgánicas y el grado de intercambio de agua afecta sustancialmente la tasa de descomposición (Heald, 1980)

Las diferencias entre pérdida de peso de las hojas secas de *Eichhornia azurea* se observaron al transcurrir el tiempo en cada uno de los bioensayos, siendo mayor durante las dos primeras semanas, posteriormente la pérdida de biomasa es menor pero continúa.

Este comportamiento obedece a una ecuación, $(D=0.335+0.199(x)-8.36*10^{-6}(x^3))$, que establece que a los 98 días de expuesto el material vegetal la pérdida de biomasa es menor.

Durante los procesos de biodegradación, se refleja que el contenido de los carbohidratos es directamente proporcional a la pérdida de peso e inversamente proporcional al contenido de proteínas, sin embargo este último el aumento que se presenta es proteína microbiana.

Esto demuestra lo establecido por Ogura 1972; Estéves et al, 1988; Roldán 1992. Que el proceso de descomposición y fragmentación de las hojas y su conversión en partículas de detrito hacen disponible la materia orgánica que se produce a los organismos consumidores. Este proceso se inicia con la autólisis o rompimiento de las estructuras celulares lo cual libera del interior del material foliar constituyentes solubles (principalmente carbohidratos y otros minerales).

Este material soluble es exportado rápidamente y constituye una de las contribuciones de materia orgánica de las macrófitas al sistema.

El presente estudio describió la velocidad y los procesos de la descomposición de las hojas secas de *Eichhornia azurea* en el PNN Vía Isla Salamanca sector "los Cocos" contribuyendo a un mayor entendimiento de los procesos biológicos que ocurren en este ecosistema.

4. RECOMENDACIONES

- Se debe continuar realizando este tipo de estudios tanto *in situ* como *in vitro*, con otras especies de macrofitas, para observar si el material se está degradando en igual velocidad y tiempo.
- Monitorear mejor las condiciones ambientales durante un año continuo de muestreos y como afectan y sus efectos en el proceso de degradación.
- Se deben revisar en detalle y realizar inventarios de las diferentes comunidades de organismos asociados al material degradado.
- En cuanto a la metodología en campo, sería mejor hacer más replicas por muestreo dado que se presentan daños en las bolsas al final de los bioensayos.

5. BIBLIOGRAFÍA

ARRIVALLAGA, C.A Y ARREDONDO, J. L., 1978. Una revisión sobre potencial de las macrófitas acuáticas en la acuicultura. *Universidad y Ciencia* 4(8):55-67 p.

BARBIERAI, R y F. De A. Etéves; 1991. The chemical composition of aquatic macrophytes species and implication for the metabolism of a tropical locustrine ecosystem lób reservoir, sao Paulo, brazil; *hydrobiology* 213: 133 - 140

BLANCO, J. A., 1988. Las variaciones ambientales estacionales en las aguas costeras y su importancia para la pesca en la región de Santa Marta, Caribe Colombiano. Tesis M.Sc., Biología Marina,. Universidad Nacional de Colombia – Invemar. Santa Marta. S. Ó. P.

BERMÚDEZ, G., 1997. Malezas más comunes en Colombia (Taxonomía). Edit promedia Santa fe de Bogotá D.C ,149 p.

BOYD, C.E., 1970. Vascular aquatic plants for mineral nutrient removal from polluted waters. *Ecom. Bot.* 24: 95 - 103

BLUM, K. I., A. V. MILL, J.C. ZEMN, R.T.ZIEMAN, 1988. Abundancia de bacterias y hongos en fanerógamas y manglar. *Maine Ecology. Pogress series*. Vol. 42:73-78 p.

CARMONA. G., 1979. Contribución al conocimiento de la Ecología del plancton de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Tesis Profesional, Dpto. de Biología, Universidad de Antioquia, Medellín. 161 p

CINTRON, G., 1981. El manglar en la costa ecuatoriana, informe técnico. Departamento de Recursos Naturales. Gobierno de Puerto Rico. 37 p.

CINTRON, G y Y. SCHAEFFER – NOVELLI. 1983. Introducción a la ecología de manglar. Oficina Regional de Cienc y Tecn de la UNESCO para América Latina Y El Caribe. Rostlac, Montevideo

CORPAMAG. Estudio de Impacto ambiental del proyecto obras de Rehabilitación de la CGSM. Santa Marta, 1993 (9)

CORPES C.A., 1992. El Caribe Colombiano, Realidad Ambiental y Desarrollo. Santa Marta – Colombia. 780 p.

CUNDELL, A. M., M. S, BROWN, R. STANFORD Y R. MICHELLE. 1979. Degradación microbiológica de *R mangle* , en las hojas inmersas en el agua estuarina 9:281- 286 p

DÍAZ, J. M., 1990. Estudio Ecológico integrado de la zona Costera de Santa Marta y PNN Tayrona. Invermar. Informe Final. Santa Marta, 440 p.

DISTER, EMIL Y GARCIA LUIS CARLOS (1984) ökalogische aspekte beim ausbau des río magdalena. Biogeografía 19: 45 – 56 P.

ESLAVA, J. V. LÓPEZ y G. OLAYA, 1986. Contribución al Conocimiento del régimen térmico y pluviométrico de Colombia I. G. A C. Col. Geogr. 12(2): 53 – 118.p.

ESTÉVES. F., 1988. Fundamentos de limnología. Ed. Interamericana. FINEP. Brazil. 574 p.

FELL, J W, I M MASTER y A. S. TALLMAN. 1975., Actividad Microbiológica en las hojas de mangle (*R. mangle*), Leaf De trial System en G. Walsh, S. Sndaker y H. Teaseds. Vol. 2, 661 – 679 p.

GARCIA. L. L. C. Y, E. DISTER 1990. La planicie de inundación del medio – bajo Magdalena: restauración y conservación de habitat. Interciencia vol 15 (6). 396 – 410 p.

GARCÉS, D; S. ZERDAS,. 1994. Gran libro de los Parques Nacionales de Colombia. Edit Intermedio. Santa fe de Bogotá. Colombia, 226 p.

GIERSBERG, R. M, V.B.ELKIN, S. R, LYION, Y L. GOLDAM, 1986. Role of aquatic plants in wasterwater treatment by atificial wetlands. Wat. Res, 20 (3): 363 – 368 p

GIRALDO, H. R. Y D. J. RODRÍGUEZ, 1997. Métodos estadísticos aplicados a la investigación biológica. Manual del curso de capacitación efectuado en Santa Marta. 97 p.

HEALD, 1971. Producción del detrito orgánico en un estuario al sur de la florida. Sea Grant tecn. Bull N° 6 university of Miami, 110 pp.

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI (1973): Monografía Del Departamento Del Magdalena. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAG) 164 P. Bogotá.

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI (1975): Aspectos Geográficos De La Cuenca Magdalena – Cauca. Instituto Geográfico Agustín Codazzi; 164 P.

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI INDERENA, CONIF (1984): Bosques De Colombia. IGAC, 206 P.

KARPISCAK, M.M., F, K. HOPE, S.B., S.B., Y WARSHALL, P.J., 1992. Using water hyacinth *Eichhornia crassipes* to treta waste water. Arid lands newletter (32): 6 – 12 P.

LANCELL.H.G. 2001. Aspecto De La Descomposición De Las Hojas De *Copernicia labra* (pluma blanca) En Agua En Relación A La Concentración De Carbono Y Nitrogeno Unne. Argentina

LUGO, A. E., 1980. Mangrove ecosystems: Successional or steady state. *Biotropica*. 12 (2): 65 – 73 p.

MARGALEF, R., 1989. Ecología, Edit Omega, Barcelona, 951 p.

MATTEUCCI; S, D. Y A. COLMA., 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Secretaria general de la Ó E A. Programa Regional de Desarrollo científico y tecnológico. Washington, D.C. Serie Biología, Monografía. Nº 22. 168p

OCHOA. G. G., 1988. Algunas características funcionales del manglar de la C.G.S.M, con énfasis en *R mangle* y *A germinans*. Tesis de Biólogo Genético. Universidad del Valle. Facultad de ciencias. 142 p

ODUM, E.E. Y E.J.HEALD. 1975. the detritus. Based food web o fan estuarine mangrove community. 265 – 258 p.p.

OGURA N., 1972. Rata and extent of decomposition of dissolved organic matter in surface seawater. Inc. *Marine Biology*., (3); 89 – 93 p.

OSTER, R., 1979. Las precipitaciones en Colombia. I G A C. Geografía Colombiana. 6(2):7 – 144 p.

ORTIZ, V. A, E. AVILLA, H. Y L. AVILLA., 1990. Crecimiento, productividad foliar biomasa de *Thalassia. testudinum* de la Costa sur Oriental de la Isla Grande (Cartagena, Colombia). En: Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar Cali – Colombia; 275 – 283 p.

PEARSONS T R, Y MAITA, C M, LALLI, 1984. A manual of chemical and biological methods for sea water analysis. Edit PERGAMON PRESS. 171 p.

POI DE NEIFF, A. Y D. SOLIS DE CHIOZZA 1994; aporte de la plantas de *Eichhornia crassipes* a la acumulación de materiales orgánicos e inorgánicos; Rev. Hidrobiología. Trop. 27 (4) 329 - 335

POI DE NEIFF, A. Y S, L. CASCO; 2001. Caída de hojas, descomposición y colonización por invertebrados en palmares de la planicie de inundación del río Paraná (Chaco, Argentina). (En prensa)

PRO-CIENAGA. 1994. Estudio de Impacto Ambiental. Informe final. "reapertura de canales en el Delta exterior derecho del río Magdalena. Santa Marta .

ROLDAN, G. 1992. Fundamentos de limnología neotropical. Ed. Universidad de Antioquia. Medellín-Colombia, 509 p

-
- RODRÍGUEZ, R., 1997. Valor nutritivo de la Bora; *E. crassipes* (Mart). Solms con relación a su utilización como forraje. *Zootecnia tropical*. Col (5) : N° 1
- SANCHEZ, H. hacia la saturación del PNN Isla de Salamanca. *TRINEA. Act. Cient. Tecn. Inderana* (2): 505 – 527. Bogotá. 1988.
- SNEDEKER S., 1975. Seminario sobre Ecología de manglares. Resúmenes departamento de Biología Universidad del Valle, Colombia.
- SOMMARUGA, R. CROSA, D MAZZCO, N. 1996. Estudio de la descomposición de la *Pistia strtiotes*. En Uruguay. *Revista hidrobiología*. 1988. N° 2, 263 – 272 P.
- TAYLOR, B, R, PARKINSO, D. and W. F.J. Parsons. 1989. Nitrogen an lignin content as predictor of litter deca/rates: a microcosm ms test; *ecology*, vol. 70, N° 1
- TWILLEY, R, R., A. E. LUGO Y C. PATTERSON – zucca. 1986 litter production and turnover in basin mangroves forest in south west Florida. *Ecology*, 67 (3); 670 – 682 p.
- WEDLER, E., 1998. Introducción en la acuicultura, con énfasis en los neotropicos. Primera edición. Santa Marta, Colombia. 388 p.
- WELDON, L. W., R. H BLACKBORN,, Y S. D HARRISON,, 1973. Common aquatic weeds. Dover. Publications Inc, New York, 2 –10 p.

ZAMORANO; D. 1983. Productividad del manglar y su importancia para el pelagial de la Ciénaga Grande de Santa Marta, Tesis de Magíster en ciencias en el programa de biología marina, facultad de ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Santa Marta.

Consultas en Internet:

WWW.ecorganico.com.mx/Aceleradoresdescomposiciónhtm/

www.ideam.gov.co

WWW.unne.edu.ar/cyt/2001/5-agrarias/A-044.pdf

WWW.fao.org/WAICENT/faoinfo/agridult/gaap/frg/afris/español/documento/morena17.htm

WWW.pest.cabweb.org/index.htm

ANEXOS

Anexo.A: Valores del caudal registrados por el IDEAM para la cuenca baja del Río Magdalena

ESTACION CALAMAR – RIO MAGDALENA

tiempo (mes)	Q(m³/s)		% de afectación (*)
	media 1972 - 1998	media 2000 / 2001	
Enero(00)	6.677	9.707	45
Febrero	4.424	6.092	38
Marzo	4.076	6.020	48
Abril	4.820	5.715	19
Mayo	6.716	6.835	2
Junio	7.985	8.420	5
Julio	7.799	8.902	14
Agosto	7.250	8.164	13
Septiembre	7.422	8.525	15
Octubre	8.473	9.352	10
Noviembre	9.768	9.594	-2
Diciembre	9.618	9556	-4
Enero (01)	6677	5195	-22
Febrero	4424	2920	-34
Marzo	4076	3248	-20
Abril	4820	3750	-22
Mayo	6716	4498	-33
Junio	7985	5888	26

Anexo.B: Valores de la variables físico químicas registrados por INVEMAR en el periodo 2000- 2001 Caño Clarín – Palermo (CCP) y Boca Caño Clarin (BCL),

Estación	Fecha	Temperatura. °C	Oxígeno mgO ₂ /L	Profundidad m	Salinidad
CCP	Enero - 00	29.2	6.27	3	0
CCP	Febrero - 00	28.5	6.23	1.8	0
CCP	Marzo - 00	30	15.11	3	0
CCP	Abril - 00	29.7	10.19	2	0.1
CCP	Mayo - 00	30.9	12.7	3	0.1
CCP	Junio - 00	30.43	7.56	3	0.1
BCL	Septiembre - 00	29.6	5.6	3	0
BCL	Noviembre - 00	29.45	8.23	4.16	0
BCL	Febrero - 01	28.65	-	1.3	0
BCL	Mayo - 01	29.5	10.44	1.82	0
BCL	Junio - 01	31.5	9.84		0
BCL	Julio - 01	29.5	9.11		0
BCL	Agosto - 01	29.8	6.46		0

Anexo.C: Valores de las variables físico – químicas registrados en cada uno de los muestreos en el sitio de estudio, durante el bioensayo I

Fecha	Temperatura °C	Profundidad mts	Oxígeno mg/l
27 – 10 – 00	28.5	0.75	7.8
11 – 11 – 00	26.7	0.73	6.8
25 – 11 – 00	29.5	0.78	6.5
9 – 12 – 00	29	0.78	7.8
22 – 12 – 00	28	0.68	6.6
8 – 1 -01	29	0.60	6.0
2 – 2 – 01	30	0.55	6.3

Anexo.D: Valores de las variables físico – químicas registrados en cada uno de los muestreos en el sitio de estudio, durante el bioensayo II

Fecha	Temperatura °C	Profundidad mts	Oxígeno mg/l
18 – 5 – 01	28.5	1.01	9.22
2 – 6 – 01	29	0.74	8.41
16 – 6 – 01	28	0.98	9.0
30 – 6 – 01	30.5	1.0	7.8
17 – 6 – 01	29.5	0.76	6.9
30 – 7 – 01	30	0.70	6.2

Anexo.E: Correlación lineal simple en peso remanente, carbohidratos y proteínas de las hojas de *Eichhornia azurea*, para los bioensayos I y II.

Variable dependiente	Variable independiente	Ecuación estimada	R	Fse
Peso remanente	Tiempo	$Y = a + b \cdot X + cX^3$	0.9695	0.938
Carbohidratos	Tiempo	$Y = a + b \cdot X$	0.9950	0.508
Proteínas	Tiempo	$Y = a + b \cdot X$	0.9489	0.054

Anexo.F: Análisis de regresión simple para el contenido de carbohidratos en la degradación de las hojas de *Eichhornia azurea*.

Variable dependiente: carbohidratos

Variable independiente: tiempo

Parámetro	Estimado	Error estándar	T	P
Tiempo	3,73431	0,209679	17,8096	0,0000
Error	-0,0346768	0,00387441	-8,9502	0,0000

Anexo.G: Análisis de regresión simple para el contenido de proteínas en la degradación de las hojas de *Eichhornia azurea*.

Variable dependiente: proteínas

Variable independiente: tiempo

Parámetro	Estimado	Error estándar	T	P
Tiempo	0,25241	0,0222982	11,3197	0,000
Error	0,00166395	0,000412021	4,0385	0,0004