

## I. INTRODUCCION

Los manglares son ecosistemas naturales valiosos, que enfrentan alteraciones graves que afectan sus estructuras y existencias, debiendo rescatarse de la extinción para garantizar la obtención de sus servicios al medio y asegurar su influencia en la productividad acuática. En México, como en muchas de las naciones en desarrollo, el nexo íntimo y vicioso entre la pobreza y el deterioro de los recursos naturales, como los manglares, ha infringido un daño severo a la economía, que es necesario romper y revertir (Moctezuma, 1998). Las reformas económicas impuestas a los países en desarrollo han cambiado exitosa y significativamente las expectativas de muchas naciones, sin embargo, en algunas otras naciones la pobreza se ha exacerbado, trayendo consigo una falla en el crecimiento por falta de criterios ambientales en las estrategias macroeconómicas (acceso al crédito, tecnología e información), importantes para mejorar la calidad de vida y alcanzar una eficiencia genuina y efectiva (Reed y Sheng, 1998), ocasionando que la población mine su capital natural en aras de la sobrevivencia, alterando directa y negativamente la calidad y cantidad del agua, aire, vida silvestre, suelos y bosques, perdiendo su capital productivo al erosionarse la salud y el poder laboral (Fulai, 1997; Epstein, 1998).

Un efecto de la sobre-explotación de los recursos naturales es la pérdida de diversidad biológica (Biodiversidad) la que está ocurriendo a través de todos los ecosistemas, incluyendo a los manglares, así como sus formas de vida y cuyas causas más probables son la alteración y pérdida del hábitat, el sobre-pastoreo, la introducción de especies y enfermedades, así como la contaminación y el cambio climático. A escala mundial la alteración del hábitat es la causa primaria de la pérdida de biodiversidad, ya que la modificación del suelo y los hábitats acuáticos para uso humano, que implica la transformación y destrucción directa, fragmentan el hábitat y reducen la complejidad del ecosistema (WWF, 1996; Stedman-Edwards, 1997).

La amenaza del cambio climático sobre los manglares parece ser real (Sánchez, 1999), pues estos ecosistemas se encuentran en la línea frontal del fenómeno debido a su ubicación en las franjas costeras tropicales del mundo donde la elevación en el nivel del mar, de aproximadamente 6 cm por década, aunado al aumento en la frecuencia y poder de los huracanes, patrones de lluvia y escurrimientos, así como periodos de sequía e incendios, erosionan y destruyen constantemente los bosques (Stedman-Edwards, 1997). Aunque teóricamente el incremento en el nivel del mar debiera representar una expansión de los manglares, debido a la mayor penetración de las cuñas salobres hacia el interior de los continentes a través de los ríos, la superficie ocupada ha disminuido más del 50 % a escala mundial (Rzedowski, 1983; Blasco, 1988), debido por un lado a la falla para adaptarse o migrar exitosa y oportunamente, así como los efectos de la explotación irracional, a pesar de estar protegidos legalmente, tanto nacional como internacionalmente (Lot Helgueras *et al.*; 1974; Cintron y Schaeffer-Novelli, 1983; LGEEPA, 1996). Los efectos combinados de los fenómenos ya citados, han repercutido en la extensión que ocupan los manglares mexicanos, a una superficie menor a las 600,000 ha, donde las obras de los puertos de altura, salineras, construcción de granjas camaroneras y represamientos para almacenar agua dulce, entre otros, son algunos factores que han contribuido al deterioro y a la destrucción parcial o total de estas comunidades, aún por encima de su importancia y estrecha relación con la productividad pesquera, forestal, los ciclos hidrológicos, así como a la diversidad general de flora y fauna acuática.

Particularmente, los manglares de este estudio ocupan los márgenes de las lagunas costeras de la cuenca baja de la desembocadura del Río Pánuco, así como de los esteros, lagunas interdunales y marismas aledañas, constituyendo un manglar intermedio entre los del sur y del norte, que influyen directa e indirectamente en gran parte del comercio pesquero de la zona conurbada de Tampico, así como en la precaria situación económica de los pescadores, ya que la madera del mangle se utiliza para construir habitaciones, cimbras, cercos, artes de pesca, muelles y leña, entre otros (Rzedowski, 1983; Hernández *et al.*, 1991). Además, los mangles son el principal hábitat natural de muchas especies de aves acuáticas, tanto protegidas

legalmente como de valor comercial y cinegético. Durante 1994 parte de la extensión de los manglares del municipio de Tampico quedaron incluidos dentro de una zona de protección ecológica municipal (Gob. Edo.Tam., 1994), restringiendo los cambios en el uso del suelo que afecten su conservación. Sin embargo, a pesar de esta iniciativa gubernamental de importancia, en algunas partes de la zona conurbada de Tampico se siguen creando áreas industriales, asentamientos irregulares por la invasión de tierras con manglar o se practica la ganadería extensiva aún por encima de estas disposiciones. Todo lo anterior pone de manifiesto que los manglares de la zona son un recurso potencial económico y ecológico de gran valor, al que no se ha dedicado una atención y manejo adecuado para lograr un aprovechamiento racional y sostenible.

Aún cuando los valores agregados son abundantes, muy pocos estudios e investigaciones se han encaminado hacia el conocimiento y el entendimiento de las funciones de este ecosistema, por lo que el presente documento expresa el avance logrado hasta el momento sobre la diversidad biológica y el estado actual de conservación del ecosistema, a través del conocimiento de los parámetros y dinámica poblacional, las características fisicoquímicas de suelos y aguas, los factores que afectan la estructura, los mecanismos de dispersión y establecimiento de las plántulas bajo las condiciones actuales, así como los parámetros de crecimiento de las especies aprovechadas económicamente, las de importancia forrajera y el análisis del efecto de contaminantes sobre la productividad del ecosistema, todo esto con la finalidad de proponer un plan de manejo que permita mejorar el estado de estos ecosistemas.

## **II. OBJETIVO GENERAL**

Determinar el estado de conservación actual de manglares locales, mediante la cuantificación de la composición florística, estructura, dinámica poblacional y parámetros de crecimiento desde un punto de vista de silvopastoril, forestal y ambiental, con el fin de proponer un Plan de Manejo Sostenible que permita un adecuado uso y aprovechamiento a través de medidas para la conservación y protección de estos ecosistemas.

### ***Objetivos particulares***

- 1) Determinar el estado actual de los manglares en términos de existencia en diferentes zonas ecológicas en los límites de Tampico (Tamaulipas) y el estado de Veracruz.
- 2) Determinar la estructura de las comunidades vegetales de acuerdo a la metodología aplicada por Sorensen (1948) mediante el cociente de afinidad, para clasificar las comunidades como parte del mismo tipo de manglar.
- 3) Determinar la producción de hojarasca y madera, la edad del bosque, el volumen de madera aprovechable, la biomasa frutal y foliar, así como el valor nutritivo de las de uso forestal y forrajeras.
- 4) Definir los mecanismos y los factores que influyen en la dispersión de los propágulos de las especies de mangle presentes, así como las condiciones para el reclutamiento de las plántulas y la instalación de nuevos rodales.
- 5) Establecer las características fisicoquímicas de suelos y aguas que afectan a las especies tanto vegetales como animales en los manglares.
- 6) Definir criterios de manejo para controlar la influencia de factores fisicoquímicos y ambientales sobre los manglares, con el fin de optimizar tanto el uso y aprovechamiento sostenible de los recursos biológicos, como su conservación y proteger dichos recursos y el ambiente.

### **III. Hipótesis**

Los manglares de la zona de estudio es una comunidad en la que las acciones antrópogénicas son los factores que regulan los cambios en las características estructurales, de la productividad y la riqueza de especies de ésta comunidad y no los procesos que naturalmente controlan a esta comunidad, al grado que la afectación puede llevar a una disminución de su potencial productivo y su capacidad de regeneración y establecimiento.

## **IV. ANTECEDENTES**

### **4.1 Definición general e importancia de los manglares**

Identificados e incluidos en el concepto de humedales, definidos en el Artículo 1.1 por la Comisión Ramsar sobre los humedales de importancia Internacional (UNESCO, 1994) como... "las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de agua, sean estas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros"... (sic).

Los manglares son ecosistemas considerados tanto como zonas inservibles e insalubres, debido a su condición pantanosa, así como áreas de explotación de los recursos forestales y del suelo (Loa, 1994), condición que ha disminuido severamente las existencias en el ámbito mundial.

El entendimiento científico de humedal ha cambiado. Actualmente se reconocen muchos bienes y servicios derivados de estos ecosistemas, dentro de los que destacan su identificación como los "riñones" de los continentes debido a su intervención en los ciclos hidrológicos y por su aportación biológica por soportar grandes tramas tróficas y riqueza de biodiversidad (Mitsch y Gosselink, 1993; Barbier, 1997; Aksomkoe, 1995), resultado de la biotransformación de nutrientes que ingresan al ecosistema. Sin embargo, la calidad y cantidad de la información del estado de conservación, resultado de la evaluación sistemática de las condiciones de los humedales a escala global, dista mucho de ser una fuente fiable y completa, presentando incongruencias y lagunas apreciables especialmente para los manglares del tercer mundo. Por ello ha surgido la necesidad de poner especial atención en aquellos para los que existe poca o nula información o que están en un mayor riesgo de degradación y destrucción, en donde la participación de instituciones intergubernamentales como la Ramsar Wetlands Bureau (Bacon, 1997; Finlayson y Davidson, 1999 ) y otras semejantes pueden definir las estrategias para un manejo racional de estos ecosistemas.

A nivel mundial el manglar está considerado como una de las asociaciones vegetales acuáticas y subacuáticas que prospera principalmente en las orillas de lagunas

costeras, bahías protegidas y desembocaduras de ríos, con influencia de agua de mar, requiriendo típicamente un suelo profundo de textura fina y de agua salina tranquila y estancada (Lugo et al. , 1990). Es una comunidad boscosa que define la transición entre los ecosistemas terrestres y los marinos, compuesto por especies de plantas adaptadas a tolerar gradientes de salinidad en los ambientes estuarinos de las zonas tropicales del mundo, ya que poseen tejidos de alta presión osmótica y viviparidad (Quarto, 1999; Suman, 1994) entre otras adaptaciones.

A escala mundial los manglares son aprovechados para usos muy diversos, dependiendo tanto de su ubicación local, así como de las condiciones socioeconómicas de los países en donde se encuentran localizados. En general los manglares son valiosos en términos de sus valores de uso directo o indirecto (Bann, 1997b). Los valores de uso directo son los usos y productos derivados directamente de ellos, tales como leña, alimento (miel), productos medicinales, forrajes, materiales para construcción (madera, postes) y la industria (ceras), así como para sitios asentamientos humanos). Los valores de uso indirecto son los servicios ecológicos ofrecidos por los manglares para soportar indirectamente las actividades económicas, actuando como barreras naturales de la erosión costera, reduciendo los efectos de las tormentas y las inundaciones, manteniendo la calidad del agua, favoreciendo la conservación de la vida silvestre, así como soportando la producción de las pesquerías costeras (Anónimo d, 1998; Anónimo a, 1996; Suman, 1994; UNESCO, 1994), uno de sus valores económicos indirectos más importantes.

#### **4.2 Origen, distribución y extensión de los manglares**

Biogeográficamente se define que el origen del manglar es en la región Indo-malasia, al final del Cretácico Superior, fundado esto en la existencia de la mayor diversidad de especies de mangles en esta región que en cualquier otra. Debido a la presencia de propágulos y semillas flotantes los manglares pudieron dispersarse, llevados por las corrientes, desde la India hasta las costas de Africa oriental y América, arribando a Centro y Sudamérica durante el Cretácico Superior y el Mioceno Inferior, entre 66 y 23 millones de años atrás (Chapman, 1975; Quarto, 1999). Durante este tiempo manglares como *Rhizophora* y *Avicennia*, se dispersaron a través de todo el mar Caribe, cruzando

una ruta marina donde se ubica actualmente Panamá, atravesando el Mar de Tethys hasta alcanzar las costas del Pacífico americano. Esto quizá explica mejor porque los manglares de África occidental y América contienen menos especies similares a las de Asia, India y África oriental.

Los manglares se establecen en las costas tropicales y subtropicales, de África, Australia, Asia y América (Quarto, 1996; Aksornkoae, 1995), entre los 25° latitud norte y los 25° latitud sur. Sus límites en el hemisferio norte está entre los 25° - 32° latitud norte y en el hemisferio sur entre los 28° - 30°, hasta los 38°, muy cerca de la isoterma de los 16° C. Existen tres hipótesis que explican su distribución actual (Mitsch y Gosselink, 1993) fundadas en las limitantes del medio circundante, como a) la temperatura, b) la combinación de la temperatura y la salinidad del suelo y c) por la cantidad de tensesores que se presentan conforme aumenta la latitud.

En la región norte del golfo de México, la vegetación semejante a los manglares ha tenido una existencia continua desde el Paleozoico medio, aproximadamente 350 millones de años atrás. Aún cuando el record geológico de los manglares en esta región no es abundante ni continua a través del tiempo, los registros disponibles son valiosos en la determinación de la distribución prehistórica de estas especies (Sherrod y MacMillan, 1981 y 1985).

De este modo en la región de Norteamérica se ha registrado la existencia de *Amyleon* un género que posiblemente presentaba un crecimiento y hábitat semejante al que actualmente ocupa *Rhizophora*, además de posibles ancestros cretáceos de *Canocarpus*. *Avicennia* y *Rhizophora* solo se han registrado para el Mioceno y Pleistoceno y *Acrostichum* para el Eoceno, en los estados sureños de Estados Unidos de Norteamérica.

Los registros fósiles en la región del Golfo desde el Eoceno hasta hace 3000 o 4000 años atrás es muy escasa y sugiere que los manglares se erradicaron del área debido a un progresivo enfriamiento del clima restringiendo su presencia a zonas más ecuatorianas dentro del Caribe, desde donde se han dispersado en épocas más



calientes. El primer registro de *Avicennia* fue en el año de 1853.

La influencia de los cambios climáticos ha permitido la formación de dos diferentes poblaciones de *Avicennia* en el Golfo de México, respecto a su capacidad de adaptación al congelamiento, una muy sensible al congelamiento, localizada en las costas de México (occidental) y otra más resistente distribuida en las costas orientales de Florida y el Caribe, cuyas diferencias se observan en la característica de las Isoenzimas Fosfoglucomutasa (PGM) y la Fosfoglucoisomerasa (PGI) de la especie (MacMillan, 1986).

La existencia de los manglares está condicionado a la presencia de factores como el clima (precipitación promedio de 1,500-3,000 mm), iluminación (días largos y alta intensidad de luz solar completa), fisiografía costera (costas someras y lodosas, deltas estuarinos mareales), suelo (suelo inmaduros, maduros y orgánicos), vientos y tormentas (como agentes polinizadores y dispersores de semillas), nutrientes (orgánicos e inorgánicos), substrato lodoso, protección de refugios, agua salada, rango de marea alta, corrientes oceánicas (Anónimo b, 1995; Aksornkoe, 1995), factores ambientales que influyen en la ocurrencia, tamaño, composición de especies, zonación, características estructurales y funcionamiento del ecosistema mismo.

La información disponible actualmente no permite dar una cifra aceptable y más precisa de la extensión de los humedales, sin embargo, las estimaciones globales óptimas denotan extensiones indicativas (millones de has) como de: humedales de agua dulce naturales 570, arrozales 130, manglares 18.1 y arrecifes de coral 30-60 (Finlayson y Davidson, 1999)

Respecto a la superficie ocupada por los manglares existen muchas discrepancias en los datos, pero las estimaciones generales establecen que los manglares ocurren en 112 países alrededor del mundo. El patrón actual de distribución es el resultado de un amplio rango de factores históricos y actuales. El área total de manglares en el mundo es de aproximadamente 181,399 km<sup>2</sup>. La distribución de los manglares esta dividida en dos grandes zonas: una zona Este (Indo-Pacífico), comprendiendo el este de África, Sur de Asia y el Pacífico incluyendo las islas inferiores de Australia, la otra, la zona Oeste

incluye África Occidental, las costas de América y el Caribe (Aksomkoe, 1995; Anónimo b, 1995).

Los manglares cubren aproximadamente 3 cuartas partes desde las costas tropicales del mundo, a veces en conjunción con los arrecifes coralinos. Asia contiene la mayoría de las especies de mangle del mundo con 46%, seguido por América con 35% y África con 17% (Quarto, 1999; Anónimo c, 1996), estimándose que entre el 60% y 75% de las costas tropicales han estado cubiertas con manglares. Los valores de las extensiones estimadas de los manglares en el mundo se expresan en el cuadro 1.

**Cuadro 1. Superficies estimadas de los manglares a escala mundial.**

<b>Autor</b>	<b>País/zona</b>	<b>Área (Km<sup>2</sup>)</b>
McGuinness (1998), Clough 1999.	Territorios Noreños, Australia	4,150-4200
Aksomkoe (1995)	Asia Tropical	8,409,000 ha
Aksomkoe (1995)	CentroAmérica y México	1,485,000 ha
WCMC (1999)	México	5,246
Suman (1994)	México	14,202
Aksomkoe (1995)	Tropical Latin America	3,435,000 ha
Aksomkoe (1995)	Total América Tropical	6,337,000 ha
Aksomkoe (1995)	África Tropical	3,402,000 ha
Aksomkoe (1995)	Gran total	18,148,000 ha

En la costa del Golfo de México, los límites de distribución de *R. mangle* y *L. racemosa*, alcanzan los 23° 46' latitud norte. El género *Conocarpus* alcanza la parte norte de la Laguna Madre, sobre el paralelo de los 25° 30' latitud norte; mientras que el género *Avicennia* se extiende hasta el sur de Texas, comportándose como una especie resistente al congelamiento (Sherrod y MacMillan 1981, 1985), como se ha demostrado experimentalmente, ya que el descenso brusco y las bajas temperaturas son limitantes para la presencia de *R. mangle* y *L. racemosa* en latitudes mayores (Lee Sherrod *et al.*

1986). El mayor desarrollo en altura del manglar en estas costas es por debajo de los 25° latitud norte, mientras que el límite de los bosques bien desarrollados estructuralmente son los 21° 40' latitud norte, situándose alrededor de las márgenes de la Laguna de Tamiahua, en el norte del estado de Veracruz, México ( Lot Helgueras et al., 1974; Cintron y Schaeffer-Novelli, 1983).

En la costa del Golfo de México (18° 30' y 23° 47' latitud norte) de acuerdo con Lot-Helgueras *et al.* (1974) se ha observado un aumento gradual en la riqueza (densidad poblacional) de las especies a medida que disminuye la latitud. El clima que prevalece es más tropical y aumenta el aporte de agua dulce hacia los manglares. La formación del manglar típicamente tropical se inicia en laguna de Tamiahua (María Lucas), Tamiahua, Veracruz, a los 23° 02' y 21° 16' latitud norte, con la presencia de las cuatro especies de mangle ya citadas para las costas del Golfo de México.

#### **4.3 Biodiversidad del manglar.**

Los bosques tropicales son los más ricos en especie a escala mundial. En estos ecosistemas se han reportado hasta 225 especies de árboles por hectárea, valores que son equivalentes a encontrar una especie junto a otra en el mismo bosque. Bajo ciertas condiciones, la riqueza de especies decrece en los bosques tropicales, por ejemplo Hart et al. (1989) reporta que los bosques de Africa, dominados por una simple especie, poseen un promedio de 18 especies de árboles por 0.5 ha. Algunas pocas especies se establecen normalmente en los humedales de agua dulce, reportándose de 1 a 23 especies por hectarea, con promedios de 8.3 y 6 especies por hectárea para humedales dulces ribereños y de cuenca, respectivamente. Los manglares son los ecosistemas más pobres en diversidad de especies en general respecto a los trópicos y en ocasiones la lista no sobrepasa las tres especies (Lugo et al. 1988).

Los manglares son ricos en diversidad biológica, incluyendo muchas formas de flora y fauna, los cuales están especializados y bien adaptados a las condiciones únicas del ecosistema de manglar (Aksornkoe, 1995). Existen varias clasificaciones científicas de lo que se considera un manglar. La mayor diversidad de especies de manglares se presenta en el sudeste de Asia. De acuerdo con cifras científicas los manglares incluyen

aproximadamente 16-24 familias y 54-75 especies (Tomlinson, 1986; Quarto, 1999). Otras estimaciones establecen que hay cerca de 33 géneros y 79 especies de manglares en todo el mundo (Saenger et al., 1981; Aksornkoe, 1995), que incluyen 22 géneros y 62 especies de árboles, 6 géneros y 10 especies de arbustos, 3 géneros y 3 especies de palmas, 1 género y 3 especies de helechos y 4 especies de otros arbustos y árboles, de las cuales 59 son especies exclusivas y 22 no exclusivas (Aksornkoe, 1995). En Australia (Commonwealth of Australia, 1999; Storrs y Finlayson, 1997) se han reportado 36 especies, mientras que solo hay 12 especies de mangle en el Nuevo Mundo y solo 4 especies en las porciones costeras del sureste de los Estados Unidos de Norteamérica (Quarto 1999).

En México (Rzedowski 1983) los manglares constituyen una formación vegetativa compuesta por las especies *Rhizophora mangle*, *R. hamsonii*, *Avicenia germinans*, *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erecta*, conformando asociaciones de leñosas, densas, frecuentemente arbustiva o arborescente, de 2 a 25 m de altura, prácticamente sin estrato herbáceas y trepadoras y rara vez con alguna epífita y parásita. En particular los manglares de la costa del Golfo de México, incluso los de la zona de estudio son arbóreo-arbustivo. De acuerdo con Vásquez-Yañes (1971), Martínez y Ojeda, et al., (1977), Briton y Morton (1989), Lee Sherrod y MacMillan (1981, 1985, 1986). Estos están constituidos por *Avicenia germinans* (mangle negro), *Conocarpus erecta* (mangle botoncillo), *Laguncularia racemosa* (mangle blanco) y *Rhizophora mangle* (mangle rojo, tal como las especies existentes en el sureste norteamericano (Anónimo. Florida 1998).

La altura máxima de los manglares mexicanos del género *Rhizophora* se encuentra alrededor de los 20 metros ( Lot-Helgueras et al. 1974 ). Sin embargo constataron que la altura máxima de copa de hasta 50 metros en Ecuador, 42 m en Panamá, 30 m en Florida y 24 m en Puerto Rico, desde los 5° hasta los 23° Latitud Norte (Cintron Y Schaeffer-Novelli, 1983).

Aparte de las especies verdaderas de manglares, existe un número característico de otras especies de plantas que se presentan asociadas a las comunidades de manglar, tales como bacterias, algas, líquenes, epifitas, halófitas y muérdagos (Anónimo b, 1995).

En los manglares de Tamaulipas, Lot-Helgueras *et al.* (1974) identificaron las especies *Salicornia perennis*, *Batis marítima* y *Suaeda linearis*, mientras que las especies *Borrhicia frutescens*, *Randia sp.*, *Caesalpinia crista*, *Croton punctatus*, *Cenchrus pauciflorus*, *Uniola paniculata* y *Tillandsia ionantha* como epífita fueron determinadas por Martínez y Ojeda *et al.*, (1977).

En la composición florística de los manglares desde Tuxpan, Veracruz hasta el Estado de Yucatán, como estrato herbáceo dominan *Rhabdenia biflora*, *Acrostichum aureum*, *A. danaefolium*, *Batis marítima*, *Lycium carolinianum*, *Spartina spartinae* y *Nymphaea ampla*. Como especies epífitas podemos citar a: *Brassavola nodosa*, *Selenicereus testudo*, *Schomburgkia tibicinis*, *Aechmea bracteata* y *Echites yucatanensis* además de *Pachira aquatica* en el estrato arboreo (Vásquez-Yañes , 1971; Rzedowski, 1983; Téllez Valdéz *et al.*, 1989).

Como la flora, la fauna de los manglares está compuesta de un ensamblaje de especies características (vertebrados e invertebrados) derivados de especies tanto terrestres como marinas y de agua dulce como mamíferos, aves, reptiles y anfibios, formando la fauna silvestre y de recursos acuáticos de estos ecosistemas (peces, camarones, jaibas, moluscos y benthos en general), insectos y arañas. Los manglares están íntimamente asociados al lado terrestre del ecosistema y con los suelos fangosos, pastos marinos y otras comunidades estuarinas y marinas del lado del mar (Anónimo b, 1995; Aksornkoe, 1995).

#### **4.4 Clasificación fisiográfica y zonación**

Conforme con diversos criterios se establece la existencia de 5 categorías fisiográficas del manglar, que reflejan la huella energética que los forma, así como las fuerzas que operan para su establecimiento en esos ambientes. En esta clasificación se establecen 3 tipos básicos y otro con 2 sub-categorías especiales (Cintrón y Schaeffer-Novelli, 1983; Lugo *et al.*, 1990):

1.- **El bosque riverero:** Los que se establecen a las márgenes de los ríos, cuya condición permite un intenso intercambio de agua y nutrientes.

2.- **El bosque de borde e islote:** se localizan en las márgenes de costas protegidas, escollos, espigones o proyecciones de la costa, cuya condición los mantiene permanentemente sometidos a intensas fuerzas del oleaje.

3.- **El bosque de cuenca:** se establece detrás de los dos anteriores y se refiere a aquel manglar que se instala en cuenca de inundación, lejos del río y la costa, cuyos flujos hídricos dependen del período de lluvias.

4.- **Los bosques especiales** son los bosques enanos y las hamacas. El primero de éstos es un bosque de bajo porte que responde a climas extremos, baja disponibilidad de nutrientes y altas concentraciones de salinidad intersticial en el suelo. El segundo es un tipo de bosque que se desarrolla en suelo turbosos, de marga o karsticos, en depresiones inundables y que se distingue del resto de la vegetación, que en general es de tipo herbáceo.

En la costa norte del Golfo de México se han registrado por lo menos el tipo rivereño, en la desembocadura del Río Pánuco (Alvares, 1992), el tipo de Cuenca en la zona de la Mancha, Veracruz ( Rico-Gray y Lot, 1983 ) y los tres tipos principales para la Laguna de Términos, Campeche (Cintron Y Schaeffer-Novelli, 1983 ).

Originalmente se admite con reservas, que los manglares del mundo presentan un patrón de zonación definida que responde a un proceso de sucesión típica. Las especies de mangle forman regularmente estands puros que hacen ecotonía entre si creando estands mixtos, los cuales varían dependiendo de las especies presentes y las condiciones ambientales de los sitios (Vásquez Yañes, 1971; Lot-Helgueras et al, 1974; Cintron y Schaeffer-Novelli, 1983; Jiménez y Sauter, 1991; Delgadillo et al, 1992). Sin embargo, también se da cabida a la idea de que la sucesión mencionada no existe, sino que la zonación se rige por los cambios en el nivel de energía hidráulica que incida sobre el manglar, ya que *R. mangle* prefiere la zona de inundación inmediata, mientras que *Avicenia germinans* y *Laguncularia racemosa* se encuentran en sitios donde el suelo está menos saturado de agua y *Conocarpus erecta* se presenta en suelo firme y seco (Martínez y Ojeda y González Medrano, 1977; Rico-Gray y Lot, 1983)

En la zonación referida se muestra que *R. mangle* es el componente más común y típico de las cuatro especies dominantes y forma frecuentemente comunidades puras que crecen en el margen del agua, estas son las más sumergidas y más expuestas a cambios en el nivel de agua y salinidad. *L. racemosa* se localiza hacia el interior, en sitios de aguas menos profundas. *A. germinans* prospera formando bosquecillos o matorrales en tierra más exteriores a las de *L. racemosa*, en suelos emergidos durante la mayor parte del año y que se inundan solo ligeramente. *C. erecta* se establece en la parte más seca de esta comunidad, ocupando los lugares aún menos afectados por la sumersión de agua salada, aunque a veces constituye agrupaciones sobre suelos permanentemente anegados, pero con un contenido de cloruros mucho menos elevados. Esta especie puede presentarse fuera del manglar en ambientes litorales (Poggie, 1962; Vásquez Yañes, 1971; Lot-Helgueras et al. 1974; Rzedowski, 1983; Cintron y Schaeffer-Novelli, 1983).

Jiménez y Sauter (1991) constataron que las plántulas de especies de mangle no tienen una buena capacidad de adaptación a las condiciones del suelo y humedad fuera de zonas de los manglares adultos, lo que contribuye a la zonación mostrada posteriormente.

Fitosociológicamente se ha establecido que los manglares de Baja California están integrados en dos asociaciones bien definidas (Delgadillo et al., 1992), estas asociaciones son: a).- el *Lagunculario racemosae-Rhizophoretum mangle*, dominado por *R. mangle* en la parte de contacto directo con el agua, en las zonas intermareales protegidas como playas resguardadas, canales, esteros, ríos y lagunazos postdunales y en donde *A. germinans* y *L. racemosa* ocupan la zona interna de la asociación y b).- el *Lagunculario racemosae-Avicennietum germinantis* dominado por *A. germinans* que hace ecotonía con halófitas.

#### **4.5 Estructura y productividad**

Estructuralmente los manglares mexicanos, especialmente los de la laguna de Términos, Campeche, presentan las siguientes características.

**Cuadro 2- Características estructurales de los manglares de la laguna de Términos, Campeche ( 18° 40' Latitud norte ) (Cintron y Schaeffer-Novelli, 1983 ):**

Categoría	# de especies	d. a. p.	# de troncos/ Ha	Area basal ( m <sup>2</sup> )
Ribereño	3	11.4	3350.0	34.2
De Borde	3	6.5	7510.0	23.3

De acuerdo con Rico-Gray y Lot, (1983) en la parte norte de la laguna de la Mancha, Veracruz ( 19° 36' LN ), se desarrolla un bosque mixto de *R. mangle*, *A. germinans*, *L. racemosa* y *C. erecta*, en el que *A. germinans* es la especie dominante tanto en frecuencia relativa (37.505 %), dominancia relativa (41.57 %) y altura promedio (10.0 m).

La producción de hojarasca comprende todos los componentes que se asocian a la caída de hojas, frutos, flores, ramas pequeñas y otros componentes, estando soportada en la captura en mallas especificadas en unidades de tiempo en generalmente son mensuales. Se ha determinado que el rango de producción de hojarasca varia entre 0.2 y 2.8 gr.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>, para un gran número de localidades dentro del Golfo de México, siendo los valores más bajos para los tipos achaparrado y hamaca y los mas altos para los demás tipos. También existen diferencias entre la especie que domina la producción y los factores ambientales que la determinan (Brower y Zar, 1977; Cintron y Schaeffer-Novelli, 1983; Rico-Gray y Lot, 1983).

En la desembocadura del río Pánuco la producción de hojarasca no supera los 0.7 gr.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup> (Alvares, 1992). Sin embargo, para La Mancha, Veracruz, la producción promedio es de 2.8 gr.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>. En ambos se determina que *R. mangle* es la de mayor producción, siguiéndole en importancia *A. germinans* y *L. racemosa*. En la mancha se establece que la hojas representan el 75.68 %, el material reproductivo el 5.97 % y el material misceláneo ("varios") el 18.35 % de la producción total de hojarasca ( Rico-Gray y Lot, 1983; Alvares, 1992).

Basándose en datos de producción de hojarasca de manglares de Puerto Rico, Florida y Brasil se ha establecido que existe una relación directa (Cintro y Schaeffer-Novelli, 1983)



entre ésta y los parámetros, como son:

a).- El diámetro promedio del rodal ( $Y = 59.0 + 84.6 \times x$  y  $r^2 = 0.76$ ),

b).- La caída de hojarasca y el largo del día ( $\ln Y = -3.4802 + (0.3448) \times x$  y  $r^2 = 0.85$ ) para un bosque ribereño y ( $\ln Y = -7.2533 + (0.5634) \times x$  y  $r^2 = 0.65$ ) para uno de borde.

Alvarez (1992), constató la existencia de una correlación positiva entre la producción de hojarasca y factores climáticos como evaporación, temperatura y precipitación con las especies *R. mangle*, *L. racemosa* y *A. germinans*, mientras que otros (Vásquez – Yañes, 1971; Rico-Gray y Lot 1983) observaron que dicha correlación varía de acuerdo a la dirección y velocidad de los vientos.

La fructificación es simultánea y se presenta entre los meses de agosto y octubre. Sin embargo, la especie *R. mangle* la fructificación ocurre casi durante todo el año coincidiendo con el nivel más alto del agua (Vásquez - Yañes, 1971).

Referente a la tasa de descomposición del material foliar Cintrón y Schaeffer-Novelli (1983) citan que en México éste valor es de 1.42 años y vida media de 178 días para los bosques de borde, siendo de 2.55 años y vida media de descomposición de 99 días para los bosques ribereños.

#### **4.6 Dispersión y establecimiento**

La dispersión de las especies *L. racemosa* y *A. germinans* es realizada mediante el arrastre por las corrientes de agua (Cintrón y Schaeffer-Novelli, 1983; Lugo *et al.*, 1990; Mitsch y Gosselink, 1993; Rico-Gray y Lot, 1983), mientras que para la especie *R. mangle* aparentemente usa otras estrategias, ya que sus frutos, que son vivíparos, caen y se encajan en el suelo.

Según Gu'nn *et al.*, (1984), las cuatro especies de mangle reportadas para las costas del Golfo de México han sido encontradas como frutos completos o como semillas, en diferentes etapas de germinación, a lo largo de las playas marinas.

Regionalmente se han hecho estudios de establecimiento de plántulas de mangle asociadas al efecto de carreteras, determinándose que en los márgenes de estas las plántulas que dominan son de *A. germinans*, las que disminuyen en abundancia y aumenta en cobertura respecto al tiempo (Flores, 1994)

#### **4.7 Efectos de las actividades humanas.**

Desde la década pasada se ha estado generando una atención pública extensiva acerca de la pérdida de los bosques. La atención en la acelerada deforestación de los bosques tropicales al final de los 80's se concentró conforme emergió el problema del cambio climático. Dos aspectos han resultado de amplio interés en este periodo, por una parte la deforestación de los bosques de Brasil, que ha ascendido de 78,000 Km<sup>2</sup> en 1978 a 230,000 Km<sup>2</sup> en 1988, por otra la consecuente liberación excesiva de CO<sub>2</sub> en la atmósfera (Skole y Tucker, 1998). Las tasas de reforestación y la caída de la salud de los bosques permanecen altas, manteniéndose como uno de los asuntos irresueltos más significativos durante la reunión cumbre de la tierra, donde los gobiernos estuvieron entre la decisión de asumir un acuerdo global de protección o los que propugnaron en un aprovechamiento regional. Sin embargo se ha reconocido la necesidad de formular políticas efectivas para un desarrollo sustentable forestal, porque su alteración está incidiendo en los ciclos hidrológicos, el clima, la tasa de empobrecimiento de las poblaciones humanas y la pérdida de biodiversidad, entre otras (Fletcher, 1995).

Respecto a los humedales, las pérdidas a escala mundial a más del 50 % de los existentes en 1900, comprende los humedales interiores y posiblemente los manglares, pero no los grandes estuarios y humedales marinos, como los arrecifes y los pastos marinos. Una proporción importante de estas pérdidas se produjo en la zona templada septentrional durante la primera mitad del siglo. Sin embargo, desde el decenio de 1950 se han perdido cada vez más humedales subtropicales, particularmente bosques pantanosos y manglares (Fletcher, 1995).

Se estima que la agricultura es la causa principal de las pérdidas de humedales en el mundo. Para 1985 se calculaba que en Europa y América del Norte, Asia, América del Sur y África entre el 56 y el 65%, el 27%, el 6% y el 2% de los humedales

respectivamente habían sido desecados para destinar las tierras a la agricultura intensiva (Finlayson y Davidson, 1999). Sin embargo la pérdida de manglares (Aksornkoe, 1995; Anónimo d, 1998; Anónimo b, 1996), debido en parte a la visión de que los humedales y los manglares son áreas de desecho (Barbier et al.1997), se debe en gran medida a las siguientes causas:

- a) Sobre-explotación tradicional
- b) Conversión a acuicultura
- c) Conversión a agricultura
- d) Conversión a salinas
- e) Conversión a desarrollos urbanos
- f) Construcción de puertos y canales
- g) Minería
- h) Descarga de aguas residuales
- i) Basureros
- j) Derrames de petróleo y otros productos químicos peligrosos

Estos diferentes factores de perturbación se identifican ahora como tensores o estresores. La definición involucra al factor o situación que fuerza al sistema a movilizar y gastar cantidades crecientes de energía para mantener la homeostásis, mientras que la tensión (el estrés) es la respuesta del sistema al tensor (Cintron y Schaeffer-Novelli, 1983; Lugo, Brinson y Brown, 1990; Mitsch y Gosselink, 1993; Rico-Gray y Lot, 1983). Dependiendo del punto donde incida el tensor en el flujo de la energía del ecosistema será su capacidad a recuperarse, de modo que los cambios bruscos en la circulación del agua en los manglares (v. gr. represas, desvíos, desecamientos) representan un factor que puede ocasionar la muerte del bosque o reducir fuertemente sus tasas de fijación de biomasa y crecimiento, incluyendo la productividad total del sistema, mientras que el forrajeo tiene efectos mucho más reducidos, representando un peligro menor en la sobrevivencia de los rodales

Existen 5 tipos básicos de tensores de acuerdo con Cintron *et al.*, (1980) y Lugo *et al.*, (1990):

1. - Aquellos que alteran la fuente principal de energía, siendo ejemplos las canalizaciones, represamientos, bordes y diques.
2. - Aquellos que desvían una porción de la energía principal antes de que se incorpore al sistema, tales como los cambios de los períodos hidrológicos.
3. - Aquellos que remueven la energía potencial antes de que se almacene pero después de ser transformada durante la fotosíntesis, como los brotes de herbívoros.
4. - Aquellos que remueven el almacén, como las cosechas y el fuego.
5. - Aquellos que incrementan la tasa de respiración, tal como lo que se deriva de la contaminación termal, nutrientes presentes en las aguas de drenaje urbano y la contaminación por hidrocarburos. Los hidrocarburos están catalogados como los contaminantes más dañinos a los manglares, pues disminuyen drásticamente la respiración de las raíces y causan malformaciones, la contaminación por petróleo provoca una defoliación rápida de los árboles la cual puede llegar a ser mortal, si la contaminación persiste.

En Ecuador se ha calculado que el 25 al 40% de los manglares se han perdido por la acuicultura (MAP, 1990; Anónimo c, 1996). en Guatemala la cubierta forestal de manglar en la costa del Pacífico ha disminuido considerablemente debido al cambio en el uso de la tierra para el desarrollo de áreas urbanas, recreativas y agrícolas, camaroneras, salineras y la sobre explotación para la obtención de leña y construcción de viviendas, reportándose en 1965 la existencia de 23,407 ha de manglares, quedando aproximadamente solo 12,000 ha para 1996 (UICN, 1998b). En Norteamérica, especialmente en el estado de Florida, se han perdido entre 430,000 a 500,000 acres, debido principalmente a rellenos, canales, aguas agrícolas con pesticidas, aguas residuales de ingenios azucareros, entre otras causas (anónimo e, 1998)

En la determinación de la tasa de deforestación del estado de Campeche, México, por comparación de los mapas forestales de 1978/80 y 1992 contra Sistemas de Información Geográfica (GIS), una herramienta de amplio valor para asimilar e interpretar datos en la

gestión informada de un humedal, combinado las relaciones geográficas entre los componentes como el agua, suelo, vegetación, fauna e infraestructura humana (Palminteri *et al.*, 1998), se detectó que se han deforestado más del 25% de los bosques tropicales y manglares, mientras que el otro 29% se han fragmentado durante este periodo. La tasa de deforestación en todo el estado es de casi el 4.4% por año, ocurriendo la mayor proporción en la zona costera, cuyas tendencia presenta una alta correlación con el nivel de pobreza y abandono social, más que con aspectos demográficos (Mas *et al.*, 1997).

La fragmentación puede afectar adversamente a la flora y fauna del hábitat original contiguo, reduciendo el área total del hábitat original y creando márgenes entre este y el paisaje humano alterado, conocido como "efecto de margen" (Botkin y Keller, 1997). Un efecto importante de la fragmentación es facilitar la entrada de especies invasoras que ocasionan daños en poblaciones silvestres e importantes alteraciones de los ecosistemas. La destrucción causada por invasores se produce por predación, introducción de enfermedades, competición por los alimentos y otros recursos, hibridación y degradación del hábitat de los humedales, en los que han sido muy importantes los daños causados tanto en las zonas tropicales como en las templadas (Howard, 1999).

Para la región de estudio se han registrado los tensores de tipo 1,2,3 y 5 (Flores-Balleza, 1994), que incluyen: a) carreteras, b) descarga de sedimentos, c) diques y represamientos, d) canalizaciones y e) basureros.

El estrés natural debido a ciclones y descargas de agua dulce también los destruye, pero son mínimos comparados con las actividades humanas.

#### **4.7.1 Contaminación**

La zona conurbada de la ciudad de Tampico, que incluye el sudeste de Tamaulipas y el Norte de Veracruz, México, es una región con un creciente desarrollo urbano, agropecuario e industrial. Esta región se localiza en la margen norte de la desembocadura del río Pánuco, incluyendo parte del área de descarga de la subcuenca del río Tamesí (Guayalejo), uno de los últimos afluentes de agua dulce del Pánuco, de

donde se obtiene agua para el abastecimiento de aproximadamente 1.69 m<sup>3</sup>/seg para uso urbano e industrial de la ciudad. Las aguas residuales se vierten directamente al río Pánuco, cerca de su desembocadura al mar y actualmente no reciben tratamiento alguno (CNA, Tampico, 1997).

Hidrologicamente la cuenca del río Pánuco recibe la influencia del mar a través de la cuña salina que penetra por el río hasta más de 70 km. adentro, influyendo así mismo las descargas de la sub-cuenca del río Tamesí (Guayalejo), transformándolo en el estuario más amplio del Noreste de México. La sub-cuenca del río Tamesí consta de una superficie estimada de 17,084 km<sup>2</sup> y un escurrimiento anual promedio de 2,198 millones de m<sup>3</sup>, provenientes de la parte del sur de Nuevo León, Tamaulipas y el norte de San Luis Potosí (CNA, Tampico, 1997). La descarga de este afluente es por medio de un conjunto de brazos deltáicos que llenan el valle inundable, conformando un sistema complejo de amplias lagunas salobres someras como la Tortuga, Matalote, la Costa, Chairel, la Vega Escondida, Champayan, que rodean a la ciudad.

Oceanográficamente el área lagunar recibe influencia del mar a través del Río Pánuco, cuyos ciclos de marea son diurnos, con una pleamar y una baja mar cada día de marea, con un gasto entre 0.0 y 11.0 m<sup>3</sup>/seg. La temperatura del agua varía entre 17 °C en Abril y 28 °C, pero durante Mayo y Junio alcanza hasta 32 °C. Las lagunas presentan una profundidad promedio de 2.5 metros, siendo más somera en los márgenes, en los puntos que reciben afluencia de los escurrimientos urbanos y los rellenos marginales.

Geográficamente la ciudad se encuentra rodeada de grandes lagunas salobres difíciles de aprovechar, así como represamientos de agua dulce (Chairel, la Vega Escondida y Champayan) para satisfacer la necesidad de agua para la ciudad.

Los cambios generados ocasionaron la transformación de un ambiente salobre en un ecosistema de agua dulce. Este ecosistema actualmente se draga periódicamente del fondo y de malezas para evitar el azolvamiento (Pecina, comunicación personal). Las asociaciones botánicas más sobresalientes presentes son el tular, carrizal, vegetación riparia y asociaciones de hidrófitas flotantes, sumergidas, arraigadas al fondo y emergentes, típicas de un cuerpo de agua dulce (Mora, 1988; Martínez y Novelo, 1993).

Durante la creciente este embalse desborda por la margen sur del canal Americano, bañando durante el verano a los manglares que lo bordean en la línea de transición de agua salobre a dulce.

La calidad del río Pánuco se encuentra fuertemente influida por las descargas de aguas residuales a lo largo y ancho de su sistema tributario, cuyo origen se remonta a la cuenca de la ciudad de México. Localmente el volumen principal de aguas residuales urbanas proviene de las 6 descargas localizadas en la margen norte del río Pánuco desde la parte baja de la laguna del Chairel hasta casi la boca al mar. Existiendo muchas descargas irregulares en el área periférica, tales como las de las colonias Moratillo, Morelos, Anahuac y Pueblo Viejo que se vierten directamente sobre las lagunas aledañas y en los manglares periféricos, desconociéndose el efecto negativo en la contaminación del agua y los productos pesqueros explotados (García, comunicación personal). Microbiológicamente se ha detectado que los Coliformes fecales (NMP/100ml) en el agua de la Laguna de Pueblo Viejo ha llegado a 780, mientras que en el río Pánuco puede alcanzar valores hasta de 54000 (Datos de CNA, Tampico, 1997), reflejando los efectos de la contaminación urbana.

Los metales pesados en particular muestran una distribución amplia en los diferentes compartimientos de los ecosistemas locales, así como concentraciones que superan los criterios de calidad del agua y alimentos, observándose que las mayores concentraciones se detectaron en las aguas del río Pánuco. Diferentes trabajos exponen la existencia de distintos metales en otras formas de vida del estuario del río Pánuco.

En el río Pánuco (Pérez, 1998) se han determinado que los sedimentos contienen 1.496 ppm de mercurio, 6.260 ppm de níquel, 3.244 ppm de cadmio, 28232.9 ppm de hierro, 56.574 ppm de plomo, 33.422 ppm de cobre, 256.76 ppm de zinc y 27.88 de cromo total, reflejando el elevado nivel de contaminación de este cuerpo de agua citado.

En el sistema de lagunas alimentadas por el río Pánuco, la laguna de la Costa (Sánchez, 1994) se ha detectado que el plomo alcanza 44.454ppm en el sedimento,

0.019ppm en la columna de agua y 11.045 ppm en las hojas del manglar. Además Zavala (1996) estableció que las concentraciones de este metal alcanzaron 11.06 ppm en los peces del contenido gástrico de los cormoranes (*Phalacrochorax olivaceus*), mientras que en el plumaje de las hembras de esta ave la concentración de plomo alcanzó 56.109 ppm. Los dos estudios en conjunto sirvieron para establecer la ruta de transferencia de metales en los diferentes compartimientos del ecosistema, así como el papel que juegan las especies más abundantes. Por otra parte en la laguna de Pueblo Viejo, los ostiones que se explotan de aquí muestran concentraciones de níquel entre 6.94 y 11.80 mg.Kg<sup>-1</sup>.

Otros trabajos dirigidos a la determinación de la contaminación en la zona de influencia de este río ha dado como resultado la detección de concentraciones inusuales de metales pesados en diferentes especies costeras y lagunares. Por ejemplo en la lisa (*Mugil cephalus*), una especie lagunar de amplio valor comercial, el plomo ha mostrado hasta 37.43 mg.Kg<sup>-1</sup> (Palacios, 1994), mientras que en el cangrejo araña de escolleras presenta 28.804 mg.Kg<sup>-1</sup> (Tabares, 1994).

En la zona costera relacionada con la desembocadura de este río, las concentraciones de metales muestran concentraciones aún elevadas, como el cangrejo topo (*Emerita talpaidea*) con 1.167 mg.Kg<sup>-1</sup> de cadmio (Vicente, 1994) o el mejillón de roca con 2.68 mg.Kg<sup>-1</sup> de plomo (Castillo y Garza, 1993). Más aún, la presencia de estos metales evidencian que la transferencia asciende hasta tierra adentro dentro de las costas, donde aparentemente no existe influencia directa, como en el caso de la correhuela de playa (*Ipomoea pes-caprae*) que muestra desde 0.486 hasta 0.583 mg.Kg<sup>-1</sup> de cadmio en sus tejidos.

#### **4.8 Aprovechamiento de los manglares.**

Los manglares proveen de una amplia variedad de servicios directos e indirectos a la sociedad y a la economía, los cuales pueden ser clasificados como sigue (Anónimo b, 1995):



Tipo de servicio	Descripción
Servicios físicos	Protección de costas y diques, Protección de flujos y bancos de los ríos, Firmeza y estabilización del suelo, Retención de toxinas y sedimentos, Fuentes y Sumidero de nutrientes
Productos pesqueros	Producción directa de moluscos, pescados y crustáceos comerciables, Areas de reclutamiento y crecimiento de algunos peces y moluscos costeros y marinos comercialmente importantes
Productos Forestales	Madera para postes de construcción, carbón, leña, miel azúcar, corteza para taninos y medicinas tradicionales.
Biodiversidad y Valores Genéticos.	Hábitat para diferentes especies de fauna Use en medicina tradicional sugiere el potencial para la extracción de drogas

Muchas personas tienen a los manglares como pantanos impenetrables y perjudiciales que albergan solo enfermedades, por lo que son destruidos como una medida de salud pública. Sin embargo, el conocimiento actual facilita el entendimiento de que son recursos costeros muy productivos, valiosos y útiles del ecosistema. Descriptivamente crecen bien en sus condiciones y producen follaje y materia orgánica que se acumula en el suelo, donde se descompone por las comunidades microbianas existentes. Una parte de los nutrientes resultantes se reciclan al mismo manglar, mientras que otra proporción es arrastrada a las lagunas y al mar, proporcionando la base alimenticia de corales y peces, creando áreas pesqueras costeras y de reclutamiento de especies marinas y estuarinas importantes.

Los manglares también construyen el suelo y lo protegen de la erosión hídrica, importante en la protección de islas donde el suelo es limitado. El sedimento y el fango es a veces lavado de los ríos y escurrimientos, los cuales se arrastran a las bocas y deltas depositándolo dentro del manglar, donde es atrapado por las raíces. En tanto el fondo lodoso se hace más somero y emergente, el piso se invade por más manglares, que a la larga se convierte en suelo seco, dando lugar a una ocupación por especies terrestres o no manglares, favoreciendo la creación de suelo firme.

Aún en lugares donde el sedimento no permite la creación de suelo firme, la presencia de los manglares contribuye a la protección de la línea costera de la erosión por las tormentas. Las raíces y los troncos reducen el efecto del oleaje y la marea, mientras que las hojas y ramas disminuyen el efecto del aire y la lluvia. En ciertas circunstancias se han creado algunas islas por efecto de los manglares, las cuales casi han desaparecido

cuando se ha eliminado el manglar (Quarto, 1996; Anónimo c, 199; Anónimo d, 1998).

Los manglares son una fuente importante de alimentos y materiales para las poblaciones costeras, quienes explotan jaibas, ostiones, peces y otros alimentos que extraen de estos ecosistemas. Los propágulos son alimento de la fauna del manglar, mientras que la madera se aprovecha como leña y la construcción. En muchos países la corteza sirve para extraer taninos de uso industrial y medicinal.

En Asia los bosques de manglar proveen de una amplia variedad de productos para las comunidades costeras. En Camboya la fuente principal de ingresos y subsistencia para una gran parte de la población de personas son los manglares, de modo que casi el 90% de la población costera depende de la explotación y aprovechamiento de estos recursos (Bann, 1997b). Los principales productos extraídos de los manglares de Asia son la madera, leña, postes, pulpa de madera, carbón, material de techado, forraje, miel, cera de abeja, pescados, crustáceos y moluscos. Sin embargo, los productos más explotados son madera, leña, postes, pulpa de madera, carbón y las hojas de la palma *Nipa*, las cuales se usan como techos de casas y su ven resulta en una actividad económica de alta importancia. Además, miles de personas se encuentran integradas a la pesca y otras actividades generadoras de ingresos no forestales. En Tailandia la producción sostenible de carbón con madera de mangle genera un ingreso anual de US\$22.4 millones, mientras que en Camboya genera US\$400/ha (Hussain, 1995; Anónimo c, 1996; Bann, 1997).

Las cuatro especies reportadas para el Golfo de México (*R. mangle*, *A. germinans*, *L. racemosa* y *C. erecta*) son utilizadas como maderables para la construcción de habitaciones, artes de pesca, como leña, curtiente, medicinalmente y *L. racemosa* es, además, forrajera (Rzedowski, 1983; Cintron y Schaeffer-Novelli, 1983; Hernández *et al.*, 1991).

Particularmente algunas especies se han estudiado detalladamente en cuanto a sus diferentes componentes, destacándose las siguientes composiciones de las partes vegetales ( Duke, 1983):

*Conocarpus erectus* L. (Combretaceae), mangle botón. La madera es pesada (gravedad específica de 1.0), durable y toma un brillo fino, en agua y es útil para la construcción marina. Aunque es susceptible de ser atacada por las termitas, es aprovechada para maderos y tomería. Es una especie resistente al entierro y agua salada, se usa como pilotes o como leña. La corteza se usa para extraer tanino para curtiduría. Algunas veces se ha introducido como planta ornamental.

En medicina tradicional se reporta como astringente, tónico, remedio para la anemia, catarro, conjuntivitis, diabetes, diarrea, fiebre, gonorrea, dolor de cabeza, hemorragia, orquitis, salpullido, hinchazón y para la sífilis. Las hojas se consumen o cuecen como infusión para la fiebre. La corteza contiene 16-18% de taninos.

*Rhizophora mangle* L. (Rhizophoraceae) mangle rojo. Usos: La madera se usa para gabinetes, construcción, pilotes, postes, construcción de botes y potencialmente para postes de telefono. Se explota para la industria de la pulpa de papel. Las cabras comen la harina de hojas con CaCO<sub>3</sub> como amortiguador del pH. Se han elaborado algunos vinos de las hojas y resinas de la planta. Algunas tribus Amerindias comen la pulpa amilosa del interior del fruto e hipocotilo durante las épocas de escasez. Los hipocotilos secos se han usado como cigarrillos. Las hojas secas se usan como sustituto del tabaco. El extracto concentrado de la corteza se usa para teñir pisos y muebles. Se considera que las plantaciones de esta especie pueden ser útiles para conservar las líneas de costa. La resina tiene usos medicinales.

En medicina tradicional: Cura del cáncer de garganta, sirve como astringente, emenagogo, expectorante, hemostático, tónico, angina, asma, dolor de espalda, pústulas, ciguatera, convulsiones, diarrea, disentería, dispepsia, elephantiasis, enuresis, epistaxis, molestias oculares, fiebre, filariasis, hemoptisis, hemorragia, inflamación, ictericia, lepra, lesiones, leucomea, malignidades, scrofula, dolores, dolor de garganta, sífilis, tuberculosis, uterorragia y gases.

Composición química: Por 100 g, la hoja contiene 10.7 g de proteína, 3.4 g de grasas, 77.0 g de carbohidratos totales, 14.5 g fibra y 8.9 g de cenizas. Por 100 g, la harina de la hoja contiene 5.6 g H<sub>2</sub>O, 7.5 g de proteína, 3.6 g de grasa, 59.3 g NFE, 13.9 g fibra, 10.1

g de ceniza, 1.350 mg Ca, 140 mg P, 15.2 mg Fe, 650 mg K, 600 mg b-caroteno equivalente, 88 mg Mg, 30 mg Mn, 3.5 mg Cu, 0.52 mg Co, 4.3 mg Zn, 54 mg I, 13 mg tiamina, 19 mg riboflavina, 240 mg niacina, 32 mg ácido fólico, 5.3 mg de ácido pantoténico, y 46.0 mg colina. Algunos informes de aminoácidos son: arginina 1.1 , lysina 0.9, metionina 0.421, cistina 0.301 y glycina 0.801. El análisis de tabletas de hojas muestran un contenido por 100 g, de 790 mg S, 8.3 mg Cu, 920 mg Na, 8.3 mg B, 224 mg clorofila, 0.68 mg ácido fólico, 5.2 ppm cobalto, y 144 ppm F. Las hojas frescas contienen 65.6% de humedad y 0.1% de clorofila. La corteza seca contiene 10–40% de taninos.

Actualmente en la literatura se recomiendan el uso de algunas especies de plantas herbáceas de los pantanos dulces tales como *Typha* spp., *Eichornia crassipes*, *Lemna*, *Salvinia* (Cole, 1998), con capacidad de remover nutrientes del agua, para tratar aguas negras en las plantas de tratamiento de aguas residuales (Tchobanoglous, 1996). Sin embargo, estas especies que presentan una alta fijación de biomasa, exhiben un ritmo periódico de muerte y rebrote, así como una recirculación intensa de nutrientes, limitando su eficiencia en estos tratamientos.

Desde el punto de vista normativo la utilización de los pantanos naturales no es una práctica recomendada (Tchobanoglous, 1996). Sin embargo, en nuestro país, como en otros países en desarrollo, los cuerpos receptores de descargas (ríos, lagos y mares) presentan un elevado grado de contaminación debido al reducido control ambiental de los procesos industriales y descargas urbanas incontroladas. El resultado es una política ambiental flexible forzada por la economía (Field, 1996), que propicia una contaminación de las aguas del país, un problema complicado e irresuelto que es preciso abordar. Tanto en el ámbito científico como gubernamental y normativo internacional se hace hincapié en solucionar los problemas de contaminación actuales mediante el uso de tecnologías limpias (Kolluru, 1994), sin embargo, los elevados costos para su implementación motivan una mayor atención a la remediación que a la prevención

Conforme con la clasificación vigente de los tensores, la contaminación con descargas

urbanas (tensor tipo 5) pueden remediarse potencialmente mediante el aprovechamiento de los manglares (Cintrón y Schaeffer-Novelli, 1983; Lugo *et al.* 1990), ya que ciertos niveles de contaminación pueden ser soportados por los manglares. Las aguas residuales provenientes de las ciudades se descargan sobre los manglares, desde donde son tomados por la vegetación, fauna y microflora de este ecosistema. El agua residual y contaminada incidente en el manglar se filtra en el sistema fango-raíces y es vertida parcialmente depurada al sistema durante su escurrimiento. Mientras que los desechos vertidos a los manglares no sea excesivo y peligrosos, como muchos de los residuos industriales, los manglares son un excelente sistema de tratamiento, mucho más efectivo que algunas plantas de tratamiento tradicionales (Quarto, 1996; Anónimo c, 1996; Anónimo d, 1998)

El aprovechamiento del manglar en el tratamiento de aguas residuales es actualmente limitado, sin embargo, no se descarta la posibilidad de que puedan usarse para este fin debido a que se consideran aptas por su capacidad de estabilizar la materia orgánica presente en aguas residuales urbanas en fase de tratamiento terciario o cuaternario, especialmente porque su capacidad de fijación de biomasa, entre 1,000 y 3,000 g.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>, los hace superiores a las plantas herbáceas de los pantanos dulces y salados, pero con una recirculación más baja respecto a estas debido a que la fijan como madera (Mitsch y Gosselink, 1993). Por otra parte se ha destacado que el vertido directo de aguas residuales crudas en Puerto Rico ocasiona la muerte de los árboles en el punto de contacto, además de crear problemas sanitarios a los productos pesqueros por el aporte de microorganismos patógenos (Cintrón y Schaeffer-Novelli, 1983).

Económicamente se ha considerado que el valor total promedio (basado en los valores económicos de los E.U.A.) de los servicios físicos, comerciales y ecológicos proveídos por los manglares y otros pantanos de marea, oscilan alrededor de los \$10,000/ha. En la práctica, el valor económico es altamente dependiente del sitio y está íntimamente relacionado al estado económico y valores del país en cuestión (Anónimo b, 1995).

#### **4.9 Manejo del manglar.**

Ignorando los diferentes beneficios provenientes de los manglares, existe una presión

intensa por el uso del recurso, que están provocando una rápida conversión que afecta su estabilidad y existencias, haciéndose necesaria y urgente un manejo estratégico de estos recursos, para favorecer la conservación o la opción del desarrollo racional. Para evaluar estas estrategias es crucial que los países identifiquen y estimen los usos y valores de los manglares, evaluando el rango total de beneficios y costos asociados con los diferentes usos del ecosistema, basados en las relaciones de costo-beneficio, con el único propósito de ayudar a la toma de decisiones de una estrategia de manejo socioeconómico óptimo del manglar (Quarto 1996; Bann, 1997b).

Para lograr una estrategia racional de manejo es preciso identificar cuales acciones serán necesarias para evitar al máximo el daño. Por ejemplo si las áreas son extensas, alguna proporción puede dedicarse al manejo, por el contrario la protección pudiera ser la opción más viable. Cuando se ha ganado un uso es probable que se pierdan otras ganancias, así si un manglar se dedica al tratamiento de aguas residuales, la pesca deberá eliminarse. Por otra parte el manejo implica que en ciertas condiciones se modifiquen las decisiones de desarrollo, por ejemplo si se construye una carretera será preciso condicionar la construcción a facilitar la circulación del agua para permitir su función en el ecosistema. En el caso de que el desarrollo requiera eliminar el manglar, es conveniente exigir su restauración en un lugar semejante (Anónimo d, 1998). Sin embargo, para lograr tales propósitos es necesario entender la ecología y la biodiversidad como un pre-requisito para manejo efectivo y sostenible de estos recursos costeros (Aksornkoe, 1995), en vista de que la demanda de los productos forestales se ha incrementado en algunos países, cuando se ha dado un incremento en la población y en la improvisación de los estándares de vida (Hussain, 1995).

Alrededor del mundo existen diferentes tipos de manglares que se han manejado sustentablemente, incluso por más de 100 años. El más importante es el manglar de Sundarbans en Bangladesh, que fue desarrollado desde hace muchas décadas, en un sistema de manejo forestal con ciclos de 20 años, del cual la vigésima parte se cosecha anualmente. El programa consiste en seleccionar ciertos diámetros, evitando la creación de claros amplios que propicien la invasión por especies diferentes y eliminado todos los

árboles muertos, deformes y las copas muy densas, aprovechando este residuo como leña. Esta práctica minimiza la afectación de la biodiversidad y reduce el cambio del hábitat que puede afectar a los componentes del ecosistema, práctica que también se ha empleado en los bosques de manglar de Pakistán, Myanmar e India (Hussain, 1995).

En Tailandia la rotación se ha establecido en 30 años, con un ciclo de corte de 15 años. Esto se practica dividiendo el área en 15 cuadros, cada uno de los cuales se divide posteriormente en franjas de 40 metros de ancho, con un ángulo de 45 grados de la línea de costa. Las franjas se cortan alternativamente cada 15 años, dando de este modo una rotación de 30 años (FAO, 1985). Las plántulas no se afectan dentro de la franja. En situaciones donde la regeneración es insuficiente se enriquece plantando nuevas plántulas (Aksomkoe, 1993).

En Indonesia, con la mayor área de manglar a escala mundial (4.25 m ha), el bosque se divide en tres categorías de aprovechamiento: Bosques en producción con aproximadamente el 17% se aprovecha para madera, leña, hojas y otros materiales. Un 14% se designa como bosque de conservación, protegido contra la perturbación humana y es un área de reserva santuario y conservación natural. Otra proporción se designa para la protección del recurso agua, prevención de inundaciones y otras funciones de protección. Sin embargo, existen muchas áreas sin regular. El sistema es por corte selectivo y claréo en franjas de 50 m de ancho y en ángulo recto a la línea de costa, cortando solo los árboles de 7 cm de dap o mayor, evitándose el corte a 50 m de la costa y a 10 metros de la orilla de los ríos, dejando franjas de 20 m de manglar sin perturbar entre las franjas de corte, para favorecer la regeneración natural (FAO, 1985). En áreas de *Rhizophora*, *Bonguiera* y *Ceriops* los árboles mayores a los 20 cm de dap se conservan como árboles de semillas (Hussain, 1995).

En marzo de 1996, durante la Sexta Reunión de las Partes de la Convención Ramsar, en Brisbane, Australia (Fletcher 1995), 93 países firmaron el compromiso de desarrollar 830 " Sitios Ramsar", para cubrir 53 millones de hectáreas, de las cuales un tercio contiene manglares. Los afiliados a Ramsar se han dado a la tarea de proteger y usar racionalmente más de 15 millones de hectáreas de manglares, en las cuales se incluyen: 596.000 ha de los manglares de Sundarban en Bangladesh, el bloc más grande y continuo de manglares en el mundo (Rahman y Banu, 1997); las 35,042 ha de Churute

en Ecuador, Copperamemondig en Surinam (12,000 ha) y 54,400 ha en las islas Caicos ( Bacon, 1997).

Respecto a los esfuerzos dedicados a la evaluación del estado de los manglares, con fines de realizar sistemas de protección y manejo sostenible, países como Belice (Santuario Nacional Crooked Tree), Costa Rica (humedales marino-costero en Gandoca-Manzanillo en la costa caribe), El Salvador (manglares en Barra de Santiago y Laguna El Jocotal), Guatemala (humedal Punta Manabique) (UICN, 1998b), Honduras (humedal de Punta Izopo), Nicaragua (Archipiélago de Solentiname) y Panamá (humedales de Punta Patiño, San- Pond Sak y Bocas del Toro), son algunos ejemplos de los países de Mesoamérica que han aplicado la conservación y el uso sostenible de los humedales y manglares (UICN, 1998).



## **V. MATERIALES Y METODOLOGIA**

### **5.1. Ubicación y descripción del área de estudio**

El área de estudio se localiza entre los 22° 10' y 22° 30' latitud norte y los 97° 48' y 97° 55' longitud oeste, comprendiendo los manglares del sudeste del estado de Tamaulipas. Incluye de norte a sur, la laguna de San Andrés, el estero Garrapatas y las marismas en Altamira, la laguna del Carpintero y la laguna La Costa, en Tampico, Tamaulipas, así como la laguna de Pueblo Viejo en ciudad Cuauhtémoc, en el norte del estado de Veracruz (Figura 1).

Climatológicamente la zona presenta un clima cálido sub-húmedo extremo, de tipo Aw<sup>1</sup>, con lluvias en verano y una sequía interestival o canícula, con una variación anual de temperatura de 7 a 14 °C (Cruz Cisneros, 1983).

La temperatura promedio anual tiene una oscilación de 2.4 °C en 33 años (1960-1993), presentando la mínima de 23.1 °C en 1974 y la máxima en 1964 con 25.5 °C y una temperatura promedio de 25.1 °C. (Comisión Nacional del Agua, 1997).

La precipitación promedio anual ha oscilado en 1029 mm en 33 años (1960 - 1993); con una mínima de 602.4 mm en 1982, la máxima de 1632.3 mm en 1993 y una media de 755.2 mm (Comisión Nacional del Agua, 1997).

Los interperismos más comunes son Los "Nortes", que se presentan entre octubre y mayo y los Cidones, que tienen la mayor frecuencia en Septiembre, los cuales ocasionan lluvias intensas y cambios en la circulación atmosférica característica.

Geológicamente pertenece a la Cuenca Tampico-Mizantla, de sedimentos marinos areno-arcillosos. Limitada por estructuras orogénicas del inicio del Ceneozoico y los depósitos Terciarios, se creó una regresión general hacia el este, que dejó bandas de afloramiento paralelos a la actual línea de costa para constituir los sistemas lagunares actuales (Lankford, 1977; Contreras, 1988).



Figura 1. - Ubicación geográfica de las zonas de manglares de estudio, alrededor de Tampico, México. (Superior derecha.- Laguna de San Andrés; inferior derecha.- Marismas de Altamira, Tamaulipas; inferior izquierda.- laguna de Pueblo Viejo, Veracruz).

El suelo del área de estudio comprende a los regosoles éutricos, arenosos, salino-sódicos, desde la zona inundable de marismas de la laguna de San Andrés, a través de las playas del municipio de Madero, hasta las playas del norte de Veracruz; solonchak órtico arcilloso, situados en el límite sur de Tampico y Madero, por la margen sur del río Pánuco y se introducen en la llanura inundable del delta del Tamesí-Pánuco, dentro de las lagunas del Chairel, Chila y Pueblo Viejo; Cambisol gléyico al noroeste del municipio de Tampico, en el territorio del sistema lagunar Tamesí y cambisol cálcico a lo largo de los lomeríos costeros del norte de Veracruz, hacia el sur de la desembocadura del río Pánuco (INEGI, 1982).

Oceanográficamente el área lagunar recibe influencia del mar a través del Río Pánuco. Las cuencas lagunares presentan una profundidad promedio de 2.5 metros, siendo más somera en los márgenes, en los puntos que reciben aluvión de los escurrimientos urbanos y los rellenos marginales que se han realizado. Los ciclos de marea son diurnos, con una pleamar y una baja mar cada día de marea, con un gasto entre 0.0 y 11.0 m<sup>3</sup>/seg. La temperatura del agua varía entre 17 °C en abril y 28 - 32 °C durante mayo y junio respectivamente.

## **5.2. Hidroclimatología del área de trabajo**

Debido a la importancia que reviste la influencia del clima y los escurrimientos en las características de los manglares, se consultaron y analizaron la precipitación y temperatura de la región, a partir del registro de las estaciones climatológicas de la Comisión Nacional del Agua (Comisión Nacional del Agua, 1997). La descarga e incidencia de escurrimientos de agua sobre los manglares se determinaron a partir del cálculo de las precipitaciones promedio y total, en relación con el área drenada de los cuerpos de agua estudiados (Lind, 1985) o a partir de los registros de los aforos de descarga en aguas represadas, como en el caso de la Laguna del Chairel (Pecina com. per. 1998), cuyos valores se utilizaron en la determinación de las relaciones de crecimiento y productividad de los bosques.

### 5.2.1. Temperatura y precipitación

La precipitación media (pp) y la precipitación promedio acumulada en cada mes fue de 2.9 y 89.3 mm respectivamente, en tanto que la precipitación observada muestra tres picos marcados de lluvias en los meses de verano, presentando escasas precipitaciones tanto en periodos anteriores, como posteriores. Por otra parte la temperatura promedio, registrada durante los dos años, fue de 22.4 °C (Figura 2).

Los datos climáticos de los periodos de evaluación requeridos en el monitoreo de los bosques (Cuadro 3) como la precipitación media mensual (PMM), la precipitación mensual acumulada (PMA) y la Temperatura promedio (T°C), se utilizaron para entablar las correlaciones con los diferentes parámetros poblacionales de los manglares.

**Cuadro 3.- Temperatura y precipitación media mensual, ponderada y media acumulada correspondiente al periodo 96-98 (CNA, 1998).**

Periodo	PMM (mm)		PMA (mm)		T°C	
	Prom/m	Σ	prom/m	Σ	prom/m	Σ
Sep-96 Abr-97	2.2	17.3	65.1	520.4	21.2	169.9
May-97 Sep-97	4.2	42.7	28.4	1287.6	26.8	347.0
Oct-97 Mar-98	2.9	17.4	89.0	534.0	20.4	122.6
Prom Pond.	2.9	77.4	89.3	2342.0	22.4	639.5

prom/m = promedio ponderado del promedio mensual en el periodo, Σ = sumatoria total del registro.

### 5.2.2. Escurrimientos

Respecto a los escurrimientos, solo se obtuvieron los correspondientes a la laguna del Chairel (Figura 3), que fueron proporcionados por la Dirección de Obras Públicas del Ayuntamiento de Tampico (Pecina com. per. , 1998). Con relación a las demás lagunas, la estimación y cálculo de los escurrimientos se obtuvo mediante la determinación de la superficie de las microcuencas correspondientes por planimetría

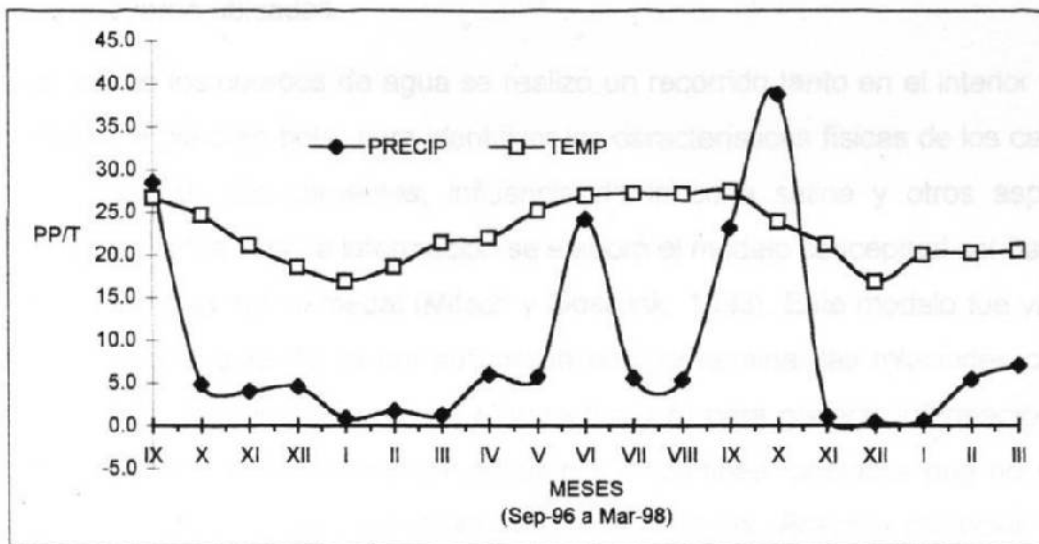


Figura 2. - Precipitación (mm. 10<sup>-2</sup>) y Temperatura (°C) en las zonas de manglar dentro del límite tropical del Golfo de México (Comisión Nacional del Agua, 1997; Pecina com. per., 1998).

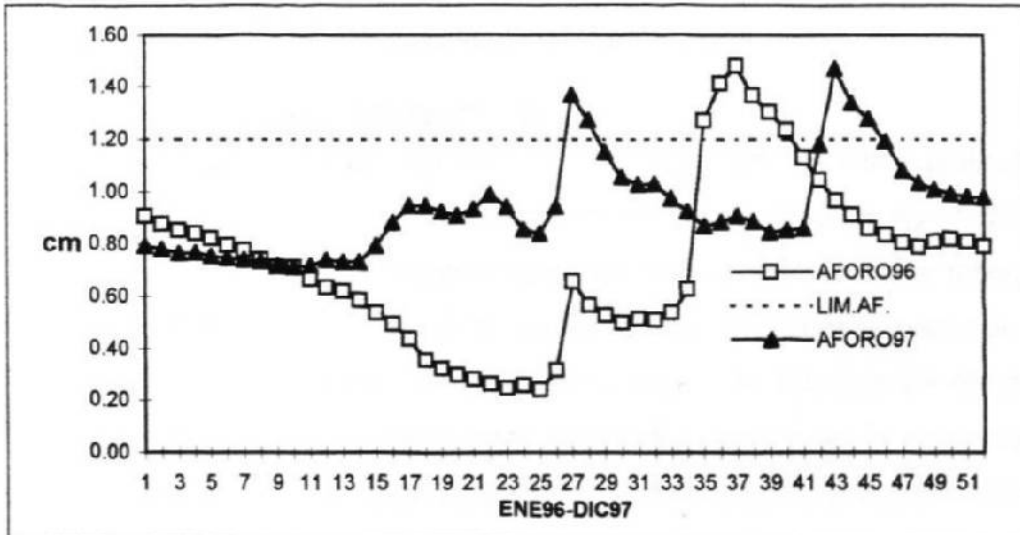


Figura 3. Aforos (m) del nivel del Canal Americano con relación al límite promedio de descarga (L.M.D.) en la Laguna de la Costa, Tampico, México (Pecina com. per., 1998).

(Lind, 1983), tomando en cuenta la precipitación anual promedio de la zona climática en la que quedaron ubicadas.

En cada uno de los cuerpos de agua se realizó un recorrido tanto en el interior como en el exterior, a pie o en bote, para identificar las características físicas de los cauces, comportamiento de las corrientes, influencia de la cuña salina y otros aspectos hidráulicos presentes. Con la información se elaboró el modelo conceptual del Balance de la Masa de Agua del Humedal (Mitsch y Gosselink, 1993). Este modelo fue valioso por dos razones (Figura 4): a) por su utilidad para determinar las relaciones causa-efecto de los cambios hidrológicos en el manglar, y b) para generar información que sirva para tipificar los humedales en cuestión u otros fines, debido a que no existe información respecto al tema en todas las zonas tratadas. Además de incluir en el mapa topográfico correspondiente para identificar gráficamente las influencias observadas (Figura 5 a-e).

Esta información fue utilizada para establecer las correlaciones con los parámetros de crecimiento de los manglares, que se analizan posteriormente.

### **5.3. Establecimiento de las parcelas permanentes**

#### **5.3.1. Prospección en el área de trabajo**

Para definir las áreas de trabajo definitivo, primero se hizo una visita preliminar de diferentes áreas de manglar dentro de la zona de estudio, efectuando recorridos tanto por agua, como por el terreno aledaño tomando como base la carta topográfica, escala 1:50,000 (INEGI, 1982), con el fin de establecer los accesos para las visitas definitivas. En esta fase se seleccionaron diez sitios, en los que se efectuó un levantamiento de las especies de plantas existentes dentro de la comunidad de manglar, con los que se realizó un análisis de la diversidad biológica utilizando el Índice de Diversidad de Shanon (Brower y Zar, 1977), además de una evaluación general de las condiciones de conservación existente con el propósito de obtener criterios para la selección definitiva de los sitios de trabajo (Cuadro 4).

Tomando en cuenta la lista de especies, se aplicó un análisis de afinidad de los sitios preliminares (Sørensen, 1948), para obtener los sitios de trabajo definitivos para el monitoreo de los parámetros poblacionales.

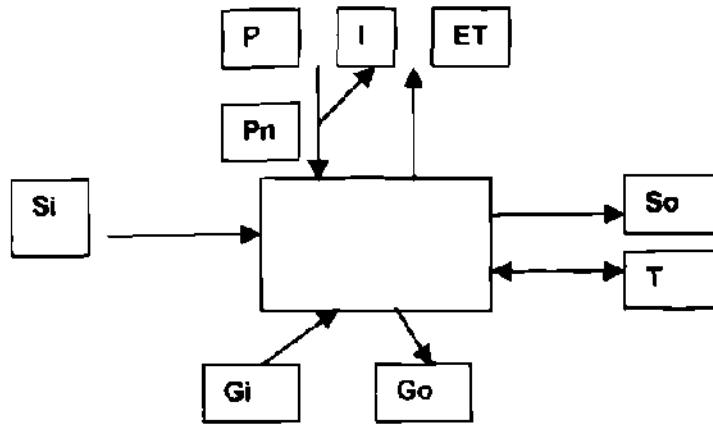


Figura 4 - Diagrama de balance hídrico para la descripción de los cuerpos de agua, asociados a los manglares en el límite tropical del Golfo de México. P = precipitación, I = Intercepción, ET = Evapotranspiración, Si = Entradas por escurrimientos superficiales, So = Descargas superficiales, Gi = Entradas desde el subsuelo, Go = Infiltración, T = Mareas ( Adaptado de Mitsch y Gooselink 1993).

**Cuadro 4. Características generales y estado de conservación de los sitios preliminares de manglar en el límite tropical del Golfo de México.**

Nombre del sitio (#)	Características distintivas/estado de conservación
Laguna del Carpintero (1)*	Bosque sujeto a claréo, aguas residuales, mal conservado
Canal del Dique 7 (2)*	Invasión por glicófitas, explotación forestal, bien conservado
Canal Americano (3)*	Explotación forestal y forrajeo, bien conservado.
Canal del Zapote (4)*	Invasión por glicófitas, contaminación acuática, bien conservado
Dunas costeras (5)**	Escaso, mal conservado.
Delta del Río Tamesí (6)*	Explotación forestal, bien conservado.
Estero Garrapatas (7)**	Inundación, mal conservado
Laguna de Pueblo Viejo (8)**	Explotación forestal, bien conservado
Libramiento Poniente (9)*	Explotación forestal, mal conservado
Marismas de Altamira (10)**	Drenado, mal conservado
Laguna de San Andrés (11)+	Explotación forestal, forrajeo, bien conservado

\* Municipio de Altamira, \*\* Tampico y + Aldama en el estado de Tamaulipas y \*\* Municipio de Cuauhtemoc, en el estado de Veracruz.

En la ubicación definitiva de las parcelas de trabajo se procedió a seleccionar de la lista anterior aquellos sitios que presentaran condiciones extremas en la calidad del suelo, régimen hidráulico y factores de perturbación plenamente identificados, eliminando aquellos lugares donde el manglar estuviera severamente dañado o destruido, esto con el fin de obtener condiciones para realizar la comparación de los parámetros poblacionales, así como la homogeneidad del dosel arbóreo, importancia local y aspectos normativos cuando fue necesario. Ambos grupos de sitios se marcaron y localizaron en un mapa base de la zona, indicando los accesos por tierra y agua, por medio de los cuales se realizaron las visitas para el levantamiento de los parámetros de campo.

### **5.3.2. Características de los sitios permanentes**

Se seleccionaron seis sitios de manglar con condiciones ambientales en una franja costera de aproximadamente 50 Km de largo hacia el norte y sur de la ciudad de Tampico (Figura 1), entre los 22° y 23° latitud norte y 97° 45' y 97° 55' longitud oeste, observando las coordenadas de cada sitio de muestreo con un geoposicionador GPS Eagle Explorer, marcándose en un mapa base de la zona (escala 1:50,000), para identificar los manglares y estimar la extensión ocupada. La extensión fue estimada por planimetría (Lind, 1985), con base en las cartas edafológica, uso del suelo y vegetación, escala 1:250,000, y las cartas topográficas, escala 1:50,000 (INEGI, 1982), que sirvieron además para la ubicación de los accesos, trayectos y otras necesidades durante el levantamiento de información.

Las características de cada uno de los sitios de estudio, en dirección norte-sur (Cuadro 5), se aprecian los principales rasgos de aportes e influencias tanto de agua dulce como de salobre o marina y están organizados en función de los siguientes criterios descriptivos:

1. **Ubicación a la ciudad de Tampico:** Corresponde a la distancia estimada desde el centro de la ciudad, indicando la dirección al sitio.
2. **Localización geográfica:** Comprende la ubicación por coordenadas geográficas.



3. **Régimen Hidráulico:** Se determina entre la influencia de ríos o corrientes menores y la influencia del mar, permanentes (I) o intermitentes (II), cuya duración del mayor flujo se presenta en Invierno-Primavera (IP) o en Verano-Otoño (VO).

4. **Extensión/Longitud (km<sup>2</sup>/km):** Corresponde a la estimación de la extensión promedio de la superficie del espejo de agua.

5. **Rasgos socioeconómico-ambientales:** Son las actividades socioeconómicas existentes en las inmediaciones del cuerpo de agua que afectan directa o indirectamente a los manglares e incluyen: pesca comercial (Pc), explotación de ostión (Eo), camarón (Ec), zonas de alimentación de aves migratorias (Am), Pastizales marinos (Pm); así como aspectos generales de fragmentación del hábitat (Fh) y contaminación acuática (Ca).

La laguna y cuerpo acuático se identifica por los siguientes rasgos principales:

**Laguna de San Andrés.** La hidrología de esta laguna se encuentra dominada por el efecto de las mareas del Golfo de México (Figura 5 a) que se introduce por la Bahía Chavarría, ya que los dos ríos que la alimentan, el Barberena y el Tigre, presentan una descarga reducida ya que el primero es una corriente intermitente, mientras que el segundo, siendo una corriente perenne, se encuentra represado a unos 5 km. aguas arriba de su descarga a la laguna, manteniéndola alimentada solo en época de lluvias.

**Estero Garrapatas.** Hace más de 15 años atrás, el estero Garrapatas era una corriente intermitente que desembocaba a las marismas de Altamira y de allí seguía directo hasta el Golfo de México (Figura 5 b). Las zonas más bajas de la cuenca y el estero recibían la influencia de la salinidad por medio de la cuña salina que se movía fuertemente durante la alta marea o en el estiaje. Alrededor de 1980 la construcción del puerto de Altamira modificó la desembocadura original, la vegetación en la porción, los niveles originales del estero y la influencia de la cuña salina, por la construcción de un puente encima del estero, el cual permitió el acceso a toda la zona. El efecto del puente sobre el manglar se ha traducido en dos principales consecuencias:

1. Eliminación de la cuña salina y la marea, al separar al estero de la agua marina.

**Cuadro 5. Descripción de los sitios de manglar en el límite tropical del Golfo de México.**

1. Ubicación a Tampico	2. Coordenadas	3. Régimen Hidráulico		4. Extensión/ Longitud (*km <sup>2</sup> /km)	5. Rasgos socioeconómico-ambientales
		Agua dulce	Agua marina		
<b>Laguna de San Andrés.</b>					
60 Km al Norte	22° 30' y 23° 45' LN,	Barberena Tigre (II, VO)	y Boca Chavarria (I)	130.0*	Pc, Po, Am, Pm,
<b>Estero Garrapatas.</b>					
30 Km al Norte	28° 28' 10" y 28° 29' LN, 97° 52' y 97° 53' 40" LO.	Cuenca (VO)	Interrumpida	5.0	Am, Fh, Ca
<b>Marismas de Altamira.</b>					
30 Km al Norte	22° 20' y 22° 30' LN, 97 ° 50' y 97° 52' 30" LO.	Cuenca (VO)	Golfo de México (II), VO	38.53*	Pc, Am, Fh, Ca
<b>Laguna del carpintero.</b>					
1.0 Km al Pto.	22° 12' y 23° 14' LN, 97° 50' y 97° 51' LW	Cuenca (VO)	rio Pánuco (I)	0.858*	Fh, Ca
<b>Laguna la Costa</b>					
1.0 Km al Sur	22° 12' y 23° 18' LN, 97° 51' y 97° 51' LO	rios Pánuco y Tamesí (II, VO)	rio Pánuco (I)	36.4*	Pc, Po, Am, Pm, Fh, Ca
<b>Laguna de Pueblo Viejo.</b>					
0.5 Km al Sur	22° 05' y 23° 13' LN, 97° 50' y 96° 03' LO	estero Tamacuil (II, VO)	rio Pánuco (I)	95.3*	Pc, Po, Am, Pm, Fh, Ca

**Régimen Hidráulico:** Se determina entre la influencia de ríos o corrientes menores y la influencia del mar, permanentes (I) o intermitentes (II), cuya duración del mayor flujo se presenta en Invierno-Primavera (IP) o en Verano-Otoño (VO), pesca comercial (Pc), explotación de ostión (Eo), camarón (Ec), zonas de alimentación de aves migratorias (Am), Pastizales marinos (Pm); así como aspectos generales de fragmentación del hábitat (Fh) y contaminación acuática (Ca).

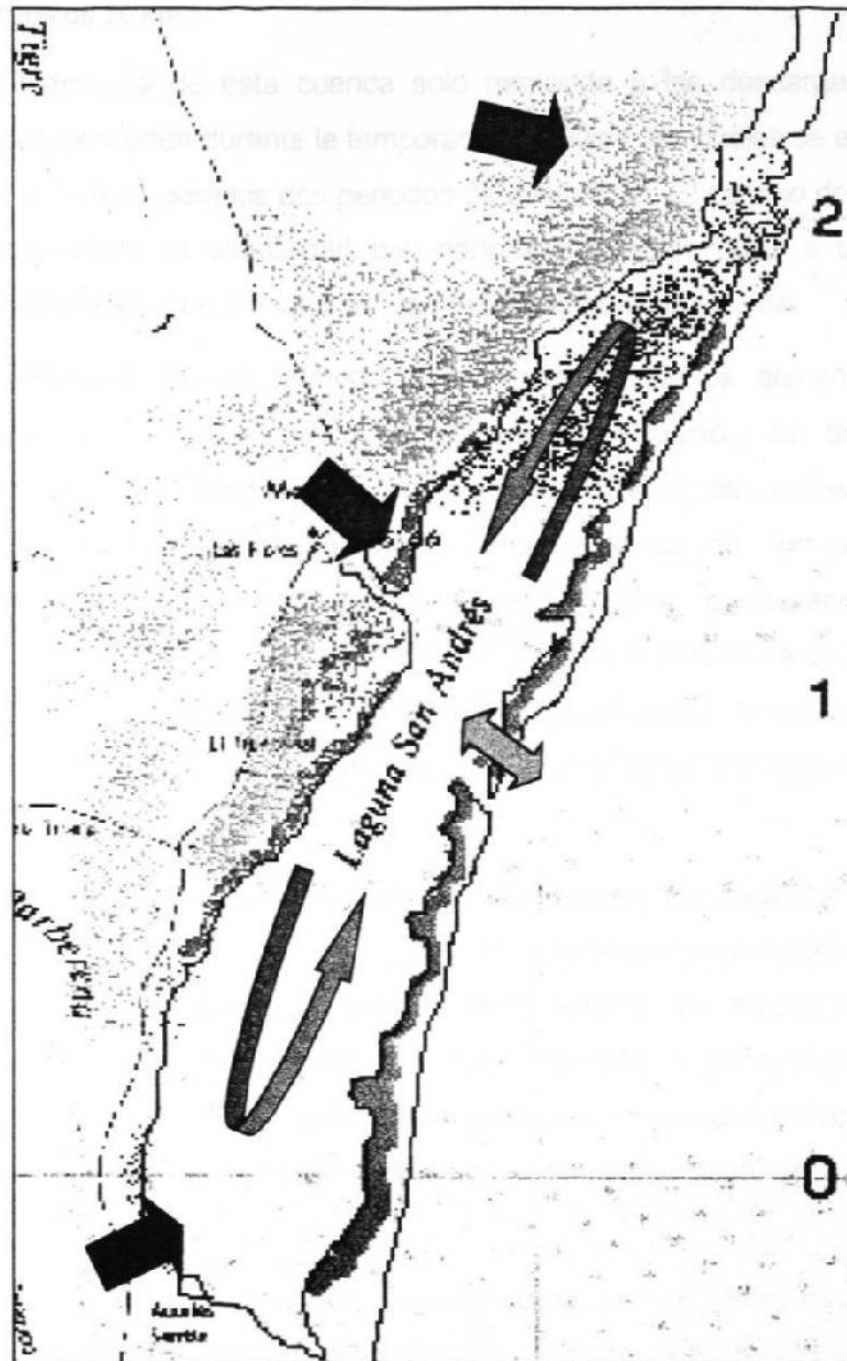


Figura 5a. Influencia de los escurrimientos, la marea y las descargas del río Tigre, hacia la laguna San Andrés, en el límite tropical del Golfo de México. (Flecha sencilla Azul intenso = descargas de agua dulce del río Tamesí; doble flecha violeta = refluo mareal desde el río Pánuco).

2. La inundación de los rodales de manglar y la vegetación más baja, al elevar el nivel del estero por encima de 50 cm.

Actualmente la hidrología de esta cuenca solo responde a las descargas de los escurrimientos que se vierten durante la temporada de lluvias, los cuales se estimaron en  $105,268,730 \text{ m}^3 \cdot \text{año}^{-1}$ , para los dos periodos de evaluación. El cambio de régimen hidráulico no solo afectó la estabilidad del manglar del estero, sino a todos los manglares aledaños, dentro de la marisma, dependientes de su influencia.

**Marismas de Altamira.** Es un humedal salino somero que se alimentaba del estero Garrapatas y la marea marina. Durante la construcción del puerto de Altamira esta zona fue desecada casi totalmente y en ciertas zonas se vertieron el material terrígeno resultante del dragado del dársena del puerto, formando una barrera física entre la misma marisma y el agua marina, conllevando a un ensalitramiento intenso del suelo. Posteriormente, durante la presencia del huracán Gilberto, se abrió una boca temporal que introdujo agua marina, la que junto con los escurrimientos de los últimos 5 años ha permitido mantener un nivel constante en la mayoría de su superficie.

**Laguna del Carpintero.** Esta laguna mantiene una hidrología dominada por la marea que asciende por el Río Pánuco y penetra este cuerpo de agua a través del Canal de la Cortadura. Sin embargo los escurrimientos de la cuenca, de aproximadamente  $107.78 \text{ km}^2$ , que descarga en este cuerpo de agua genera un volumen estimado de  $333 \text{ m}^3$  como escurrimientos, que lavan y arrastran los diferentes contaminantes de la ciudad, los que finalmente se vierten sobre los manglares como escurrimientos pluviales.

**Laguna de Pueblo Viejo.** La dinámica de esta laguna se encuentra funcionando sin modificación alguna y al igual que La Costa, la influencia mareal proviene del río Pánuco.

**Río Tamesí.** La cuenca de escurrimientos del Río Guayalejo-Tamesí (Figuras d y e), que posee una superficie de drenado de  $17,084.00 \text{ km}^2$  y descarga en promedio 2.198 millones de  $\text{m}^3$  anuales de aguas fluviales y escurrimientos de una amplia zona



dominada por actividades agro-industriales y urbanas, junto con la influencia del río Pánuco, dominan la dinámica de este cuerpo de agua.

En las descargas que se presentaron en la zona de evaluación son evidentes tres picos de aforos superiores a la cota de los 1.2 m en la parte de la descarga del río Tamesí sobre la laguna La Costa, sobre el dique de concreto que separa las aguas dulces de la laguna Chairel y las salobres de la laguna La Costa (Cuadro 6).

**Cuadro 6.- Aforos y descargas del río Tamesí (canal Americano) sobre el manglar de la laguna de la Costa, Tampico, México.**

Parámetros	1996	1997	
	Ag.27- Oct.04	Jun.25- Jul.10	Oct.12- Nov.06
Aforo promedio (A.P.) (m)	1.3712	1.3504	1.3131
Límite medio de Descarga (LMD) (m)	1.2	1.2	1.2
Aforo acumulado sobre el LMD (ASLMD) (m.d <sup>-1</sup> )	0.17120	0.1504	0.1131
Días de descarga superior al LMD.	39	27	16
Gasto como aforo acumulado (ASLMD)F.	6.6773	4.0600	1.8100
Longitud del dique (km)	4.5	4.5	4.5
Área de descarga (m <sup>2</sup> )	76.5000	67.68	50.895
Velocidad promedio de la corriente (m/seg)	5.0	5.0	5.0
Volumen de la descarga (m <sup>3</sup> /seg).	382.500	338.400	254.475
Descarga total en el periodo (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	1,288.872000	789.4195200	351.7862400

AP (m).- Aforo promedio del periodo en metros; LMD.(m).- Límite medio de Descarga en metros; ASLMD (m).- Aforo acumulado sobre el LMD; F(d).- Días de descarga superior al LMD y (ASLMD)F - Gasto como aforo acumulado.

El aforo promedio (AP) del periodo (F) que excedió el límite medio de descarga (LMD); generó el aforo acumulado sobre el LMD(ASLMD), en los 3 periodos, generando una descarga de un gran volumen de agua dulce sobre los manglares de esta laguna.

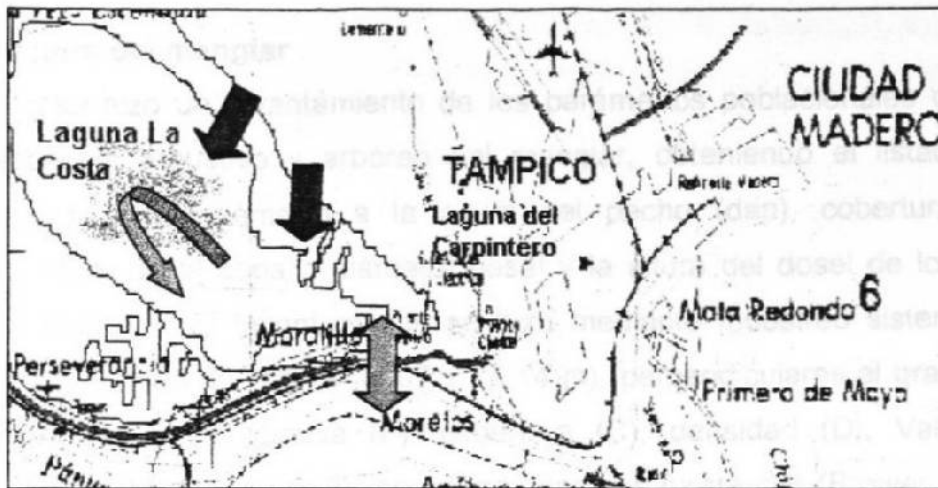


Figura 5d. Influencia de los escurrimientos y la marea de las descargas del río Tamesí, a través de los manglares, hacia la laguna La Costa, en el límite tropical del Golfo de México. (Flecha sencilla Azul intenso = descargas de agua dulce del río Tamesí; doble flecha violeta = refluo mareal desde el río Pánuco).

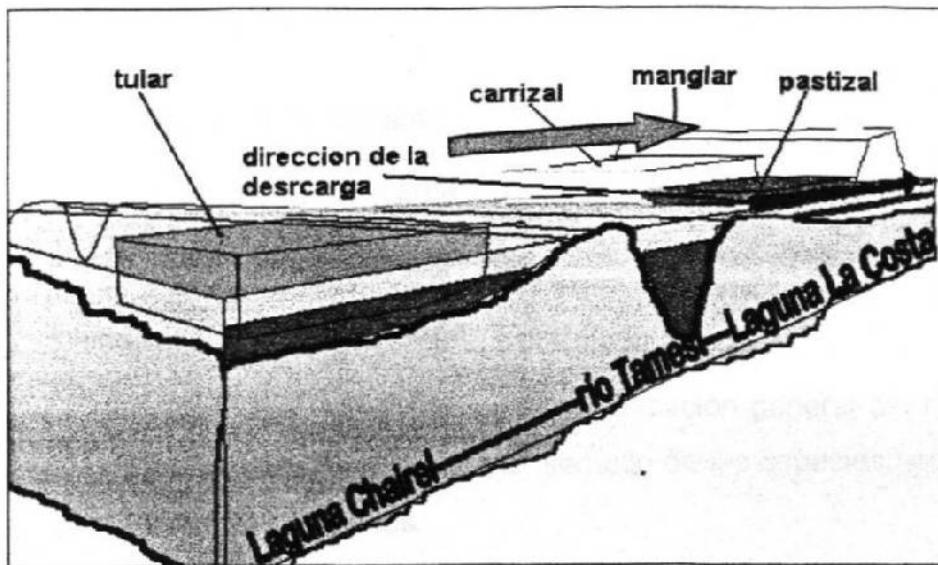


Figura 5e. Esquema de la influencia hidráulica de las descargas del río Tamesí, a través de los manglares, hacia la laguna La Costa, en el límite tropical del Golfo de México. (Azul intenso, es el nivel normal del río; azul claro, es la descarga durante la inundación y la flecha, la dirección de la descarga).

#### 5.4. Estructura del manglar

En cada sitio se hizo un levantamiento de los parámetros poblacionales de los estratos herbáceo, arbustivo y arbóreo del manglar, obteniendo el listado de especies e individuos, diámetro a la altura del pecho (dap), cobertura por proyección vertical de la copa o diámetro basal y la altura del dosel de los tres árboles más altos (h). El levantamiento se hizo mediante muestreo sistemático uniforme de cuadrantes de 100 m<sup>2</sup> (7.07 x 14.14 m), perpendiculares al gradiente mareal, obteniendo la frecuencia (F), cobertura (C), densidad (D), Valor de Importancia (IVI), absolutas y relativas de las especies existentes (Brower y Zar, 1977).

Se determinó de acuerdo con Holridge (1978) según Cintron y Schaeffer-Novelli (1983), el índice de complejidad (IC) de los manglares, el cual se calcula mediante la fórmula:

$$I.C. = \frac{(d)(a)(h)(s)}{1000}$$

donde: d = número de troncos / área

a = área basal del rodal / área

h = altura del rodal en metros / área

s = número de especies / área

Botánicamente se realizó una descripción de la organización general del manglar de estudio, indicando las especies dominantes, seguido de las especies asociadas en cada uno de los estratos analizados.

Para determinar la influencia positiva o negativa de la vegetación en el ecotono, como la protección al pastoreo, reclutamiento, invasión y explotación forestal, se definieron las asociaciones botánicas existentes en el ecotono de las comunidades de manglar siguiendo los criterios de Martínez y González-Medrano (1977); Rzedowski (1983) y Lot y Novelo (1990). La composición florística de las asociaciones se obtuvo empleando la escala de cobertura-abundancia de Brawn-



Blanquet (1932), según Mueller-Dumbois y Ellenberg (1974) (Cuadro 7), tomando en cuenta la topografía, las actividades antrópicas presentes y la distribución espacial en el gradiente de humedad.

**Cuadro 7. Escala de valores semicuantitativos de la Clasificación de asociaciones de Brawn-Blanquet (Mueller-Dumbois y Ellenberg, 1974), para los manglares del límite tropical del Golfo de México.**

ESCALA	VALORES
5	CUALQUIER NUMERO DE INDIVIDUOS, COBERTURA > AL 75 PORCIENTO
4	CUALQUIER NUMERO DE INDIVIDUOS, COBERTURA ENTRE EL 50 Y 75 %.
3	CUALQUIER NUMERO DE INDIVIDUOS, COBERTURA ENTRE EL 25 Y 50 %.
2	CUALQUIER NUMERO DE INDIVIDUOS, COBERTURA ENTRE EL 5 Y 25 %.
1A	INDIVIDUOS NUMEROSOS, COBERTURA < AL 5 %.
1B	INDIVIDUOS ESPARCIDOS Y ESCASOS, COBERTURA > AL 5 %
+	POCOS INDIVIDUOS Y POCA COBERTURA
r	INDIVIDUOS SOLITARIOS CON POCA COBERTURA
-	SIN PRESENCIA

Los perfiles de la vegetación se elaboraron siguiendo el gradiente de humedad, la pendiente y las actividades presentes en cada área, rasgos mostrados en cada perfil.

El listado de las especies se determinó colectando material botánico, heborizado según el criterio de Lot y Chiang (1986), identificándolo mediante una corroboración fotográfica y por identificación con claves botánicas. Para la identificación se siguieron criterios como los de Lawrence (1951); Nash (1979); Fay (1980); Vázquez Yanes (1980); Nash y Moreno (1981); Pacheco (1981); Gentry (1982); Torres (1983); Guzman et al (1984); Haynes (1984); Nash y Nee (1984); Nee (1984 a y b); Gama *et al.* (1985); Gomez (1985); Jiménez (1985); Fernández (1986); Ford (1986); Rzedowski (1986); Estrada y Marroquín (1988); Mora (1988); Tellez *et al.* (1989); Sánchez-Vindas (1990) y Martínez y Novelo (1993). En la lista se indicaron las especies en protegidas legalmente con base a la Norma oficial mexicana NOM-059-ECOL-1994 (SEDESOL, 1994), mientras que los usos se cotejaron con la literatura

(Hernández *et. al.*, 1991), con la información de las entrevistas a los lugareños y con los usos observados en el campo (Cuadro 8).

**Cuadro 8. Criterios de clasificación de la vegetación asociada a los manglares considerando atributos de uso y aprovechamiento para la región (modificado de Hernández *et. al.*, 1991).**

Tipo de uso	Descripción del uso
c: comestibles	Para aquellas especies cuyos órganos son de aprovechamiento en o como condimentos de alimentos.
m: medicinales	Para aquellas especies cuyos órganos, jugos o sumos que son usados como preventivos o curativos de enfermedades crónicas o temporales.
t: maderables	Para aquellas especies cuyas ramas, troncos o madera es usada para construcción de cercos, habitaciones, muelles, vehículos rústicos, artes de pesca o cualquier otro implemento doméstico o comercial
o: ornamentales	Para aquellas especies que son utilizadas como decoración de jardines públicos y/o privados, camellones, calles, parques, etc
v: venenosas o tóxicas	Para aquellas especies cuyos órganos causan envenenamiento o intoxicación en humanos o animales domésticos o el ganado
f: forrajeras	Para aquellas especies que son utilizadas como alimento para el ganado
h: habitat especial de ....-	Para aquellas especies que juegan un papel importante en la sobrevivencia de especies de fauna, sea porque le proporcionan directamente alimento, nidación, protección, percheo u otras

## 5.5. Productividad del ecosistema

### 5.5.1. Producción frutal y de hojarasca

La producción de hojarasca se obtuvo capturando el material de hojarasca en mallas de 0.85 x 0.90 m en cada uno de los sitios, colocadas por encima del nivel máximo del oleaje o de la marea más alta, con el fin de evitar la pérdida de las muestras. Las muestras se levantaron cada mes y el material se clasificó considerando las especies de mangle y la etapa fenológica presente. A cada uno de los diferentes componentes de la hojarasca se le determinó el contenido de materia seca, sometiendo las muestras a 110 °C por 120 min, pesándose inmediatamente después de la desecación. Se determinó el contenido de humedad por la diferencia del peso fresco y el peso seco.

### 5.5.2. Producción forestal.

La producción forestal se calculó como biomasa en pie, considerando los valores de densidad promedio, mínima y máxima, así como el dap promedio por medición durante el tiempo de estudio.

La biomasa en pie se determinó mediante el corte de 3 árboles de diferente diámetro a la altura del pecho (dap) de clases de edad de mayor interés de estudio, tomando en cuenta el valor promedio, el dap menor y el mayor registrado en el levantamiento para la determinación de la densidad. Se aplicó el método Adelaide (Foroughbakhch *et al.*, 1996) para árboles grandes, mientras que para los más chicos (< 4 m de altura) se hizo por corte total, separando y pesando en fresco el tronco principal, las ramas y el follaje para calcular la biomasa en pie en peso fresco del brote. La biomasa en seco se determinó a partir de muestras que se secaron en una estufa a 110 °C por 72 h.

El cálculo del volumen del tronco principal se obtuvo aplicando la fórmula:

$$V \text{ del tronco} = (A1 + A2)h/2 \quad (1)$$

Donde:  $V$  = volumen en  $m^3$

$A1$  = es el área superior de la troza en  $m^2$

$A2$  = es el área inferior de la troza en  $m^2$

$h$  = la longitud total del tronco, sin ramas

Para la determinación del volumen de explotación de la madera se estudiaron sitios donde se realiza la explotación de la madera, aplicando cuestionarios para conocer: 1) Especies explotadas, 2) diámetro inferior, superior y longitud total de la troza explotada; 3) usos de la madera; 4) tipo de madera que más se comercia; 5) tipo de transporte 6) durabilidad estimada; 7) tipo de comercialización y 8) precio directo de venta.

En las zonas de corte, se marcaron árboles que cumplieron con las especificaciones de vara, poste u horcón, contabilizándolos para establecer la proporción de la madera explotada respecto a la densidad poblacional del bosque en cuestión. Además se visitaron sitios donde los explotadores almacenan la madera, midiendo los productos maderables existentes. Con base en los usos establecidos, se buscaron actividades en las que se usa la madera y los precios en el mercado local, con lo que se determinó el volumen de madera explotada y el rendimiento económico por hectárea de explotación.

### 5.5.3. Crecimiento y Producción anual de Biomasa maderable.

En tres sitios (cuadro 9), se marcaron aleatoriamente lotes de plántula y árboles de mangle, cuyo número de individuos estuvo en función de la disponibilidad de acceso a los sitios seleccionados y a la incidencia de los madereros. Se midió el diámetro basal, dap y altura semestralmente a partir de septiembre de 1996, durante 2 años consecutivos. Con base en los resultados de la densidad y tasa de crecimiento anual y la explotación forestal se estimó la producción de biomasa anual (Pba).

**Cuadro 9. Variables en la determinación de la tasa de crecimiento del manglar, en el límite tropical del Golfo de México.**

Sitios	Especie dominante	Influencia hidrológica	frecuencia de la influencia	tamaño de la muestra
<i>Carpintero</i>	<i>L. racemosa</i>	<i>mareal</i>	<i>alta</i>	33
<i>La Costa</i>	<i>L. racemosa</i>	<i>mareal- escurrimientos</i>	<i>media</i>	22
<i>Garrapatas</i>	<i>R. mangle</i>	<i>escurrimientos</i>	<i>baja</i>	10

### 5.5.4. Importancia forrajera

Con el propósito de determinar la importancia forrajera de las especies de manglar, especialmente en los sitios donde se practica la ganadería extensiva en la época de estiaje (primavera), se evaluaron las especies forrajeadas, sus partes de interés forrajero y su digestibilidad, tomando en cuenta: a) Tipo de ganado en pastoreo, b)

Especie de mangle ramoneada y su frecuencia y c) Frecuencia de incidencia por especie y por composición de la planta.

Una vez determinado este parámetros se colectaron muestras de los órganos de la planta consumidos durante el pastoreo. Las muestras se secaron a 60 °C por 48 h, moliéndose en un molino tipo Willey. Las muestras se dividieron en 2 lotes. Uno para la determinación del valor nutritivo mediante el análisis proximal húmedo y seco, aplicando la técnica AOAC (1990), mientras que el otro lote se utilizó para la prueba de digestibilidad in vivo.

Para la digestibilidad de la materia seca (MS) y la proteína cruda (PC) se utilizó la técnica de la bolsa de nylon, de 5 x 10 cm y 53 micrómetros de luz de malla. Las bolsas se prepararon agregando  $2.0 \pm 0.0005$  g de hojas secas molidas de *L. racemosa* y *A. germinans*, así como corteza de raíz de *R. mangle*, que se introdujeron en el rumen de 4 borregos castrados Pelibuey con Rambulet, incubándose durante 48, 36, 24, 12, 8 y 4 h vs un control que no se incubó (0 h) tratado solo con agua. Las bolsas con las muestras se lavaron en una lavadora automática para eliminar la biomasa bacteriana y residuos adicionales de la digestión del animal. La digestibilidad se calculó encontrando la diferencia porcentual entre el peso seco inicial y el peso seco final al término de la prueba, mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Digestibilidad in situ, \%} = \left[ \frac{\text{peso inicial} - \text{peso final}}{\text{peso inicial}} \right] \times 100$$

## **5.6. Establecimiento y regeneración del manglar**

### **5.6.1. Dispersión de propágulos**

Para determinar la forma en que se dispersan los propágulos se tomó como referencia la producción de propágulos a partir de la producción de hojarasca de las especies, las condiciones climáticas e hidrológicas de los sitios de estudio durante la época de liberación, para entender la forma en las que éstas operan en la dispersión de los mismos. Con ésta información se elaboró un **modelo conceptual de la dinámica de los propágulos**, para confirmar la información de la dispersión y

explicar la manera en las que se relacionan la hidrología del área, germinación, reclutamiento y transferencia de materia a los otros niveles tróficos de la comunidad.

### 5.6.2. Reclutamiento de plántulas.

A partir de la información del **modelo conceptual de dispersión de los propágulos** se determinó la existencia de 5 niveles microtopográficos en los cuerpos de agua estudiados, los cuales utilizaron como variables en la evaluación del reclutamiento (Cuadro 10). En cada nivel se evaluó el reclutamiento ( $\text{Ind}/\text{m}^2$ ) durante un periodo de 6 meses, a intervalos mensuales aproximadamente, determinando la sobrevivencia y el crecimiento de las plántulas sobrevivientes. Adicionalmente se determinó el reclutamiento de plántulas en el ecotono terrestre y acuático de los manglares evaluados.

**Cuadro 10. Niveles microtopográficos para la evaluación del reclutamiento de propágulos de los manglares del límite tropical del Golfo de México.**

Condiciones y variables experimentales del reclutamiento bajo la sombra	
Tipo del nivel hidráulico	Elevación del nivel hidráulico*
nivel bajo la bajamar (I)	Normal, sin inundación (0 a -20 cm)
nivel de bajamar (II)	Normal, sin inundación (0 a 20 cm)
Nivel intermareal (III)	Normal, sin inundación (20 a 30 cm)
nivel de pleamar (IV)	Normal, sin inundación (30 a 45 cm)
Nivel superior a la pleamar (V)	Nivel máximo de inundación (> a 45 cm)

(\*) Valores más aproximados para toda la zona de estudio.

### 5.6.3. Germinación.

Se realizaron pruebas de germinación bajo condiciones ambientales con los cuatro lotes de semillas, aplicando un diseño de bloques aleatorizados, con 20 semillas en cuatro repeticiones, estableciendo las semillas en charolas de plástico ovaladas, sin drenaje, que se llenaron con 200 g de arena fina tratada (Moreno, 1984), tamizándola en una malla No. 82 de luz y lavándola con agua corriente para eliminar los sólidos contenidos hasta obtener el agua clara. Los tratamientos fueron semillas de *L. racemosa* del suelo, *L. racemosa* de las ramas, *A. germinans* del suelo y *C.*

*erecta* de las ramas. Los propágulos se irrigaron con agua corriente hasta saturación, registrando los eventos ocurridos durante la germinación, así como la mortalidad de plántulas.

Debido a que los propágulos mostraron una respuesta diferente durante la absorción del agua, se probó el efecto en semillas de periodos alternos de inundación (agua salobre con 4 g/l NaCl) y desecación del sustrato, en ciclos de 12 horas durante nueve días, en semillas de *A. germinans* y *L. racemosa* (del árbol y del suelo), en un contenedor cilíndrico de 50 litros, conteniendo un lecho de arena fina tratada con una inclinación aproximada de 30°. Todos los propágulos hundidos se extrajeron y los resultantes se dejaron germinar en la arena expuesta, al final del periodo. Este modelo experimental permitió simular las condiciones hidrológicas observadas, buscando confirmar la información del Modelo Conceptual de la Dinámica de propágulos.

Otro experimento consistió en determinar de forma preliminar el efecto de la salinidad (0, 10 y 100 ppm de NaCl) e inundación (0 y 100 horas) en la viabilidad de los propágulos y sobrevivencia de plántulas de *L. racemosa* de las ramas, *A. germinans* del suelo y *C. erecta* de las ramas, bajo un diseño factorial 2n a temperatura e iluminación natural.

Para confirmar los resultados anteriores, se determinó el efecto de la inundación en la germinación y sobrevivencia de plántulas sometiendo los propágulos a 0, 19, 69, 142 y 167 horas de inmersión en agua con 5 g/l de NaCl, bajo un diseño de bloques aleatorizados, con cuatro repeticiones. Las semillas tratadas se colocaron para su germinación en charolas de plástico de 40 celdas cónicas (5 x 5 x 7cm) con contenedor de agua, utilizando como sustrato arena tratada, a una temperatura preestablecida de 30° C con periodos de iluminación de 12 horas, en una cámara bioclimática Biotronette (MARK II).

Para establecer las posibilidades de manejo de los propágulos de las especies, se conservaron en refrigeración (10 °C/ 3 meses), lotes de *L. racemosa* de las ramas, *A. germinans* del suelo y *C. erecta* de las ramas, con la finalidad de establecer la

viabilidad de los propágulos bajo enfriamiento. Al término del periodo se determinó la viabilidad, analizando por disección los embriones y sometiéndolos a germinación en arena tratada, a 30° C con periodos de iluminación de 12 horas, en una cámara bioclimática Biotronette (MARK II).

#### 5.6.4. Regeneración de tocones.

En cada sitio se realizó un análisis de la regeneración de los tocones resultantes del corte de la madera, determinando la densidad por área (Ind/m<sup>2</sup>), bajo diferentes densidades del bosque, considerando que a mayor densidad existe menor luz disponible en el piso. Solo se consideraron aquellos tocones que produjeron ramas nuevas en los tres meses siguientes, dentro de las dos temporadas climáticas más críticas.

#### 5.7. Identificación y clasificación del impacto ambiental en los manglares.

Para cada una de las áreas de estudio se identificaron las actividades antropogénicas (tensores) incidentes en las comunidades, siguiendo la clasificación indicada por Cintron y Schaeffer-Novelli (1983); Wetsman (1985); Lugo et al., (1990) (Cuadro 11).

**Cuadro 11.- Clasificación de los factores antropogénicos conforme a la forma de incidencia en la ruta de energía en los manglares, en el límite tropical del Golfo de México (Cintron y Schaeffer-Novelli, 1983; Lugo et al., 1990).**

<b>Tipos de tensor</b>	<b>Efectos sobre la energía incidente</b>	<b>Actividades que la provocan</b>
1	<i>Cortan la Fuente principal</i>	<i>Canalizaciones, represamientos, bordes y diques.</i>
2	<i>Desvían energía antes de que se incorpore.</i>	<i>Cambios en el Hidroperiodo.</i>
3	<i>Remueven la energía obtenida durante la fotosíntesis</i>	<i>Forrajeo por los herbívoros.</i>
4	<i>Remueven el almacén después de la fotosíntesis</i>	<i>Cosecha e incendios forestales.</i>
5	<i>Incrementan la tasa de respiración</i>	<i>Contaminación termal, por las aguas de drenaje urbano y por hidrocarburos.</i>



Con base en este criterio se realizó una evaluación del manglar en cada uno de los sitios, tanto preliminares como permanentes, para obtener un cuadro descriptivo de los impactos ambientales presentes. El análisis del impacto de factores bióticos y abióticos sobre los patrones demográficos de los manglares en estudio, se obtuvo aplicando el modelo modificado de Tramas de Sorensen (1971, 1972), según Westman (1985).

## **5.8. Análisis para el manejo racional del manglar**

Para establecer las bases para diseñar una estrategia para el manejo racional del manglar se consideraron otros dos aspectos de producción económica potencial, además de la información obtenida en los incisos anteriores, como la producción comercial de madera, la de carbón y la utilización potencial de las especies de mangle como posibles agentes bioremediadores sobre los contaminantes presentes en el agua (Figura 6).

### **5.8.1. Análisis de la demanda de madera.**

Para este análisis se seleccionaron tres Sociedades Cooperativas Pesqueras de la Federación Regional de Cooperativas de la Industria Pesquera de la Zona Norte del Estado de Veracruz, F.C. de R.S., con base en la solicitud de la Oficina Regional de la SEMARNAP en Cd. Cuauhtémoc, Veracruz, para realizar un estudio del sistema de explotación actual de los manglares de las lagunas La Costa y Pueblo Viejo, de donde se extraen las varas para construir "charangas" (artes de pesca), postes y otros productos maderables.

El objetivo de esta evaluación fue el de establecer las zonas de manglar que cuentan con las especificaciones indicadas de las varas utilizadas por las Sociedades Cooperativas de la zona para la construcción de las charangas, un arte de pesca para la captura del camarón lagunero. Apoyados con transporte e información, se visitaron tres áreas de manglar: dos en el Estero Tamacuil (Sitio I y II), al sur de la laguna de Pueblo Viejo y el otro en la Laguna de la Costa, ambos ubicados en el norte del estado de Veracruz (Cuadro 12). En cada sitio se realizó

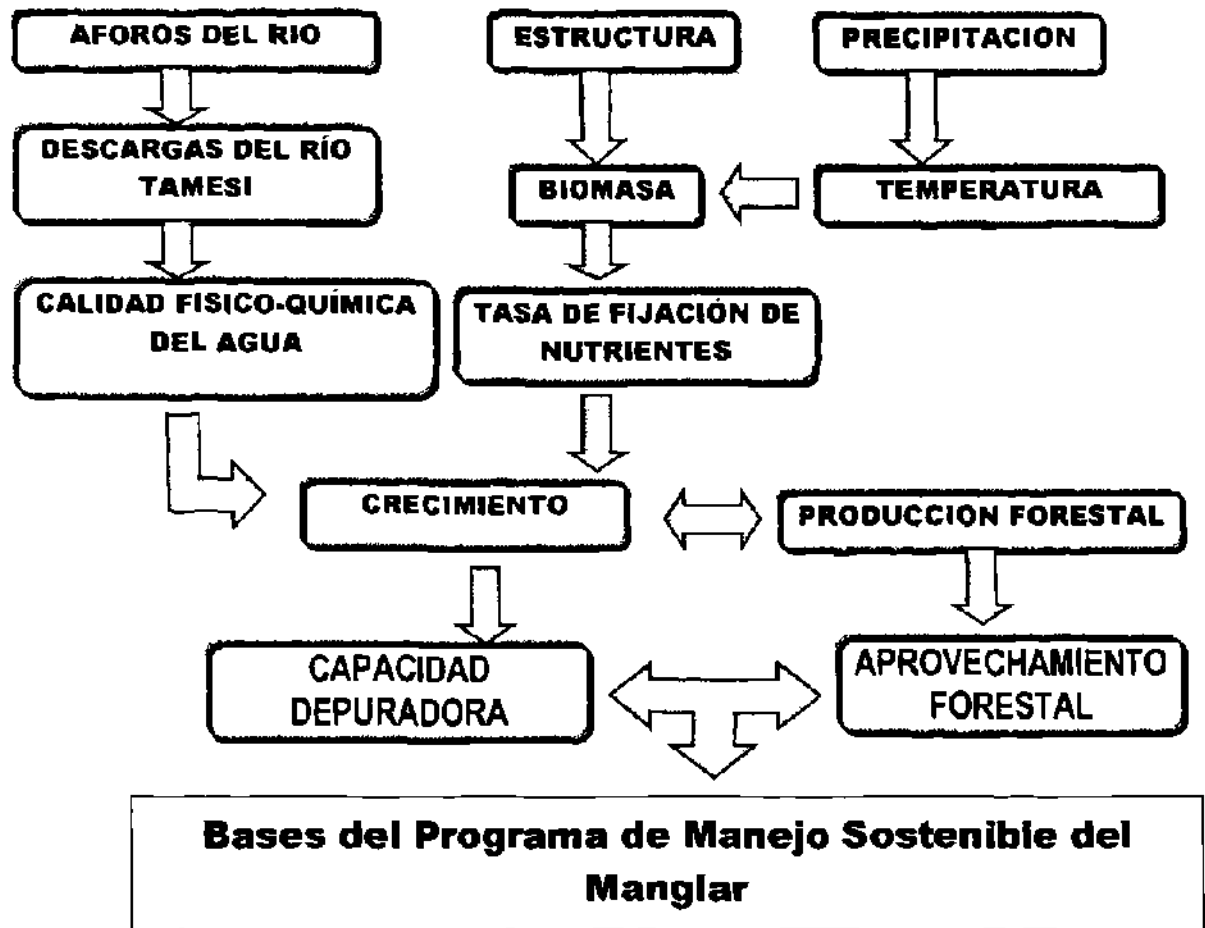


Figura 6.- Diagrama metodológico para la estrategia de manejo racional de los manglares en límite tropical del Golfo de México.

una evaluación para determinar: a) el sistema de corte, b) las especificaciones de las varas utilizadas, c) el procedimiento de preparación de las varas, d) la disposición de los residuos forestales, e) el procedimiento para el transporte de la materia prima al área de construcción de la charanga y f) el procedimiento para la instalación de la charanga en los sitios de captura del camarón.

**Cuadro 12.- Ubicación de los sitios de manglar para la explotación de varas para la construcción de charangas en el norte del estado de Veracruz, México.**

Cuerpo de agua	Ubicación geográfica
Laguna La Costa	22° 13' 30" y 22° 14' 00" Latitud Norte y 97° 56'y 97° 57'Longitud Oeste.
Estero Tamacuil (I y II)	22° 00' 30" y 22° 02' 00" Latitud Norte y 97° 51'y 97° 52'Longitud Oeste.

Se evaluaron separadamente cada uno de los pasos en el armado de la estructura de la charanga, aplicando el Diagrama de Flujo de Proceso (DFP) para determinar las condiciones actuales del proceso, tiempos, costos y desperdicios, los cuales sirvieron para calcular los montos de la construcción de la charanga, la demanda de varas por charanga ( $v_{ch}$ ) y conforme al número de socios y charangas por cooperativa, el total de varas requeridas ( $v_{ch}$ ) para cada una de las Cooperativas evaluadas.

En cada sitio se realizó una evaluación de la estructura del bosque por el procedimiento indicado en el inciso 5.5, determinándose la densidad de las especies y la biomasa en pié. El volumen de madera aprovechable por hectárea ( $V_{ma}$ ) para varas, se obtuvo mediante la fórmula:

$$V_{ma} = (v_e - V_p)$$

Donde:  $v_e$  = varas explotables por hectárea

$$V_p = \Sigma[(A_1 + A_2)h/2]/n = \text{Volumen promedio de la vara}$$

$A_1$  = área superior de la vara en  $m^2$

$A_2$  = área inferior de la troza en  $m^2$

$h$  = longitud de la vara y

$n$  = número de varas medidas

Por diferencia se estableció el volumen de madera en pie que se desperdicia, con lo que se estimó el volumen de madera aprovechable para otros fines ( $V_{mot}$ ), como la producción de carbón por hectárea ( $V_c$ ).

#### **a) Mercado para el carbón.**

Esto se determinó seleccionando empresas representativas que utilizan el carbón como combustible en la preparación de carnes asadas (pollo y res), cuya demanda sirvió para establecer el consumo requerido y el mercado potencial de este combustible. En las mismas empresas se determinó el costo de compra del carbón tanto al mayoreo como al menudeo, incluyéndose además una evaluación de los precios de diferentes proveedores de carbón vegetal en la zona.

#### **b) Elaboración experimental de carbón de mangle.**

Con el propósito de determinar la posible producción por hectárea de las zonas evaluadas, en el laboratorio se sometieron a carbonización muestras de madera seca de *L. racemosa* y *A. germinans*, con diferentes diámetro y espesor, a calentamiento de  $300 \pm 20$  °C, durante  $30 \pm 5$  min. en una mufla (THERMOLYNE 1300), cubriéndolas con arena de playa seca para detener la ignición, determinando la diferencia en peso antes y después del proceso.

Mediante la fórmula siguiente se calculó la producción de carbón por hectárea para las zonas propuestas:

Producción de carbón por hectárea (PC, Ton/ha) =  $V_c \cdot Hm \cdot D$

Donde:

$V_c$  = Volumen de madera disponible para carbón por hectárea ( $m^3/ha$ )

$Hm$  = % de pérdida de humedad

**D = Densidad específica después de carbonización (ton/m<sup>3</sup>)**

Con estas estimaciones se calculó la producción por temporada, evaluando el método de carbonización más económicamente adecuado a la capacidad económica de las Sociedades Cooperativas evaluadas. Posteriormente se determinó la factibilidad de la inversión, con base en el diseño de una planta para esa producción, considerando la normatividad ambiental vigente.

### **5.8.2. Fitoextracción de contaminantes del agua.**

Para obtener esta información se utilizó la información de Producción de Biomasa Anual (Pba), en un sitio de manglar sujeto a descargas del río Tamesí (canal Americano) con concentraciones elevadas de plomo (Pb) total, determinando lo siguiente:

#### **a) Estimación de cargas**

Para calcular el volumen de descarga de este río se tomó en cuenta el registro diario de los aforos del canal Americano ( Comisión Nacional del Agua, 1997), especialmente los que estuvieron por encima de la cota de los 1.20 msnm (Cuadro 6), debido a que es la altura del dique a la cual el canal descarga sus aguas sobre el manglar. Para determinar el gasto se consideraron la longitud máxima del dique, así como la velocidad promedio del agua en este periodo.

#### **b) Determinación el plomo (Pb)**

Por espectrofotometría de absorción atómica (NMX-AA-051) se determinó la concentración puntual en base seca (BS) de Plomo en muestras compuestas de tres sub-muestras del agua y sedimento a la entrada del manglar durante la creciente, que es el momento en que el manglar recibe el aporte de agua dulce, así como también en el follaje y madera de los mangles cosechados para la determinación de la biomasa. Los valores se utilizaron para determinar la carga de nutrientes y Plomo que incidió sobre el manglar durante el periodo de creciente.

#### **c) Capacidad depuradora del manglar.**

En esta fase se tomó como referencia el modelo de balance hidráulico (Mitsch y Goselink, 1993), el cual se adaptó a los valores obtenidos en el estudio. Este

modelo considera las entradas, las salidas, así como los volúmenes retenidos por el manglar durante el crecimiento. Los datos obtenidos se extrapolaron a los valores de biomasa en pie y crecimiento para estimar la absorción y fijación de este metal, con lo se estimó la capacidad depuradora del manglar para el Plomo. Con la información de los análisis bromatológicos y la digestibilidad del manglar se estimó el riesgo de la transferencia de estos contaminantes por la vía del consumo de productos pecuarios en la zona.

#### **5.9. Diseño experimental y análisis estadístico de la información**

El índice de complejidad (IC) de los manglares, se utilizó para cuantificar el grado de desarrollo estructural de un rodal, el cual es importante para la clasificación fisiográfica de los mismos.

Los datos cuantitativos (parámetros poblacionales y factores físicos) se analizaron por correlación para determinar la asociación entre las variables.

Para el análisis estructural, demográfico, crecimiento, productividad y reclutamiento se aplicó un análisis de varianza multifactorial de acuerdo con Zar (1984).

Con los volúmenes de los árboles cortados, se obtuvo el modelo de regresión que más se ajusta a los datos, empleándolo para la determinación de los volúmenes de explotación de la madera, así como para el crecimiento.

La información correspondiente a los tipos de impacto (Condición inicial, consecuencias y efectos), permitió determinar cualitativa y cuantitativamente la relación del o los factores de perturbación con la producción y la capacidad de regeneración del ecosistema. Dicha relación fue útil para establecer los criterios para el programa de manejo de los manglares.

La información recabada permitió establecer recomendaciones sobre el uso y manejo adecuado de las poblaciones maderables más apreciadas desde el punto de vista de uso de la madera para la construcción, cercos, leña, etc.

## VI. RESULTADOS

### 6.1. Análisis estructural del manglar

#### 6.1.1. Especies bajo el dosel de la vegetación de manglar

En la fase preliminar de evaluación se determinaron once sitios de manglar (Cuadro 13), con base en los criterios de la riqueza biológica, altura, factores de perturbación, gradiente hidráulico y valores locales.

**Cuadro 13. Lista de los sitios preliminares de manglar evaluados para la definición de sitios definitivos en el límite tropical del Golfo de México.**

Sitios de manglar en el área de influencia de Tampico, México		
LC.- Laguna del Carpintero	D7.- Canal del Dique 7	CA.- Canal Americano
CZ.- Canal del Zapote	DC.- Dunas costeras de Altamira	RT.- Delta del Río Tamesí
EG.- Estero Garrapatas	PV.- Laguna de Pueblo Viejo	LP.- Libramiento Poniente
MA.- Marismas de Altamira	SA.- Laguna de San Andrés	

En los sitios referidos se determinaron cuatro grupos de agrupaciones botánicas en función de sus afinidades con el hábitat (Cuadro 14 a-d).

**Cuadro 14a.- Especies de mangle en el límite tropical del Golfo de México (Escala de cobertura-abundancia de Brawn-Blanquet, 1932; según Mueller-Dumbois y Ellenberg, 1974).**

ESPECIES	Sitios de manglar										
	LC	D7	CA	CZ	DC	RT	EG	PV	LP	MA	SA
<i>Rhizophora mangle</i> L.	-	2	+	5	-	3	4	2	1 a	-	+
<i>Avicennia germinans</i> L.	2	2	+	r	-	2	+	5	+	3	5
<i>Laguncularia racemosa</i> (L.) Gaertn	4	3	5	2	-	1 a	-	+	5	-	-
<i>Conocarpus erecta</i> L.	-	-	-	-	2		1 a	-	-	2	2
Altura máxima (m)	6.3	10.5	12.0	6.4	1.8	12.5	6.0	5.5	9.0	5.3	6.0
Salinidad Intersiticial (‰)	18.9	23.5	8.5	17.6	49.8	18.5	5.9	32.1	21.7	61.4	35.6
TOTAL ESPECIES*	5	5	7	10	3	7	8	10	12	7	9

\* Incluye tanto a las especies de mangle como las asociadas.

En la comunidad de manglar se determinaron 4 de las 5 especies de mangle del Golfo de México. La especie con mayor presencia en los sitios fue *Avicennia germinans*, siguiéndole en orden decreciente de importancia, *Rhizophora mangle*,

*Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erecta*. Sin embargo, respecto a la abundancia en orden decreciente, fue para *L. racemosa*, *A. germinans*, *R. mangle* y *C. erecta*.

La correlación de la salinidad intersticial con la altura observada y el número total de especies dentro del dosel arbóreo fue baja (-0.310 y -0.247, n = 11).

**Cuadro 14b.- Especies halófitas herbáceas en los manglares del límite tropical del Golfo de México** (Escala de cobertura-abundancia de Brawn-Blanquet, 1932; según Mueller-Dumbois y Ellenberg, 1974).

ESPECIES	Sitios de manglar										
	LC	D7	CA	CZ	DC	RT	EG	PV	LP	MA	SA
<i>Rhabdenia</i> sp.	-	-	-	2	-	2	2	1A	-	-	-
<i>Achrostichum aureum</i>	-	1b	-	1B	-	-	2	-	1A	-	-
<i>Borrchia frutescens</i>	-	-	-	-	1a	-	-	1a	1b	1a	2
<i>Spartina spartinae</i>	-	-	-	-	3	-	-	4	1a	1a	
<i>Salicornia ambigua</i>	-	-	-	-	-	-	-	1a	1a	1b	2
<i>Suaeda nigra</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	+	3	2
<i>Lycium carolinianum</i>	2	-	-	1a	-	-	2	1b	+	-	2
<i>Distichlis spicata</i>	-	-	4	3	-	-	3	3	2	3	2
<b>TOTAL ESPECIES</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>5</b>

La comunidad de halófitas (Cuadro 14b) estuvo constituida por 8 especies herbáceas, que no mostraron correlación estrecha con la salinidad del ( 0.298). Las especies más comunes y abundante fueron *Distichlis spicata* y *Lycium carolinianum*, que forman masas vegetales densas dentro y fuera del ecotono del manglar.

**Cuadro 14c.- Especies halotolerantes en los manglares del límite tropical del Golfo de México** (Escala de cobertura-abundancia de Brawn-Blanquet, 1932; según Mueller-Dumbois y Ellenberg, 1974).

ESPECIES	Sitios de manglar										
	LC	D7	CA	CZ	DC	RT	EG	PV	LP	MA	SA
<i>Scirpus validus</i>	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Crinum erubescens</i>	-	+	3	2	-	1 a	-	-	1 a	-	-
<i>Typha dominguensis</i>	-	-	1b	2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Bacopa monieri</i>	-	-	-	-	-	-	r	-	-	-	-
<b>Total de especies</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>



Sobre la vegetación halotolerante se identificaron 4 especies, que son típicamente dulceacuícolas o paludícolas que toleran bajas salinidades del suelo, presentan un crecimiento limitado y cuya correlación con la salinidad intersticial fue la más alta (0.619).

**Cuadro 14d.- Especies glicófitas en los manglares del límite tropical del Golfo de México** (Escala de cobertura-abundancia de Brawn-Blanquet, 1932; según Mueller-Dumbois y Ellenberg, 1974).

Glicófitas terrestres											
	LC	D7	CA	CZ	DC	RT	EG	PV	LP	MA	SA
<i>Momordica dioica</i>	-	-	-	-	-	R	-	-	-	-	-
<i>Leucaena leucocephala</i>	1b	-	-	-	-	-	-	-	r	-	-
<i>Ficus sp.</i>	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Terminalia catappa</i>	1a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total de especies	2	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0

El grupo de las glicófitas, presentó una escasa abundancia en los manglares, presentando una correlación también baja con la salinidad (0.266).

**Cuadro 15. Índice de afinidad (Sørensen 1948) entre los sitios con manglar en el límite tropical del Golfo de México.**

SITIOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1.000	2	3	4	0	2	1	2	3	1	2
2	0.400	1.000	4	5	0	4	3	3	5	1	2
3	0.667	0.889	1.000	4	0	4	2	4	4	1	2
4	0.615	0.769	0.667	1.000	0	5	4	4	5	1	2
5	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0	1	2	2	3	2
6	0.333	0.667	0.545	0.667	0.000	1.000	3	4	4	1	2
7	0.154	0.429	0.500	0.500	0.182	0.400	1.000	4	3	2	5
8	0.286	0.400	0.615	0.471	0.333	0.500	0.471	1.000	7	5	5
9	0.400	0.909	0.571	0.556	0.308	0.471	0.333	0.737	1.000	5	6
10	0.182	0.308	0.200	0.143	0.667	0.154	0.286	0.667	0.625	1.000	5
11	0.308	0.308	0.333	0.250	0.364	0.500	0.375	0.588	0.667	0.714	1.000

1.- Laguna del Carpintero; 2.- Canal del Dique 7; 3.- Canal Americano; 4.- Canal del Zapote; 5.- Dunas costeras de Altamira (Zotavento); 6.- Delta del Río Tamesí; 7.- Estero Garrapatas; 8.- Laguna de Pueblo Viejo; 9.- Libramiento Poniente; 10.- Marismas de Altamira y 11.- Laguna de San Andrés.

Respecto al índice de afinidad del Cuadro 15, para los sitios preliminares (Sörensen 1948), se obtuvieron los siguientes grupos de afinidad:

**Grupo I.-** Las Dunas costeras, las Marismas de Altamira y la Laguna de San Andrés (Fotografía 1).

**Grupo II.-** El Estero Garrapatas (Fotografía 2).

**Grupo III** La Laguna del Carpintero y el Canal Americano (Fotografía 3).

**Grupo IV.-** El Dique 7, el canal Americano, el canal del Zapote, el delta del Río Tamesí, el Libramiento Poniente y la Laguna de Pueblo Viejo (Fotografía 4).

Considerando lo anterior como referencia solo se tomaron como sitios de trabajo definitivo la Laguna de San Andrés, el estero Garrapatas, la laguna del Carpintero y la laguna de la Costa, ya que además exhiben diferencias fisiográficas y reflejan un gradiente de transición latitudinal y climático (Figura 7). El Índice de diversidad de Shannon (Cuadro 16) no reflejó un relación apropiada entre la diversidad y las especies determinadas bajo el dosel arbóreo.

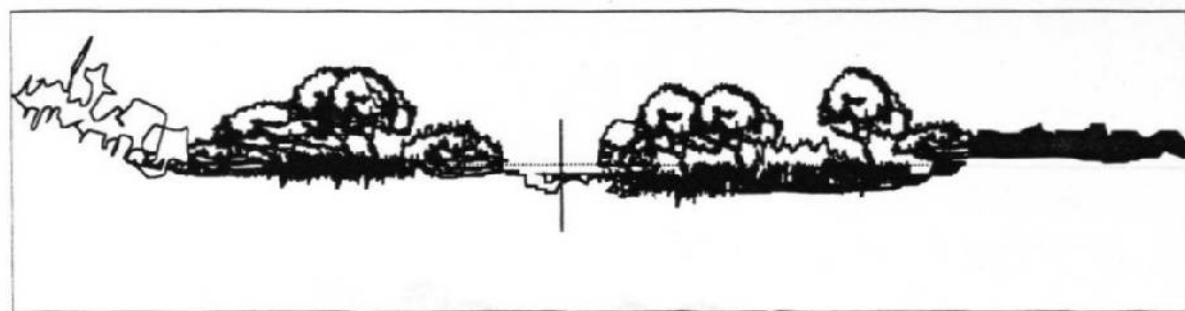
**Cuadro 16. Índice de Diversidad (Shanon, 1948) del estrato arbóreo de los manglares en el límite tropical del Golfo de México.**

<b>ESPECIES</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>VI</b>
<i>R. mangle</i>	---	13	10	21	30	---
<i>A. germinans</i>	23	---	---	34	---	11
<i>L. racemosa</i>	27	40	116	39	---	---
<i>C. erecta</i>	---	---	---	---	15	34
<i>L. leucocephala</i>	36	---	---	---	---	---
<i>T. catappa</i>	1	---	---	---	---	---
<i>T. havanensis</i>	1	---	---	---	---	---
Total Inds	88	53	126	94	45	45
H	0.51	0.24	0.12	0.46	0.27	0.24
H. max.	0.70	0.30	0.30	0.48	0.30	0.30
J (%)	73.00	80.00	40.00	96.00	90.00	80.00

I.- Laguna del Carpintero; II.- La Costa (Sitio I); III.- La Costa (Sitio II); IV.- Dique; V.- Estero Garrapatas; VI.- Marismas de Altamira.

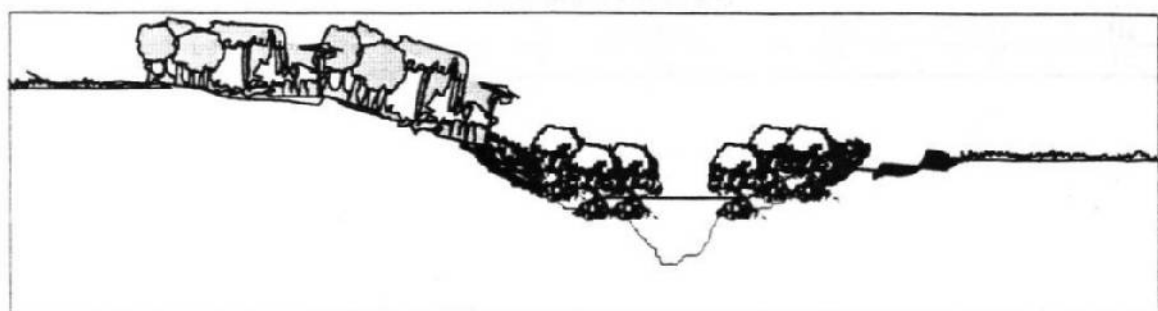
### 6.1.2. Rasgos fisiográficos de los manglares

Fisionómicamente los manglares muestran un descenso de altura de norte a sur. *A. germinans* presenta un descenso en la abundancia de norte a sur, mientras que para *L.*



Laguna de San Andrés

Me	Mn	Mm1	La	Zr	Mr	Mn	Mbo	Dc
>100	25	10	900	40	15	130	35	>100



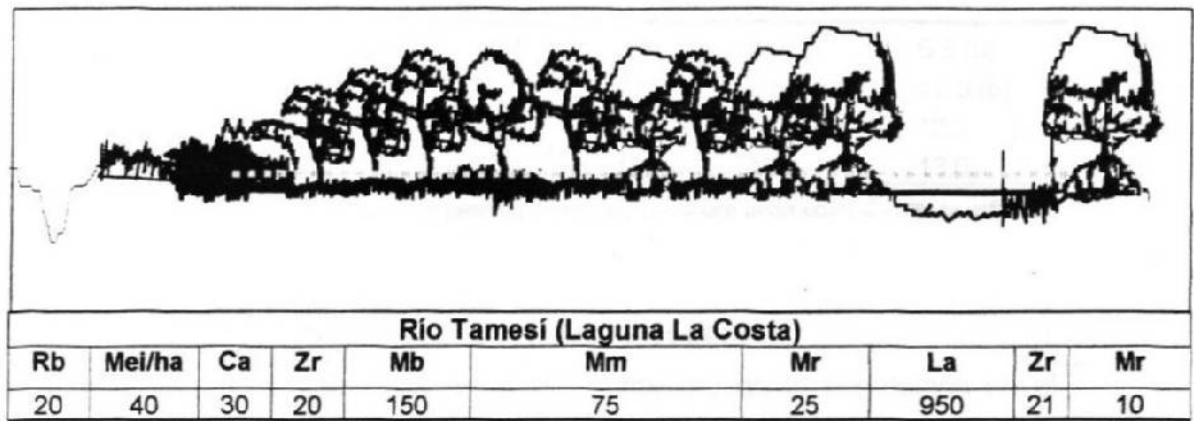
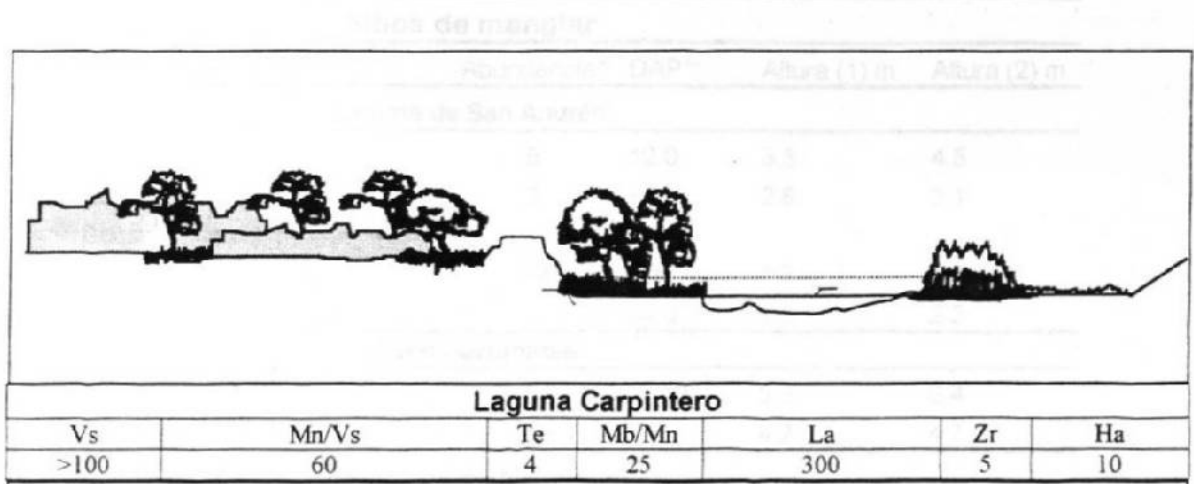
Estero garrapatas

Pi	Sbs/Vs/Me	Zr	Mr/Mbo	Es	Mr	Me	Pi
>100	60	4	25	15	20	50	>100

**Figura 7. Perfiles vegetacionales de los manglares el límite tropical del Golfo**

**de México** (Mb.- *L. racemosa* L. (Gaertn); Mr.- *R. mangle* L.; Mn.- *Avicennia germinans* L.; Mbo.- *Conocarpus erecta* L.; Mm.- Manglar mixto; Zr.- zona de reclutamiento de manglar. Sbs.- Selva baja subperenifolia; Mei.- Matorral espinoso inundable; Me.- Matorral espinoso; Ha.- Vegetación halófila; Dc.- Vegetación de dunas costeras; Ca.- Carrizal; Pi.- Pastizal inducido; Vs.- Vegetación secundaria; Rb.- Río; Es.- Estero; La.- Laguna; Te.- Terraplén. Los son metros.

**Figura 7.- Continuación**



*racemosa* es inversa (Cuadro 17). También se aprecia un descenso de la altura en el gradiente latitudinal, hacia el norte.

**Cuadro 17. Rasgos fisionómicos de los manglares en el límite tropical del Golfo de México** (Escala de cobertura-abundancia de Brawn-Blanquet, 1932, según Mueller-Dumbois y Ellenberg, 1974).

Sitios de manglar					
Especies	Distribución	Abundancia*	DAP**	Altura (1) m	Altura (2) m
<b>Laguna de San Andrés</b>					
<i>A. germinans</i>	Costas	5	12.0	3.5	4.5
<i>R. mangle</i>	Boca del río Barberena Boca Chavarría	2	<3.2	2.8	3.1
<i>C. erecta</i>	Suelo muy salinizado	1 a	4.3	1.3	1.9
<i>L. racemosa</i>	Boca del río Barberena	r	<4.0	1.8	2.3
<b>Estero Garrapatas</b>					
<i>R. mangle</i>	Todo la rívera	5	12.03	5.3	6.4
<i>C. erecta</i>	Bordes y dentro del manglar	2	6.6	4.2	4.7
<b>Marismas de Altamira</b>					
<i>A. germinans</i>	Bordes de caminos	2	5.3	1.04	6.0
<i>C. erecta</i>	Suelo muy salinizado	1 a	4.5	1.03	1.6
<b>Laguna del Carpintero</b>					
<i>L. racemosa</i>	Toda la costa	5	5.3	5.9	7.5
<i>A. germinans</i>	Suelo muy salinizado	2	4.5	6.2	7.5
<b>Laguna la Costa</b>					
<i>L. racemosa</i>	Porción media a borde externo	5	4.9	4.9	6.5 (a)
			8.6	8.6	12.0 (b)
<i>A. germinans</i>	Parte media-Borde interno	2	10.6	10.6	12.5
<i>R. mangle</i>	Borde interno	2	12.4	10.8	13.0

\* Abundancia en escala 1-5; \*\* Diámetro a la altura del pecho promedio; 1.- Altura promedio; 2.- altura máxima; a.- Sitio I y b.- Sitio II.

### 6.1.3. Cobertura, densidad e importancia de las especies.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el levantamiento de la vegetación en el estrato arbóreo, la dominancia de las especies de mangle encontrados es diferente para cada uno de los sitios de evaluación (Cuadro 18), apreciándose que la mayor dominancia, en cuanto a densidad y valores de importancia para toda el área, corresponde a *L. racemosa* siguiéndole en orden decreciente de importancia, *A.*

**Cuadro 18. Determinación de cocientes de la comunidad de los manglares en el límite tropical del Golfo de México (Según Brower y Zar, 1977).**

<b>Especie</b>	<b>D</b>	<b>% D</b>	<b>F</b>	<b>% F</b>	<b>C.</b>	<b>% C</b>	<b>VI</b>
<b>a) LAGUNA DE SAN ANDRES</b>							
<b>Tierra firme</b>							
<i>A. germinans</i>	300	56.25	1.00	50.0	1.6355	83.33	63.19
<i>C. erecta</i>	233	43.75	1.0	50.0	0.3270	16.67	36.81
<b>Total</b>	<b>533</b>	<b>100.00</b>	<b>2.0</b>	<b>100.00</b>	<b>1.9625</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>
<b>Barra</b>							
<i>A. germinans</i>	800	80.00	1.00	75.19	0.3835	72.49	75.89
<i>R. mangle</i>	200	20.00	0.33	24.81	0.1455	27.51	24.11
<b>Total</b>	<b>1000</b>	<b>100.00</b>	<b>1.33</b>	<b>100.00</b>	<b>0.5290</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>
<b>b) ESTERO GARRAPATAS</b>							
<i>C. erecta</i>	500	33.33	0.67	39.76	3.1612	26.90	33.33
<i>R. mangle</i>	1001	66.67	1.0	60.24	8.5920	73.10	66.67
<b>Total</b>	<b>1501</b>	<b>100.00</b>	<b>1.67</b>	<b>100.00</b>	<b>11.7532</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>
<b>c) LAGUNA EL CARPINTERO</b>							
<i>L. racemosa</i>	900	30.68	1.00	30.03	7.5404	54.98	38.56
<i>A. germinans</i>	767	26.11	1.00	30.03	4.8071	35.05	30.40
<i>L. leucocephala</i>	1200	40.91	0.67	20.12	1.3477	9.83	23.62
<i>C. bignonioides</i>	33	1.14	0.33	9.91	0.1270	0.93	3.99
<i>T. havanensis</i>	33	1.14	0.33	9.91	0.0067	0.05	3.70
<b>Total</b>	<b>2933</b>	<b>99.98</b>	<b>3.33</b>	<b>100.00</b>	<b>13.8289</b>	<b>100.00</b>	<b>99.99</b>
<b>d) LAGUNA LA COSTA</b>							
<b>(Sitio I)</b>							
<i>L. racemosa</i>	667	75.47	1.00	66.67	9.33	71.67	71.21
<i>R. mangle</i>	217	24.53	0.50	33.33	3.70	28.33	28.73
<b>Total</b>	<b>884</b>	<b>100.00</b>	<b>1.50</b>	<b>100.00</b>	<b>13.30</b>	<b>100.00</b>	<b>99.94</b>
<b>(Sitio II)</b>							
<i>L. racemosa</i>	3867	92.06	1.0	59.88	12.05	90.20	80.73
<i>R. mangle</i>	333	7.94	0.7	40.12	1.30	9.76	19.27
<b>Total</b>	<b>4200</b>	<b>100.00</b>	<b>1.7</b>	<b>100.00</b>	<b>13.35</b>	<b>99.96</b>	<b>100.00</b>

D.- Densidad en Ind./ha; F.- Frecuencia absoluta; C.- Cobertura en área basal en m<sup>2</sup>/ha y VI.- Valor de importancia en % de los valores relativos. Los % son los valores relativos al parámetro.

*germinans*, *R. mangle* y finalmente *C. erecta*. Particularmente cada sitio se distingue por los siguientes aspectos:

**Laguna de San Andrés.** El manglar está dominado por *A. germinans*, siguiéndole en importancia *C. erecta* y *R. mangle*. *L. racemosa* no se determinó en el levantamiento de los transectos, observándose solo individuos achaparrados aislados (Cuadro 18a, fig. 8a). En la costa poniente, en tierra firme, el manglar presenta la más baja densidad y amplitud de la franja y los suelos son calcáreos, compactados, salinizados y elevados respecto al nivel promedio de la laguna. En la costa oriente, sobre la barra, los rodales están más desarrollados y densos, cuyo suelo es de sedimentos inundados.

**Estero garrapatas.** Este manglar está dominado por *R. mangle*, siguiendo *C. erecta* (Cuadro 18b). Las dos especies forman un bosque marginal de una anchura menor a los 40 m. La distribución de las clases de edad (fig. 8b) muestra un reclutamiento bajo al no constatarse la presencia de individuos jóvenes.

**Marismas de Altamira.** En este sitio *A. germinans*, domina sobre *C. erecta*, ambas especies ocupan los bordes de caminos de reciente formación, bordes de salineras, así como algunas áreas mal conservadas en donde inician la regeneración del bosque. La extensión ocupada por estas especies en esta zona es despreciable, ya que no supera los 2 ha de extensión.

**Laguna del Carpintero.** En este manglar *Laguncularia racemosa* es la especie más dominante con respecto a *Avicennia germinans* (Cuadro 18c). Este manglar ocupa una franja marginal de 10 m de ancho en promedio, entre el terraplén de caminos y rellenos y el nivel de la laguna. En la distribución de las clases de edad (Fig. 8c) se aprecia un reclutamiento reciente para las dos especies, constatando que *L. racemosa* muestra una tendencia repentina en el reclutamiento, en tanto que para *A. germinans* se presenta de manera más gradual.

**Laguna la Costa.** Estructuralmente *L. racemosa* es la especie dominante en los dos sitios (Cuadro 18d), mostrando un aumento gradual en la densidad, el área basal y la altura desde el sitio I al II. Como se observa en el cuadro 18d, en esta área existen tendencias diferentes entre la densidad y área basal de las especies, respecto a los sitios. *L. racemosa* muestra un incremento de cinco a más veces la densidad, que no

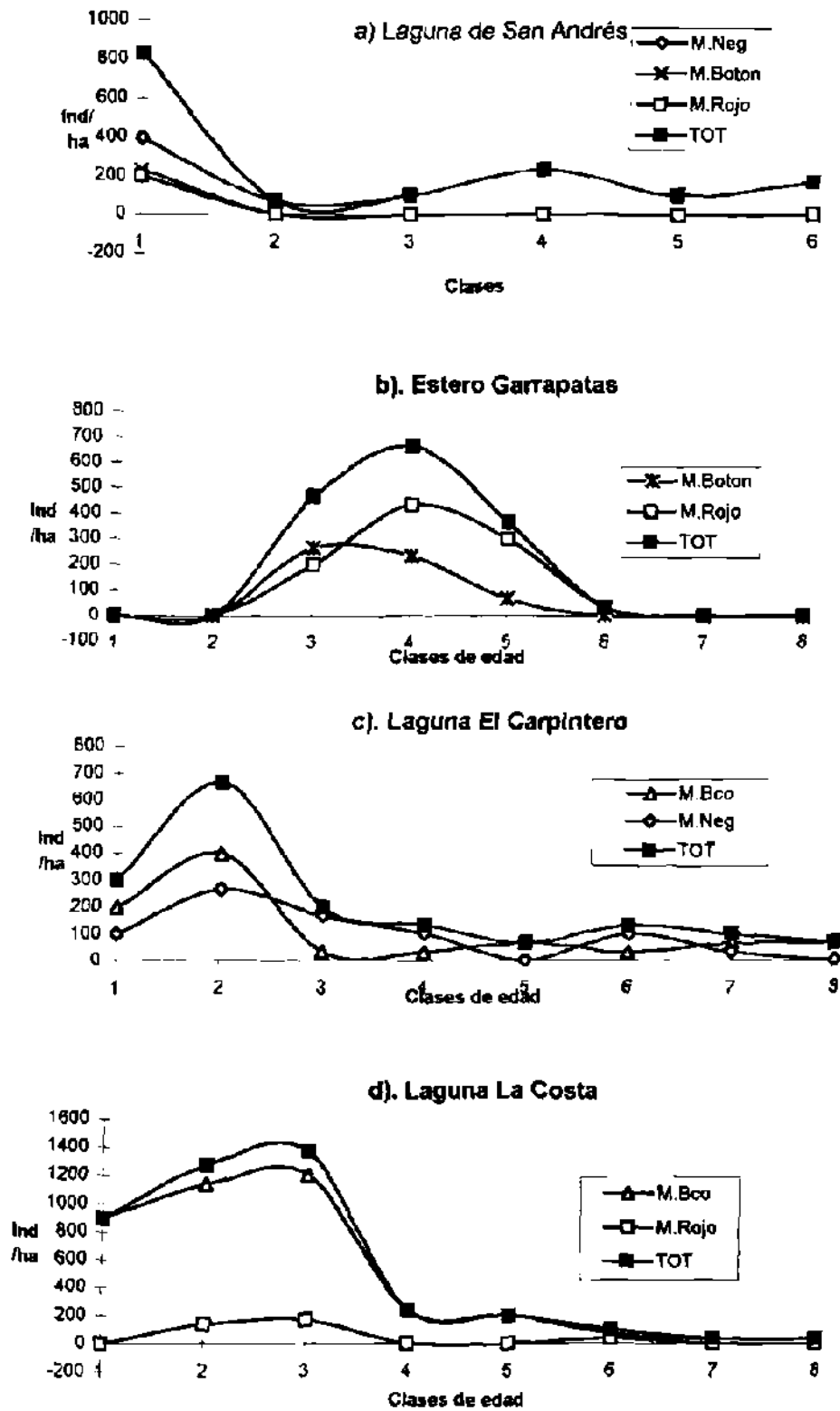
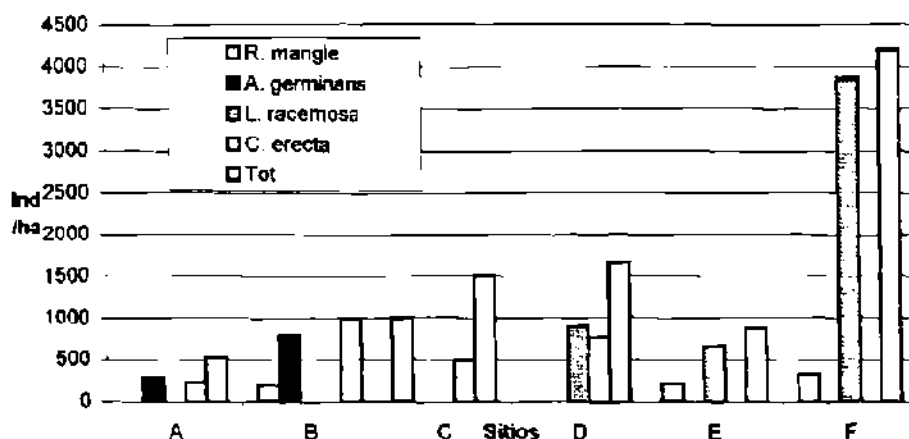


Figura 8. Distribución de las clases de edad (5.0 cm de amplitud) de tres sitios de manglar en el límite tropical del Golfo de México.



corresponde con el incremento en el área basal, mientras que para *R. mangle* la densidad se mantiene sin un cambio importante, en tanto que el área basal desciende. Particularmente en el sitio II se observa que la distribución de las clases de edad exhiben una concentración de individuos jóvenes hacia el borde externo del bosque (Figura 8d).

Como también se aprecia en la figura 9, la densidad de los manglares asciende gradualmente conforme disminuye la latitud y aumenta el aporte de agua dulce.



**Figura 9. Distribución de las densidades de las diferentes especies para los manglares en el límite tropical del Golfo de México.** A) L. San Andrés (T. firme), B) L. San Andrés (Barra), C) E. Garrapatas, D) L. Carpintero, E) L. Costa (I) y F) L. Costa (II).

Las relaciones de la salinidad intersticial del suelo (SIS) con los diferentes parámetros poblacionales de los manglares evaluados son variables (Cuadro 19).

La densidad (D), el diámetro a la altura del pecho (dap), las especies (Sps) y el Índice de Complejidad de Holridge (1978) muestran una correlación baja con la SIS, mientras que dicha tendencia con la altura ( $h = -0.820$ ) y la cobertura total ( $C = -0.846$ ) son altas, exhibiendo la influencia negativa que tienen las condiciones de salinidad del suelo en el desarrollo de los rodales.

**Cuadro 19. Correlación entre los parámetros poblacionales de los bosques con la salinidad intersticial del suelo (SIS) en los manglares del límite tropical del Golfo de México.**

	D	H	Dap	C	Sps	IC	SIS
S. Andrés (T. firme)	533	2.45	17.9	1.9625	2	0.0513	55.27
S. Andrés (Barra)	1000	2.63	6.2	0.529	2	0.0278	41.46
E. Garrapatas	1501	7.00	8.9	11.7532	2	2.4698	6.98
Manismas	1500	1.35	2.1	0.606	2	0.245	17.03
L. Carpintero	1667	7.50	7.6	13.8289	2	3.4579	22.57
Costa I	884	6.50	7.9	13.3	2	1.5284	21.32
Costa II	4200	10.50	7.7	13.35	2	11.7747	84.43
Correlación (SIS vs Par)	-0.284	-0.823	-0.148	-0.846	nd	-0.375	-

Conforme con estos resultados el mayor grado de desarrollo, obtenido del IC de los rodales de manglar en la zona, se presentan en la laguna de la Costa predominantemente constituidos por rodales de *L. racemosa*, cuya influencia hidráulica es una combinación del reflujo mareal y los escurrimientos de agua dulce provenientes del río Tamesí.

## 6.2. Vegetación asociada al ecotono del manglar

En los manglares de la región el ecotono de estas comunidades consiste típicamente de dos tipos, el ecotono acuático y el terrestre: El primero se desarrolla dentro de los cuerpos de agua asociados a los manglares, siguiendo el perímetro del cuerpo acuático, especialmente bien desarrollado en aquellas riberas donde hay baja incidencia de escorrentías. El segundo tipo es común en la transición terrestre y cambia según el gradiente topográfico y las condiciones de humedad del suelo. Se determinaron 10 de las asociaciones botánicas más sobresalientes, destacando la vegetación secundaria, siguiéndole en orden decreciente de importancia las comunidades de halófitas, vegetación secundaria y los pastizales inducidos (Anexo 1, Cuadro 20).

**Cuadro 20. Asociaciones vegetales en el ecotono de los manglares en el límite tropical del Golfo de México.**

ASOCIACIONES	S I T I O S										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>ECOTONO ACUATICO</b>											
Cebadales (Pm)						x		x			x
Tular (Tu)		x	x	x							
<b>ECOTONO TERRESTRE</b>											
Camzal (Ca)		x	x						x		
Halófitas (Ha)	x			x	x	x	x	x		x	x
Vegetación de Dunas Costeras (Dc)					x					x	x
Materral Espinoso (Me)							x				x
Selva Baja Subcaducifolia (Sbs)							x				x
<b>Comunidades inducidas por alteración del medio</b>											
Vegetación Secundaria (Vs)	x	x	x	x			x	x	x		x
Materral espinoso inundable (Mei)		x	x						x		
Pastizal inducido (Pi)	x	x	x				x		x		x
Total de comunidades	3	5	5	2	2	2	5	3	4	2	7

1.- Laguna del Carpintero; 2.- Canal del Dique 7; 3.- Canal Americano; 4.- Canal del Zapote; 5.- Dunas costeras de Altamira (Zotavento); 6.- Delta del Río Tamesí (Laguna La Costa); 7.- Estero Garrapatas; 8.- Laguna de Pueblo Viejo; 9.- Libramiento Poniente; 10.- Marismas de Altamira y 11.- Laguna de San Andrés.

**Ecotono acuático.** En la transición del manglar hacia los cuerpos de agua, el tular es la agrupación más abundante y frecuente, en los sitios con influencia de descargas de agua dulce fluvial, donde el piso se proyecta abruptamente al fondo de la laguna, como toda la zona del delta del río Tamesí, que descarga hacia la laguna del Chairrel y de aquí al río Pánuco. En esta zona el tular limita la extensión del manglar hacia el interior de la laguna. En las zonas de playa o de depósitos de fango sin influencia de escurrimientos o descargas fluviales intensas, como en las lagunas San Andrés, La Costa y parte de la de Pueblo Viejo, se presentan grandes superficies ocupadas por cebadales.

**Ecotono terrestre.** En la transición hacia tierra, la vegetación presentó tres tipos generales de organización y distribución en función de la microtopografía:

- a) La primera, dentro de la zona estuarina o marina, ocupando la zona de transición del suelo hidrico al suelo fuertemente salinizado, de topografía llana inundable y con baja tasa de relavado en el periodo de inundación en verano. Está integrada por asociaciones de halófitas herbáceas (como pastizales de *Distichlis spicata* y *Spartina spartinae*). La extensión ocupada fue variable, siendo mayor en La Laguna de Pueblo Viejo, con un llano inundable bien conservado y una topografía llana, mostrando una transición vegetacional gradual entre el manglar y las asociaciones botánicas terrestres.
- b) La segunda, en sitios donde existen terraplenes, carreteras, bordes o rellenos, tal como en las marismas de Altamira, la laguna del Carpintero y en ciertas zonas de la laguna La Costa, donde el derrame del material de relleno forma una capa de suelo alóctono, propiciando generalmente la instalación de asociaciones de glicófitas herbáceas y leñosas, que desplazan o se entremezclaron tanto con la vegetación halofita como con el manglar.
- c) La tercera, en sitios donde la transición es con suelos dulces o sujetos a escurrimientos intensos de agua dulce, con baja pendiente e influencia de la marea, como en las lagunas La Costa y Carpintero, la vegetación mostró una composición en franjas mezcladas de halófitas herbáceas y asociaciones de glicófitas halotolerantes (Cuadro 21).

**Cuadro 21. Asociaciones vegetales en el ecotono de los manglares en el límite tropical del Golfo de México.**

<b>Asociaciones botánicas en el ecotono del manglar</b>								
Zonas	Características del hábitat				Asociaciones	Especies dominantes		
	Suelo(+)	Agua (*)	Salinidad	Hidrología				
Laguna de San Andrés	Se.	Cl	Alta	Mareal	<b>Pastizales marinos</b>	<i>Talasia sp.</i>		
	t3, S2	NA	NA	NA	<b>Vegetación de dunas costeras</b>	<i>Distichlis spicata</i> <i>Spartina spartinae</i> <i>Ipomoea pes-caprae</i>		
	Ca, S1	NA	NA	NA	<b>Asociaciones de halófitas</b>	<i>D. spicata</i> , <i>Salicornia ambigua</i> , <i>Lycium carolinianum</i> .		
Estero Garrapatas	t3-t1	NA	NA	Escurrimientos	<b>Matorral alto espinoso a sub espinoso</b>	Leguminosas compositifoliadas, minimifoliadas a parvifoliadas		
				Escurrimientos	<b>Selva baja subperenifolia</b>	<i>Quercus oleoides</i> , <i>Brosimum alicastrum</i> <i>Bursera simaruba</i>		
Laguna del Carpintero	Se-Ca, S3	Cl-Ob	Media	Inundación	<b>Asociaciones de halófitas</b>	<i>D. spicata</i> , <i>Borrichia frutescens</i>		
	Alóctonos Se, S3.	NA	NA	Escurrimientos	<b>Vegetación Secundaria</b>	<i>Panicum maximum</i> , <i>Leucaena pulverulenta</i>		
Laguna la Costa	Se,	Tu-Ob	Baja-Media	Inundación mareal-Inundación	<b>Tular</b>	<i>Typha domingensis</i> , <i>Scirpus validus</i> , <i>Ipomoea aff. aquatica</i>		
	t3, Se, S3,	Tu-Ob	Baja	Inundación escurrimientos	<b>Matorral espinoso inundable</b>	<i>Mimosa pigra</i>		
	t3, Se, S3,	Tu-Ob	Baja	Inundación escurrimientos	<b>Camizal</b>	<i>Arundo donax</i>		

(+) Calidad general de los suelos: t1, arcilloso; t2, limoso; t3arenoso; Se, sedimentos; Ca, Calcáreo; Salinización, alta(S1), media (S2) y baja (S3). (\*) Aspectos visuales del agua: Cl, clara; Tu, turbia; Ob, muy turbia. NA.- no aplica.

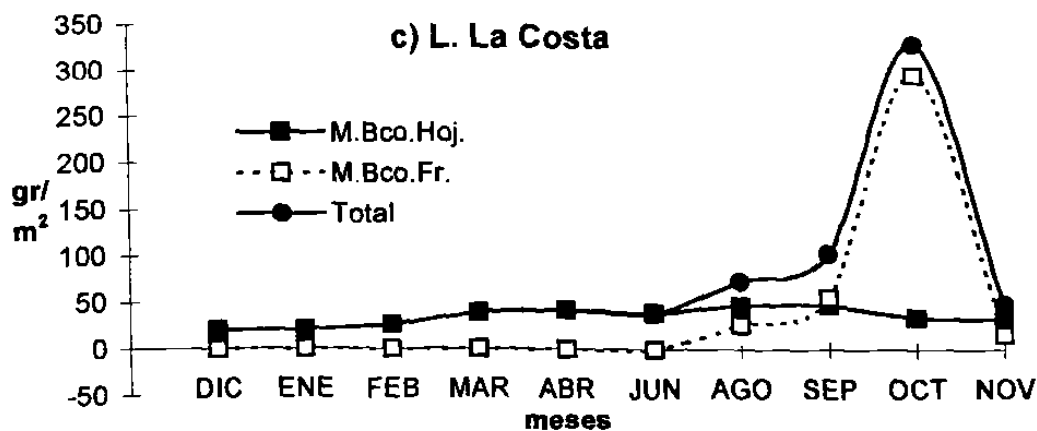
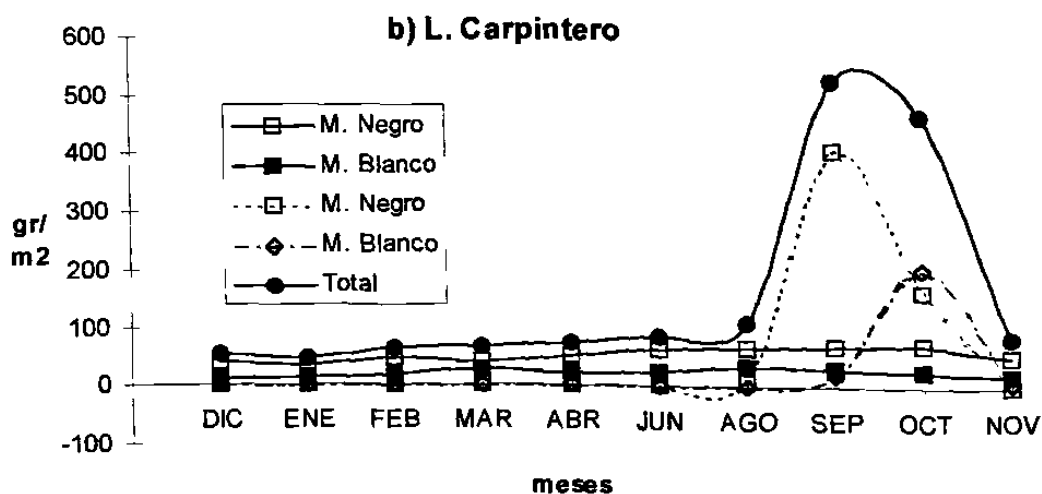
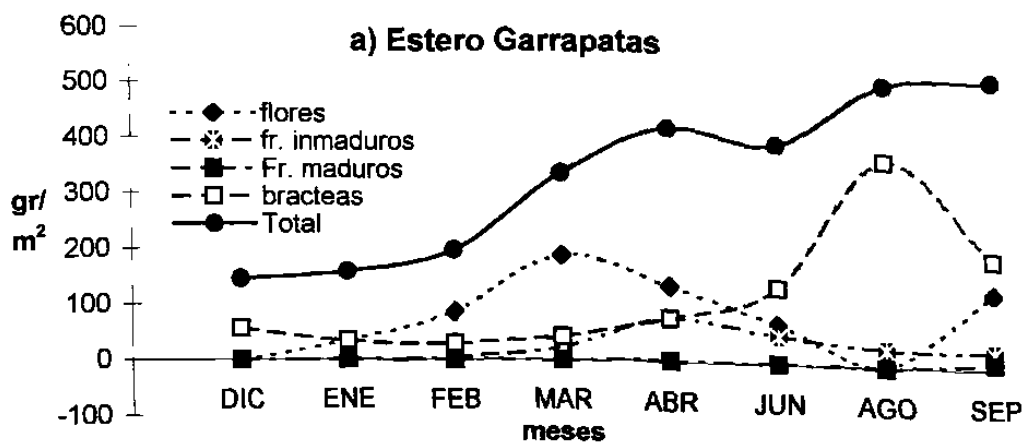
### 6.3. Productividad

#### 6.3.1. Producción frutal y de hojarasca

la producción total de cada uno de los sitios de estudio fue (Figura 10) de 7.366, 4.34 y 2.042  $\text{gr.m}^2.\text{d}^{-1}$  para el estero Garrapatas, la laguna Del Carpintero y la laguna La Costa respectivamente. Sin embargo, las diferencias observadas no se pudieron relacionar apropiadamente con los factores del ambiente, debido a que la producción proviene de diferentes especies. Conforme con los resultados obtenidos la producción parece estar relacionada con la magnitud de los tensores presentes, especialmente para el Estero Garrapatas, dominado por *R. Mangle*, ya que presentó una alta tasa de caída de frutos inmaduros y deformes, así como infectados por hongos fitopatógenos, además de la caída de trozos de ramas que se desprenden continuamente de los árboles como resultado de la tensión a la que están sujetos. Respecto a la laguna del Carpintero y La Costa, las producciones de hojarasca (para *L. racemosa*) muestran una relación altamente significativas entre sí ( $P < 0.01$ ), con  $r = 0.9933$ , siendo sincrónicas pero casi del doble para el segundo sitio. Dicha comparación es considerablemente alta respecto a los factores de precipitación ( $r = 0.8187$  y  $r = 0.8018$ ), en comparación con los de la temperatura ( $r = 0.2664$  y  $r = 0.26644$ ). En general, toda la producción de propágulos de los manglares exhibe una sincronía hacia el verano y los periodos de mayor precipitación, sin embargo cada especie presenta el máximo pico de producción asincrónico, iniciándose por *R. mangle* en abril, seguido por *A. germinans* y finalizando por *L. racemosa*, ya dentro de septiembre-octubre

#### 6.3.2. Explotación maderable del bosque de manglar

Las encuestas realizadas revelaron que las tres especies de mangle reportadas son explotadas y sus usos más comunes son para la construcción de habitaciones rústicas, cercos, artes de pesca (charanga) y soporte para la cimbra en construcción. *L. racemosa* es la especie de mayor uso e interés por los explotadores (Cuadro 22), por ser más abundante y presentar mejores características de una especie forestal, tales como velocidad de crecimiento,



**Figura 10.- Producción de hojarasca en diferentes sitios de estudio de los manglares en el límite tropical del Golfo de México.**

longitud y rectitud de los fustes que la hacen más atractiva en el mercado local.

**Cuadro 22.- Especificaciones y características de los productos maderables extraídos de los manglares en el límite tropical del Golfo de México.**

ESPECIES/VALOR	USOS DE LA MADERA				
	PRODUCTOS				
	CERCO	CIMBRA	CHARANGA	VARA	HORCÓN
<i>R. mangle</i>	0	0	0	0	4
<i>L. racemosa</i>	3	3	4	3	2
<i>A. germinans</i>	0	1	0	0	3
DIMENSIONES					
Diam. Basal (cm)	10-20	8-12	5-8	5-7	15-25
Largo (m)	1.7-1.8	2.8-3.5	3.5-4.0	3.0-3.5	3.5-4.0
Precio (\$ US)	1.0	1.5	0.5	0.5	4.0

Escala de valor: 0= nulo, 1= raro, 2= regular, 3= frecuente y 4= Muy frecuente.

Las otras dos especies son explotadas para "horcón", el puntal de soporte en las construcciones rústicas con techos de doble caída, sin embargo, su explotación para este concepto se ha reducido debido a la disminución de uso de la construcción rústica, cuya cosecha es en forma manual (Cuadro 23) y se realiza durante el estiaje cuando las escorrentías y nivel de la laguna han descendido y el suelo permite el acceso a las áreas de corte.

**Cuadro 23.- Método de cosecha de la madera del manglar en el sistema lagunar estuarino la zona de influencia de los ríos Pánuco-Tamesí, México.**

Fase	Actividad	Observaciones
1	Selección del área	Las áreas se reconocen desde el agua o desde tierra
2	marcaje de los fustes	Con machete
3	corte del árbol	El corte daña la corteza y contribuye a la infección.
4	Obtención de la madera	Se desperdicia el resto del árbol.
5	almacenamiento temporal	6 a 30 días
6	transporte	En lancha, a mano o por caballos

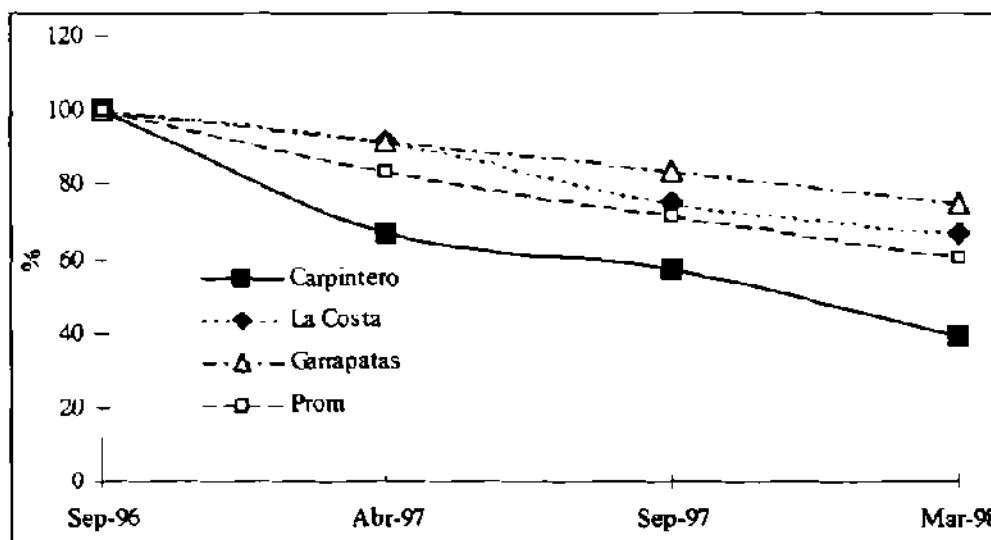
El producto se comercializa sin procesar o tratar, pudiendo existir la demanda de madera conservada o "curada", que se trata sumergiéndola en agua salobre por



más de 30 días, aumentando su durabilidad de 1.5 hasta 4.0 años en uso. La preservación eleva el costo de los postes hasta un 200% del valor promedio, sin embargo, su venta se reduce hasta un 15 % respecto a la madera sin tratar. Una vez que se obtiene la madera, se abandona *in situ* los demás subproductos, ramas y hojas, sin recibir un uso ulterior, reintegrándose al mantillo posteriormente.

De la evaluación en campo solo las lagunas del Carpintero y La Costa presentaron una explotación de madera, estableciéndose que la tasa de extracción a partir de los árboles marcados muestra una proporción lineal respecto al tiempo ( $y = -13.152x + 111.68$  y  $r^2 = 0.9918$ ), determinándose que la posible pérdida total del bosque puede ocurrir en un tiempo estimado de 4 a 6 años posteriores a la fecha de muestreo para toda la zona (Figura 11).

**Figura 11. Tendencias de extracción de árboles de los manglares en el límite tropical del Golfo de México.**



### Laguna del Carpintero

En este sitio no fue posible entrevistar a los explotadores de madera, sin embargo la extracción se determinó por estimación de las tendencias de la sobrevivencia de los árboles marcados (figura 12 y cuadro 24).

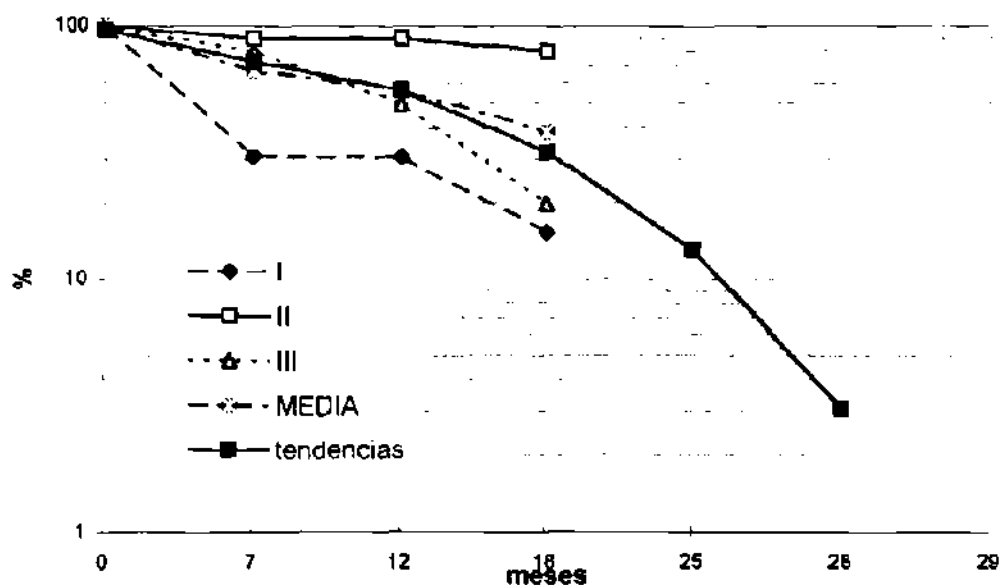


Figura 12. Tasas de extracción de madera marcado en el manglar de la laguna del Carpintero (sitios I, II y III), Tampico, México.

Cuadro 24.- tendencias en la tasa de explotación del manglar en la Laguna del Carpintero, Tampico, México.

SITIOS	% de corte de árboles / mes					
	Observados			Estimados		
	0	7	12	18	25	28
I	100	30.77	30.77	15.38	S/d	S/d
II	100	90	90	80	S/d	S/d
III	100	80	50	20	S/d	S/d
Promedio	100.0	66.9	56.9	38.5	13.0755	3.0752

De las mediciones de lotes marcados se obtuvo que se *L. racemosa* es la única especie que se explota en un 38.5 % de la densidad total, correspondiente a 346.5 Ind.ha<sup>-1</sup>, cuyo dap promedio explotado es de 6.5 ± 0.045 cm ( $\alpha$  0.95, ds=2.27, n=10), equivalente a 22.114 ± 0.099 kg/Ind (ds=5.033, n = 10), y 7662.606 ± 34.581 kg.ha<sup>-1</sup> (CV=0.45), mientras que la tasa observada de extracción en este lugar puede llevar al agotamiento de las existencias forestales en un periodo aproximado de 1 a 2 años a partir de marzo de 1998.

## Laguna La Costa.

La evaluación de los lotes de madera *in situ* revela que *L. racemosa* es la especie más explotada, para el bosque sujeto a desbordamiento (sitio II), mientras que las otras dos especies no lo son. Los lotes de madera analizados para ésta especie presentan una longitud promedio de  $3.12 \pm 0.12$  a  $3.90 \pm 0.24$  m, diámetro basal de  $6.4 \pm 0.74$  a  $10.38 \pm 2.8$  cm, diámetro en la punta de  $4.5 \pm 0.39$  a  $8.5 \pm 2.10$  cm para los postes y varas respectivamente, siendo esta última más larga que los postes.

Sobre los árboles marcados por los explotadores, se estableció que la explotación se realiza en función directa de la densidad y por lo tanto está relacionado con los diámetros de interés, concentrándose hacia el borde externo del manglar donde el bosque es más denso, joven y el dap promedio es de 5.7 cm, representando el 23.49% de la densidad total (Cuadro 25).

**Cuadro 25. Determinación del volumen y rendimiento económico de la madera de *L. racemosa* en un manglar de cuenca en la laguna de la Costa, Tampico, México.**

PRODUCTO	Medidas			Volumen		Densidad		Precio
	A1	A2	h(m)	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> /h)	(%)	Ind./ha	\$US/ha
POSTE	83.32	56.74	3.12	0.021849	7.14	8.45	327.0	327.00
VARA	32.17	15.91	3.90	0.009375	5.46	15.04	582.0	291.00
<b>TOTAL</b>	<b>115.49</b>	<b>72.65</b>	<b>7.02</b>	<b>0.031224</b>	<b>12.60</b>	<b>23.49</b>	<b>909.0</b>	<b>618.00</b>

A1.- área de la base; A2.- área de la punta.

Estas estimaciones muestran el mayor valor en volumen y precios para el poste, mientras que para la vara es la densidad. Tomando en cuenta el peso fresco de las muestras de troncos se determinó que la densidad específica de la madera es de  $952.903 \text{ Kg.m}^{-3}$ , generando  $3.29 \text{ gr m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  asumiendo que la explotación calculada corresponde a la cosecha anual de la zona estudiada, declarada por los explotadores.

La determinación del corte de árboles marcados reveló que en el periodo de estudio se perdió un 33.3% de la densidad total, equivalente a  $1276.11 \text{ Ind.ha}^{-1}$ ,

cuyo dap promedio ( $P>0.95$ ) de interés estuvo en  $4.88 \pm 0.037$  cm ( $\alpha$  0.95,  $ds=1.305$ ,  $n=5$ ), correspondiente a  $15.55 \pm 0.032$  ( $ds=1.136$ ) kg/Ind correspondiente a  $19846.56 \pm 40.653$  ( $CV = 0.2048$ )  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , mientras que la tasa de explotación exhibe una tendencia en el agotamiento de las existencias forestales en un periodo aproximado de 3 a 4 años, a partir de septiembre de 1998.

Para ambos sitios la madera proviene de árboles con fustes monopódicos, altos, con escaso follaje y ramas laterales, mientras que fustes polipódico, muy ramificados, torcidos, bajos, con abundantes ramas y follaje, se desprecian o se utilizan solo si existen ramas que ofrezcan las características deseadas.

### 6.3.3. Producción forestal del manglar

#### 6.3.3.1. Biomasa en pié, crecimiento y producción anual de biomasa.

**Estero Garrapatas.** En este cuerpo de agua la biomasa en pié solo se obtuvo para *R. mangle*, debido a que es la especie dominante y la más afectada por el cambio del régimen hidráulico del sitio.

Los valores de las muestras de madera (Cuadro 26) exhiben una correlación significativa del dap respecto al peso del follaje ( $r=0.993$ ), peso de las ramas ( $r=0.993$ ), peso del tronco ( $r=0.998$ ) y peso total ( $r=0.997$ ), superior a la encontrada por la longitud ( $r<0.363$ ) vs los mismos parámetros. Por esta razón el dap se tomó como referencia para determinar la biomasa neta por periodo.

**Cuadro 26. Valores del peso fresco de los árboles de *R. mangle* para la estimación de biomasa en pié, en el estero Garrapatas, Altamira, México.**

Parámetros	Arbol 1	Arbol 2	Arbol 3
Longitud total (m)	5.30	5.70	4.90
dap * (cm)	21.3	16.8	15.2
Peso de follaje (Kg)	45.625	37.829	33.311
Peso de ramas (Kg)	100.48	83.311	73.358
Peso del tronco (Kg)	163.363	128.850	113.456
Peso total (Kg)	309.468	249.990	220.123

Conforme con los valores del cuadro 26 y considerando que la población presentó un dap promedio de  $10.25 \pm 0.043$  cm, el peso fresco de biomasa en pié, por individuo sin considerar las raíces, fue de  $152.102 \pm 0.671$  kg.ind<sup>-1</sup>. Considerando que la densidad estimada de los rodales es de 1001 Ind. ha<sup>-1</sup>, los valores calculados de biomasa en pié son de  $152,254.01 \pm 671.261$  kg.ha<sup>-1</sup> ( $41.713 \pm 0.183$  g. m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>).

Respecto al incremento diametral y la producción de biomasa neta por individuo en cada periodo (Cuadro 27), se obtuvo una correlación inversa tanto con la precipitación promedio del periodo ( $r=-0.459$ ) como con la temperatura ambiental

( $r=-0.775$ ), mientras que fue positiva respecto a los escurrimientos de la cuenca ( $r=0.999$ ).

**Cuadro 27. Incremento total (mm), por periodo, de un lote de árboles de *R. mangle* L. sujetos a la influencia de escurrimientos en el estero Garrapatas, Altamira, México.**

Parámetro	Sep-96*	Abr-97	Sep-97	Mar-98
DAP promedio	7.15	8.212	8.567	9.067
Tamaño de muestra (n)	6	6	6	6
Amplitud del periodo (meses)	0	7	5	6
Incremento (mm) en dap.	0	1.062	0.355	0.500
Peso estimado del dap promedio (kg)	107.661	122.886	127.975	135.142

(\*).- Es el tiempo en el que se inició la medición.

Como se aprecia, el diámetro del lote muestra un descenso en septiembre de 1997, respecto a los otros dos periodos. Considerando los valores de dap y peso promedio del lote (Cuadro 27) y la densidad ( $1,001 \text{ Ind. ha}^{-1}$ ) de este bosque, los valores resultantes para la biomasa bruta alcanzada por periodo, desde el inicio de la medición son de 107,768.66, 123,008.89, 128,102.98 y 135,267.14  $\text{kg. ha}^{-1}$  respectivamente en el periodo 96-98.

**Cuadro 28. Producción de biomasa neta (kg/ha), por periodo, de un lote de árboles de *R. mangle* L. sujetos a la influencia de escurrimientos en el estero Garrapatas, Altamira, México.**

Parámetros	Inicio	Periodo de evaluación del crecimiento de <i>R. mangle</i>		
		Sep-97	abril-97	sep-97
Biomasa neta	0	15,240.23	5,094.07	7,164.16
Biomasa acumulada	0	15,240.23	20,334.33	27,498.46

Tomando como referencia los valores anteriores (Cuadro 28) se obtiene una producción neta diaria de 7.26, 3.40 y 1.16  $\text{g. m}^{-2}.\text{d}^{-1}$  para cada uno de los tres periodos.

**Laguna del Carpintero.** En este cuerpo de agua la biomasa en pié solo se obtuvo para *L. racemosa*, por tratarse de la especie de mayor importancia en dominancia, además de ser la más afectada por los explotadores de madera. Las muestras de madera muestran una correlación positiva del dap con los demás parámetros biológicos ( $r=0.993$ ), superior a la mostrada por la longitud ( $<0.363$ ) por lo que se consideró como el parámetro de referencia para determinar la biomasa neta por periodo (cuadro 29).

**Cuadro 29. Incremento total del dap (mm), por periodo, de un lote de árboles de *L. racemosa* L. sujetos a la influencia de la marea en la laguna del Carpintero Tampico, México.**

Parámetro	Sep-96	Abr-97	Sep-97	Mar-98
DAP promedio	6.93	7.39	7.82	8.41
Tamaño de muestra (n)	11	11	11	11
Amplitud del periodo (meses)	0	7	5	6
Incremento (mm) en dap.	0	<b>0.46</b>	<b>0.43</b>	<b>0.59</b>
Peso promedio estimado del dap promedio (kg)	23.851	25.708	27.445	29.827

(\*).- Es el tiempo en el que se inició la medición.

Conforme con los valores del cuadro anterior y considerando que el dap promedio esta en  $7.9 \pm 0.085$  cm, la tendencia lineal en el peso correspondiente es de  $27.767 \pm 0.294$  kg.ind<sup>-1</sup>. Considerando que la densidad estimada del bosque en estudio es de 900 Ind. ha<sup>-1</sup>, los valores calculados de biomasa en pié son de  $24,990.879 \pm 264.823$  kg.ha<sup>-1</sup> ( $6.85 \pm 0.07$  g. m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>).

Al correlacionar el incremento total en diámetro individual registrado para todo el periodo de estudio, así como la tendencia en el peso estimado promedio del dap del lote, se obtuvo una correlación positiva ( $r=0.9918$ ) con la precipitación promedio mensual dentro de cada periodo, mientras que se constataron valores negativos con los escurrimientos pluviales y la temperatura ( $r=-0.9907$  y  $r=-0.3293$ ) respectivamente.

Como se aprecia en el Cuadro 29, el incremento en el diámetro del lote muestra

una tasa más constante en la producción de biomasa, la cual asciende al final del periodo. Tomando en cuenta el dap y peso promedio del lote de árboles referido y la densidad (900 Ind. ha<sup>-1</sup>) de este bosque, los valores obtenidos para la biomasa bruta fueron de 21465.617, 23137.391, 24700.136 y 26844.368 kg.ha<sup>-1</sup> respectivamente, para el periodo 96-98.

**Cuadro 30. Producción de biomasa neta (kg/ha), por periodo, de un lote de árboles de *L. racemosa* L. sujetos a la influencia de la marea de la laguna del Carpintero, Tampico, México.**

Parámetros	Inicio	Periodo de evaluación del crecimiento		
		Sep-97	abril-97	sep-97
Biomasa neta	0.000	1,671.774	1,562.745	2,144.232
Biomasa acumulada	0.000	1,671.774	3,234.519	5,378.751

La producción neta diaria de biomasa (Cuadro 30) correspondiente a cada uno de los periodos ascienden a 0.79, 1.04 y 1.19 g. m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>.

**Laguna la Costa.** La biomasa obtenida de las muestras de mangle blanco (Cuadro 31) muestran que existe una correlación positiva ( $r=0.958$ ) del dap con el resto de diferentes mediciones de los materiales vegetales, razón por la que, al igual que en los otros sitios, el dap se utilizó como una medida de estimación indirecta de la biomasa.

**Cuadro 31. Valores del peso fresco de los árboles de *L. racemosa* estudiados para la estimación de biomasa en pié.**

Parámetros	Arbol 1	Arbol 2	Arbol 3
Longitud total (m)	3.66	4.54	6.81
dap * (cm)	0.8	3.1	6.6
Peso de follaje (kg)	0.21	1.79	5.72
Peso del tronco/ramas (kg)	0.99	3.11	18.18
Peso total (kg)	1.20	4.90	23.90

Conforme con los valores anteriores y considerando que el dap promedio esta en  $7.9 \pm 0.08$  cm, la tendencia lineal en el peso correspondiente es de  $24.94 \pm 8.47$



kg.ind<sup>-1</sup>. Considerando que la densidad estimada del bosque en estudio es de 3,867 Ind. ha<sup>-1</sup>, los valores estimados de biomasa en pie es de 96,442.98 ± 32,753.49 kg.ha<sup>-1</sup> (26.41 ± 8.96 g. m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>).

**Cuadro 32. Incremento total (mm), por periodo, de un lote de árboles de *L. racemosa* L. sujetos a la influencia de los desbordamientos del río Tamesí, Tampico, México.**

Parámetro	Sep-96*	Abr-97	Sep-97	Mar-98
DAP promedio	7.65	7.78	8.21	8.73
Tamaño de muestra (n)	12	11	10	9
Amplitud del periodo (meses)	0	7	5	6
Incremento (mm) en dap.	0 *	0.13	0.43	0.52
Peso estimado del dap promedio (kg)	22.841	23.972	28.293	31.119

(\*).- Es el tiempo en el que se inició la medición.

El incremento total en diámetro registrado para todo el periodo de estudio (Cuadro 32), así como el peso estimado promedio del dap del lote, exhiben una correlación positiva con la precipitación mensual promedio por periodo ( $r=0.965$ ). Dicha correlación es negativa con las diferentes formas y valores de los escurrimientos ( $r=-0.894$  a  $-0.988$ ), sin embargo la correlación con la descarga del río por periodo (millones de m<sup>3</sup>) esta fue superior ( $r=-0.966$ ).

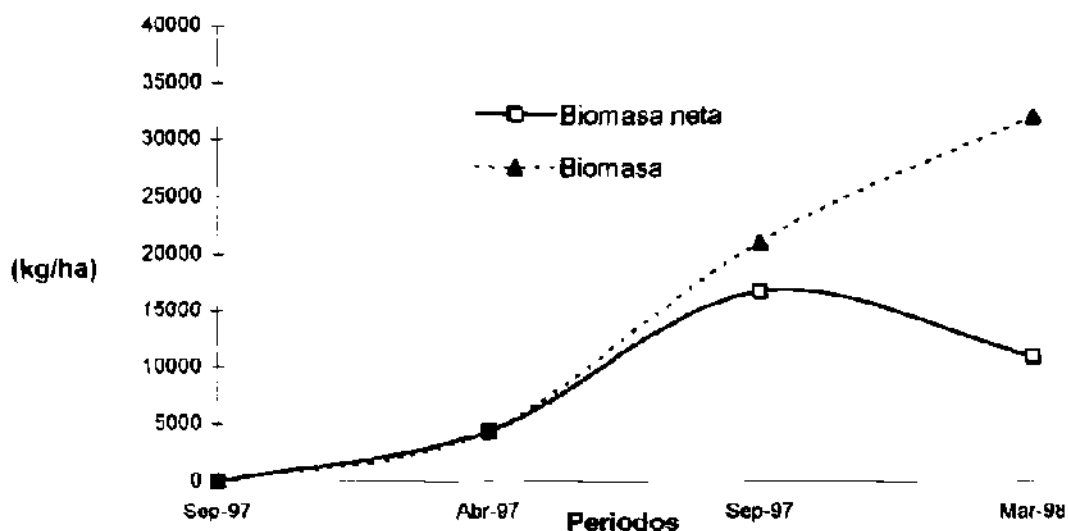
**Cuadro 33. Producción de biomasa neta (kg/ha), por periodo, de un lote de árboles de *L. racemosa* L. sujetos a la influencia de los desbordamientos del río Tamesí, Tampico, México.**

Parámetros	Inicio	Periodo de evaluación del crecimiento de <i>L. racemosa</i> (la Costa)		
		Sep-97	abril-97	Sep-97
Biomasa neta	0.000	4370.569	16,712.31	10,928.14
Biomasa acumulada	0.000	4370.569	21082.879	32,011.02

Como se observa el diámetro del lote muestra un descenso en septiembre de 1997, respecto a los otros dos periodos.

Considerando los valores de dap, el peso promedio del lote de árboles y la densidad ( $3,867 \text{ Ind. ha}^{-1}$ ) del bosque en estudio, los valores obtenidos para la biomasa bruta alcanza  $88,326.15$ ,  $92,696.72$ ,  $109,409.03$  y  $120,337.17 \text{ kg.ha}^{-1}$  respectivamente, para el periodo 96-98.

La producción neta diaria de biomasa ( figura 13) correspondiente a cada uno de los periodos ascienden a  $2.10$ ,  $11.1$  y  $6.10 \text{ g. m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ , acumulando  $19.30 \text{ g. m}^{-2}.\text{d}^{-1}$  en todo el periodo de estudio.



**Figura 13. Producción neta de biomasa por periodo de un lote de árboles de *L. racemosa* L. sujetos a la influencia de los desbordamientos del río Tamesí, Tampico, México.**

Respecto al crecimiento de las especies de mangle, con relación a los sitios y los periodos de evaluación, se determinó que no existen diferencias significativas entre los sitios ( $F = 0.287$ ,  $P > 0.7514$ ) y los tiempos de medición del dap de las especies ( $F = 0.998$ ,  $P > 0.3976$ ), destacando una posible influencia común de las condiciones ambientales de toda la zona (Cuadro 34).

**Cuadro 34. Análisis de Varianza del crecimiento diametral (dap) de los sitios de manglar en el límite tropical del Golfo de México.**

Niveles	Tratamientos	n	Promedio	Error estándar	Nivel de significancia
Sitios de manglar	L. La Costa	24	8.74 ±	0.426	a
	E. Garrapatas	24	9.21 ±	1.143	a
	L. Carpintero	24	9.84 ±	1.092	a
Crecimiento (Periodos)	1	23	8.20 ±	1.113	a
	2	23	8.94 ±	1.106	a
	3	23	9.33 ±	1.116	a
	4	23	11.09 ±	1.486	a

\* letra diferentes representan diferencias altamente significativas.

### 6.3.3.2. Producción forrajera.

El valor de forraje del manglar solo se observó en el estero Garrapatas y en la laguna La Costa, determinándose que por las frecuencias de asistencia a las especies de mangle, el ganado vacuno y caprino son las dos especies que más consumen las partes vegetativas de las especies de mangle (Cuadro 35).

**Cuadro 35. Frecuencias de ramoneo del ganado sobre las partes vegetativas de las especies de mangle en el límite tropical del Golfo de México.**

Tipo de ganado	Especie de mangle	Parte vegetativa	Frecuencia de ramoneo
<b>Estero Garrapatas</b>			
Caprino	<i>R. mangle</i>	Raíz	32
		Ramas bajas	6
		follaje	2
	<i>C. erecta</i>	Follaje	16
<b>Laguna la Costa</b>			
Vacuno	<i>L. racemosa</i>	Follaje	26
	<i>A. germinans</i>	Follaje	11

Respecto a ésta información se estableció que las cuatro especies presentes en la zona son aprovechadas como forraje por el ganado, distinguiéndose como las partes más utilizadas la raíz y el follaje, observándose que la corteza de las ramas y el follaje de *R. mangle* son los menos requeridos, debido en parte a la altura a la que se localizan.

El análisis bromatológico proximal de las diferentes muestras (Cuadro 36) presenta que el contenido de proteína vegetal (base seca) en el follaje es superior en *A. germinans* (15.34 %) y *C. erecta* (7.30 %), siguiéndole en importancia *R. manglie* (9.31 %) y *L. racemosa* (8.48 %), mientras que la corteza de la raíz de *R. manglie* (4.19 %) presenta el contenido más bajo de estos materiales.

**Cuadro 36. Análisis proximal (%) en Base Seca (BS) y Base Húmeda (BH) de diferentes materiales vegetativos de las especies de mangle del límite tropical del Golfo de México.**

DETERMINACION	<i>A. germinans</i>		<i>R. manglie</i>		<i>L. racemosa</i>		<i>C. erecta</i>		<i>R. manglie</i>	
	Follaje		Follaje		Follaje		Follaje		Corteza Raiz	
	BS	BH	BS	BH	BS	BH	BS	BH	BS	BH
Humedad		9.14		9.88		13.89		12.68		10.02
Materia Seca	100.00	90.86	100	90.12	100	86.11	100	87.32	100	89.98
Ceniza	16.04	14.57	12.58	11.33	18.58	16.53	14.61	12.76	5.96	5.36
Extracto Etéreo	3.55	3.22	2.12	1.91	2.79	2.40	2.85	2.49	1.40	1.26
Fibra Cruda	19.04	17.29	18.00	16.22	13.78	11.87	15.31	13.37	34.07	30.66
Proteína	15.34	13.93	9.31	8.39	8.48	7.30	13.21	11.54	4.19	3.67
E.L.N.	46.0	41.85	57.99	52.27	55.75	48.01	54.01	47.16	54.38	48.93

De los ensayos de digestibilidad ruminal en borregos Pelibuey, donde se probaron muestras de raíz de *R. manglie* y follaje de *L. racemosa* y *C. erecta*, se determinó que existen diferencias significativas entre las especies ( $F = 7.892$ ,  $P < 0.01$ ) y entre los tiempos de incubación dentro del rumen ( $F = 36.251$ ,  $P < 0.01$ ), destacando la mayor posibilidad de aprovechamiento del follaje de *C. erecta* como forraje, cuya digestibilidad es significativamente superior a las otras dos especies (Cuadro 37).

En este caso el manglar se consumió preferentemente durante el estiaje, cuando escasea la vegetación forrajera común, tal como pastizales y otras especies herbáceas y leñosas como *Panicum maximum* y diversas leguminosas presentes en la vegetación aledaña.

**Cuadro 37. Análisis de Varianza de la digestibilidad ruminal de 3 materiales vegetativos de las especies de mangle en el límite tropical del Golfo de México.**

Niveles	Tratamientos	n	Promedio	Error estándar	Nivel de significancia
Especies	L. racemosa (F)	28	1.78 ± 0.0304		b
	R. mangle (R)	28	1.78 ± 0.032		b
	C. erecta (F)	28	1.86 ± 0.026		a
Incubación (h)	0	12	1.97 ± 0.013		a
	4	12	1.93 ± 0.008		ab
	8	12	1.90 ± 0.013		ab
	12	12	1.86 ± 0.017		b
	24	12	1.70 ± 0.032		c
	36	12	1.70 ± 0.035		cd
	48	12	1.59 ± 0.042		d

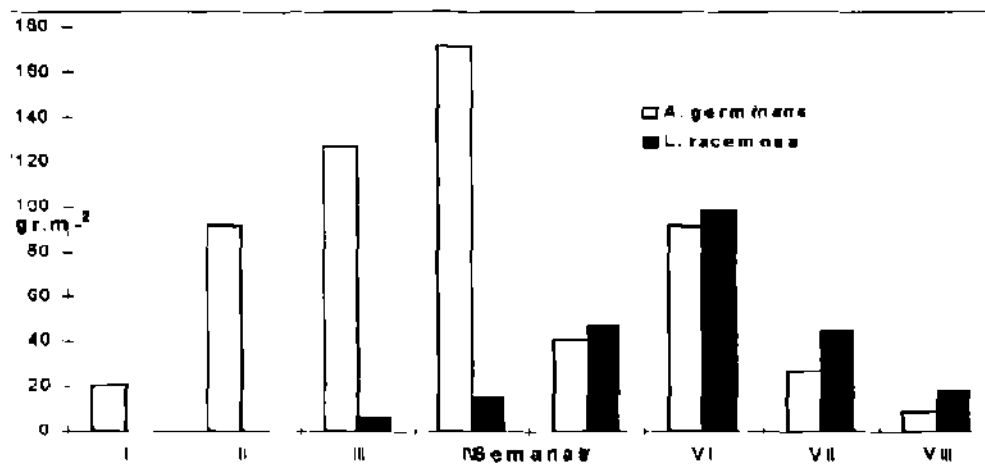
\* letra diferentes representan diferencias altamente significativas. F.- Follaje y R.- Raíz

El efecto del ramoneo del ganado en corrales conlleva en la mayoría de los casos a la muerte de las plántulas y aun crecimiento reducido en ejemplares adultos de *C. erecta* y *L. racemosa*.

## 6.4. Establecimiento y regeneración del manglar

### 6.4.1. Dispersión de propágulos

Durante la etapa de producción de propágulos del manglar (Figura 14), se determinó que el desprendimiento y liberación de los mismos es afectado por la temporada de huracanes en la región, observándose que para *A. germinans* el primer pico de liberación ocurrió cuando se presentaron los primeros vientos fuertes de la época de huracanes, durante septiembre-octubre, provocando la caída de frutos inmaduros. Sin embargo, para *L. racemosa* la liberación no se vio afectada porque las plantas estaban en inicio de floración y en formación incipiente de los propágulos, presentándose la liberación predominantemente en madurez fisiológica, lo que evidencia una mayor resistencia mecánica al viento respecto a la primera especie.



**Figura 14. Efectos de los vientos huracanados en la época de ciclones (sep-oct 96), en la producción propágulos de los manglares en el límite tropical del Golfo de México.**

La dinámica de la dispersión de las dos especies es diferente pero responde a un patrón general de liberación y dispersión que puede servir para explicar en parte algunas de las diferencias en el establecimiento de los nuevos rodales.

#### 6.4.1.1. Modelo de dispersión

Conforme con la información obtenida en los sitios de trabajo, sobre la liberación y diseminación de los propágulos, se generó un modelo simple de dispersión que contempla diferentes factores ambientales de los sitios que intervienen en la dispersión de los propágulos y en el establecimiento de nuevos rodales. El modelo consiste en las siguientes fases (Figura 15):

Fase 0. Liberación de los propágulos al suelo o al agua.

Fase 1 a. Pérdida de la dormancia ( *C. erecta* ).

Fase 1b. Germinación *in situ* y establecimiento de las plántulas bajo un hidrodinámica suave (*A. germinans* y *L. racemosa*).

Fase 2. La muerte de las semillas por depredación y otros factores ambientales (Todas las especies).

Fase 3. La re-dispersión de los frutos jóvenes por el arrastre de las escorrentías y la marea ( Principalmente para *A. germinans*.)

Fase 4. La incorporación al detrito por pérdida de flotabilidad de los frutos en etapas avanzadas de la germinación, adelante de la formación de la fase de radícula (Principalmente para *L. racemosa*).

Para demostrar las diferencias entre algunas de las especies se realizó un experimento en el que se pusieron a flotar diferentes cantidades de propágulos en un recipiente que simulara las condiciones hidráulicas a las que están sujetos durante la dispersión, obteniéndose importantes que confirman esta relación (cuadro 38).

De acuerdo con las observaciones en el sitio y el correspondiente modelo de dispersión propuesto, *L. racemosa* muestra una liberación de sus propágulos cuando el nivel del cuerpo de agua tiende a ser normal y el suelo está expuesto, provocando una acumulación y germinación *in situ*. Si el tiempo de estancia en el suelo húmedo se prolonga los propágulos emiten el primordio de radícula en un plazo máximo de 10 días, tiempo durante el cual la radícula se introduce en el suelo y tiende a fijarse. En esta etapa pueden presentarse dos condiciones críticas en el establecimiento de las plántulas: 1). La fijación apropiada al suelo y su posterior establecimiento en el plantel de reclutamiento en ausencia de factores de perturbación o 2). El arrastre de

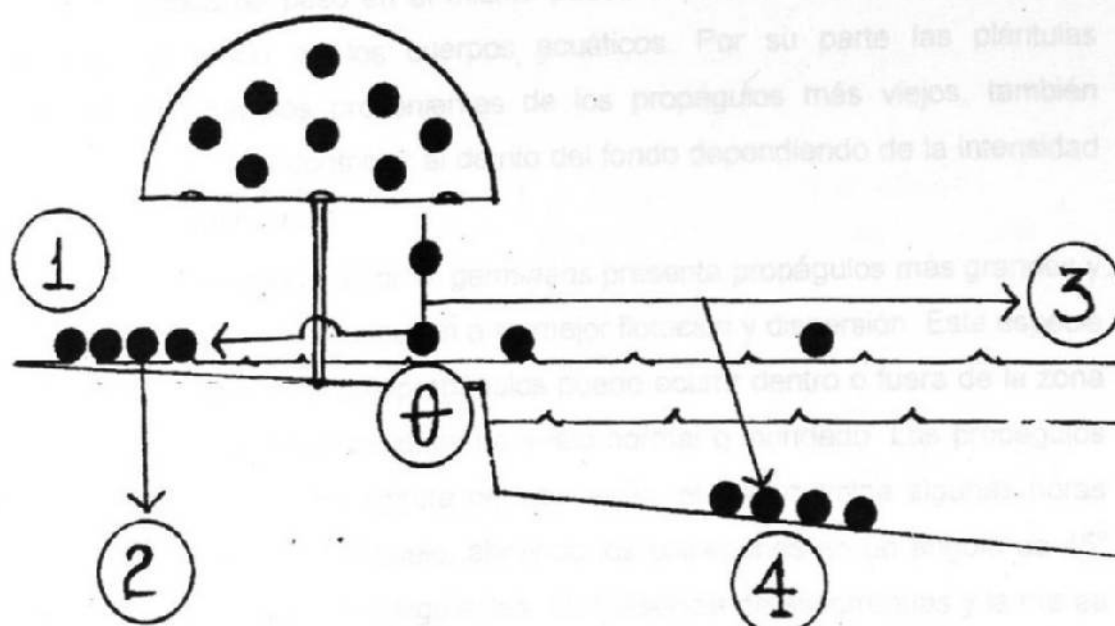


Figura 15. Modelo de dispersión de los propágulos de las especies de mangle en el límite tropical del Golfo de México.

Cuadro 38. Efectos de inundación- desecación experimental (semanal) en propágulos de *L. racemosa* y *A. germinans* ( Salinidad 5 ‰ de Na Cl)

ESPECIES	PRIMER PERIODO			SEGUNDO PERIODO			
	IN	1a	2a	3a	4a	5a	6a
<i>L. racemosa</i> (Piso)	280	65	65	34	34	34	6
<i>L. racemosa</i> (Ramas)	298	298	298	293	293	293	216
<i>A. germinans</i> (Piso)	19	19	19	16	16	16	16



los propágulos con la radícula emitida por los escurrimientos pluviales o la marea, en cuyo caso el exceso de peso en el mismo puede impedir una flotación apropiada, arrastrándolos al fondo de los cuerpos acuáticos. Por su parte las plántulas existentes en los cúmulos provenientes de los propágulos más viejos, también pueden ser arrastradas y contribuir al detrito del fondo dependiendo de la intensidad de las escorrentias pluviales.

A diferencia de la especie anterior *A. germinans* presenta propágulos más grandes y esponjosos, aspectos que contribuyen a su mejor flotación y dispersión. Esta especie muestra que la liberación de sus propágulos puede ocurrir dentro o fuera de la zona de influencia mareal y en condiciones de suelo normal o inundado. Los propágulos se liberan con una incipiente ruptura del pericarpio, el cual culmina algunas horas después o al golpearse con el suelo, abriendo los cotiledones en un ángulo de 45° en el transcurso de las 48 horas siguientes. La presencia de escorrentias y la marea arrastran también a los propágulos, pero a diferencia de la especie anterior, la emisión de la radícula no afecta la flotación, propiciando que sean transportados por las corrientes al interior de los cuerpos de agua, dispersándolos a una mayor distancia.

Durante la evaluación se encontraron diferentes frutos y semillas boyantes de especies presentes en las cuencas, tales como *Spondias* sp., *S. mombin* y *Terminalia catappa*,. Sin embargo solo las semillas de la última especie presentaron germinación en las zonas de reclutamiento del mangle.

#### **6.4.2. Dinámica de plántulas.**

El seguimiento del reclutamiento después de la época de inundaciones permitió identificar diferentes condiciones en el establecimiento de las plántulas de las especies evaluadas (Cuadro 39), apreciándose patrones constantes para cada una de ellas. De acuerdo con la información del cuadro 39, *R. mangle* presenta una clara preferencia hacia las zonas permanentemente inundadas y sujetas a la marea, *L. racemosa* muestra una distribución más amplia al presentar un mayor reclutamiento entre las zonas Intermareal y supramareal, aunque la mayor capacidad de reclutamiento ocurre en el nivel de máxima inundación, mientras que

*A. germinans* ocupa preferentemente entre los niveles intermareal e inframareal, compartiendo el espacio más con *R. mangle* que con *L. racemosa*.

**Cuadro 39. Reclutamiento de plántulas de las especies de mangle en el límite tropical del Golfo de México.**

ZONA	SITIOS	ESPECIES	Niveles hidráulicos (Ind/m <sup>2</sup> )			
			MIN	SPM	INM	IFM
Laguna la Costa	Las Garzas	<i>R. mangle</i>	0	< 1	3	16
		<i>L. racemosa</i>	67	16	17	6
	Río Tamesí	<i>R. mangle</i>	0	6	13	33
		<i>L. racemosa</i>	0	16	4	5
		<i>A. germinans</i>	0	0	3	6
	El Zapote	<i>R. mangle</i>	0	3	7	14
		<i>L. racemosa</i>	0	6	2	2
Estero	Rancho	<i>R. mangle</i>	< 1	2	11	5
Garrapatas	Orta	<i>C. erecta</i>	< 1	0	0	< 2
Lag		<i>R. mangle</i>	0	0	0	< 1
Carpintero		<i>L. racemosa</i>	0	2	18	8
		<i>A. germinans</i>	0	1	< 2	< 1

MIN.- Nivel Máximo de Inundación; SPM.- Supramareal; INM.- Intermareal; IFM.- Inframareal.

**Estero Garrapatas.** En la evaluación de las plántulas de este sitio se distinguieron solo dos condiciones de influencia en el reclutamiento: Una bajo el dosel arbóreo, permanentemente inundado y otra en la margen terrestre del estero, justo dentro de la vegetación de matorral espinoso en el ecotono (Cuadro 40), determinándose que las que se encuentran dentro del cauce del estero presentan una altura reducida respecto a las otras, además de una mayor mortandad y enfermedad. El análisis de plántulas enfermas reveló que conservan solo una proporción de 1:7 pares de hojas con relación a los nudos existentes, presentes solo en el ápice, los cuales mostraron daños por patógenos. Dentro del tejido de los hipocotilos se encontraron diferentes larvas de insectos barrenadores.

**Cuadro 40. Reclutamiento y condiciones fisiológicas de las plántulas de *R. manglie* en el estero Garrapatas, Altamira, México.**

E s p e c i e s	Condición de las plántulas (Ind.m <sup>-2</sup> ) *			
	vivas	mueratas	enfermas	altura
Zona de inundación	2	6	5	<1
Zona terrestre (ecotono)	4	0	0	1

\* valores ajustados a individuos completos.

Los plántulas presentes en la margen terrestre presentaron una altura de 1.45 m significativamente diferente y un mejor estado fitosanitario, ya que no se contabilizaron ni plantas enfermas o muertas, presentando además una ramificación de 3 a 6 ramas secundarias, follaje completo y sin daños importantes en los tejidos del brote.

**Laguna Del carpintero.** Posterior al máximo periodo de precipitaciones, aparecen plántulas establecidas en toda el área de este sitio. La especie más abundante en reclutamiento lo representa *L. racemosa*, mostrando un establecimiento generalizado desde las playas hasta el interior del bosque, cuya máxima sobrevivencia se alcanza en el nivel intermareal con iluminación elevada, muriendo más del 80% bajo la sombra, dentro de todos los niveles de marea y en el suelo permanentemente inundado (Figura 16).

*A. germinans* presenta un reclutamiento menor a 1 ind./m<sup>2</sup> en la zona donde la marea y el oleaje tienen su influencia más drástica, removiendo las plántulas constantemente, evitando la fijación y provocando una mortandad mayor al 90 % (Figura 17).

*Terminalia catappa* es una especie cuya defoliación, liberación de frutos y sombra disminuyen el reclutamiento de plántulas.

Los frutos implantados bajo la sombra, que germinaron inicialmente hasta un 92 %, murieron al 100% antes del fin del invierno, sin embargo los que se implantaron a la luz directa germinaron en la misma proporción, sobreviviendo 76 % hasta 5 meses después, lo que confirma lo ya descrito.

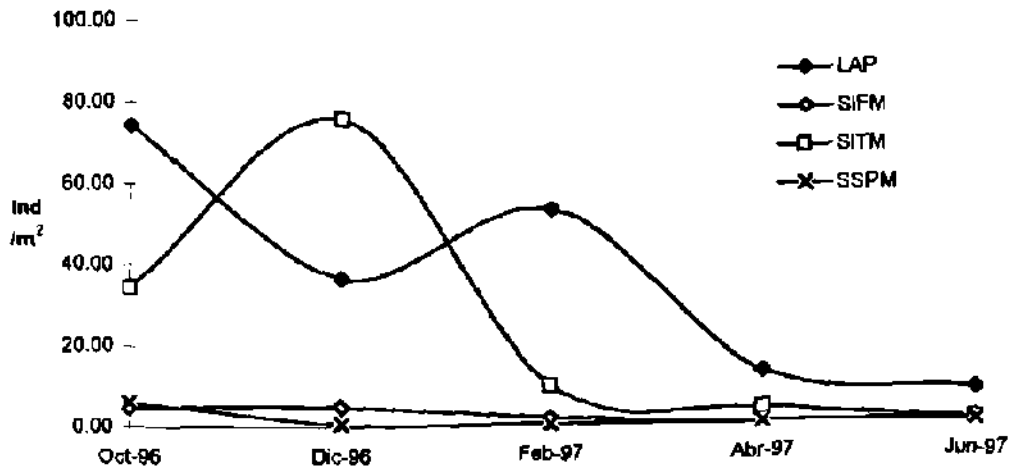


Figura 16. Distribución de las plántulas de *L. racemosa* en los diferentes niveles de marea de la laguna del Carpintero, Tampico, México.

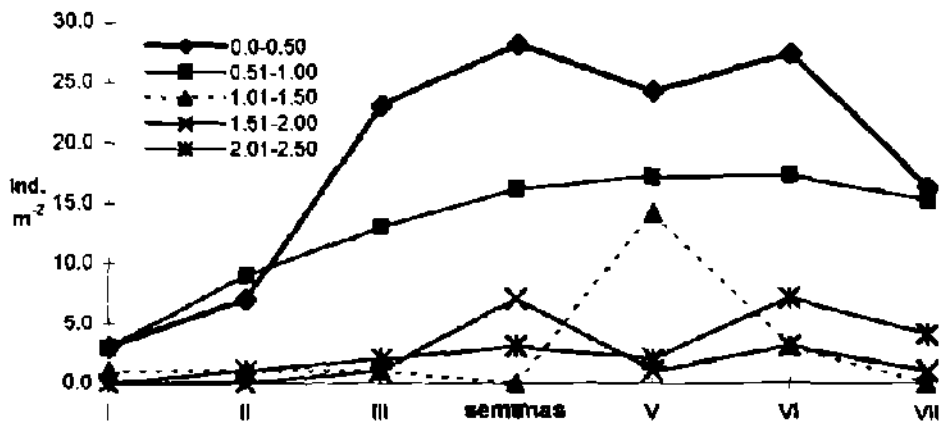


Figura 17. Distribución de las plántulas de *L. racemosa* en los diferentes niveles de marea de la laguna del Carpintero, Tampico, México.

Al evaluar el reclutamiento de plántulas de *L. racemosa* en un transecto perpendicular a la línea de costa de esta laguna (Cuadro 41), se estableció que existen diferencias altamente significativas en el reclutamiento respecto a los niveles de marea ( $F=41.99$ ,  $P<0.001$ ), así con los tiempos de evaluación ( $F=17.701$ ,  $P<0.001$ ).

**Cuadro 41. Análisis de Varianza Multifactorial de las plántulas de las especies de mangle a diferentes niveles de marea y tiempos de evaluación en la laguna del carpintero, Tampico, México.**

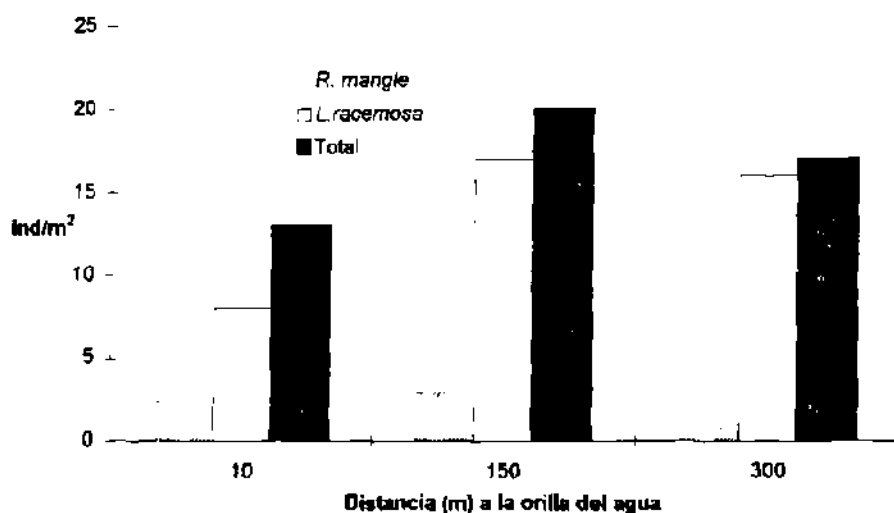
Niveles	Tratamientos	n	Promedio	Error estándar	Nivel de significancia
Especies	SSPM	34	2.235294	± 0.413797	b
	SIFM	34	3.323529	± 0.432051	b
	SITM	31	27.516129	± 5.508326	a
	LAP	34	37.411765	± 4.408127	a
Periodos	Jun 97	18	3.666667	± 0.863191	b
	Abr 97	31	4.354839	± 0.958884	b
	Feb 97	29	16.379310	± 4.146164	b
	Dic 96	30	29.733333	± 5.716870	a
	Oct 96	25	29.840000	± 5.938204	a

\* letra diferentes representan diferencias altamente significativas. SSPM= sombra supramareal , SIFM = sombra inframareal, SITM= sombra intermareal, LAP= iluminación del poniente

Determinándose que el reclutamiento es mayor en los niveles de sombra intermareal (SITM) y en zonas de alta iluminación del poniente (LAP), respecto a los otros dos niveles, en tanto que presenta el mayor valor de reclutamiento al final del otoño (Oct-Dic), decayendo drásticamente durante el invierno, debido al descenso de las temperaturas de la época, que causa un marchitamiento temporal a permanente dependiendo de la duración de las bajas temperaturas. Durante esta última etapa del reclutamiento mueren más del 90 % de las plántulas. Sin embargo, en playas arenosas de inclinación reducida y cubiertas de *Distichlis spicata* la vegetación contribuye a la protección de los plántales alcanzando hasta 14 ind.m<sup>-2</sup>, formando franjas densas de diferentes edades, con una elevada tasa de crecimiento.

En este sitio se han localizado plántulas de *R. mangle*, especie que no está presente en ésta área y cuyos bosques más cercanos están localizados a más de 12 Km de distancia.

**Laguna la costa.** En este cuerpo de agua el reclutamiento se presenta de forma semejante al que presenta la laguna del Carpintero, pero la presencia de plántulas de *R. mangle* es mayor debido a la presencia de rodales de esta especie en este sitio. Con relación a la distancia a la orilla del agua se aprecia que la tendencia en el reclutamiento de *R. mangle* es directa, mientras que tiende a ser inversa para *L. racemosa*, que tiende a ocupar el borde del ecotono terrestre bajo el dosel arbóreo. Sin embargo en estas condiciones ambas especies exhiben una tasa de sobrevivencia menor al 10 % del total de plántulas (Figura 18).



**Figura 18. Distribución de las plántulas de *L. racemosa* en los diferentes niveles de marea en la laguna La Costa, Tampico, México.**

En la zona interior de la laguna, el reclutamiento es nulo en la orilla por donde descargan los escurrimientos del río Tamesí, presentándose solo en aquellas zonas donde la estructura de las raíces favorece su instalación. En la orilla contraria, con una playa de inclinación somera, vegetación de cebadales de *Ruppia maritima*, profundidad menor a los 25 cm y sin efecto de los escurrimientos, ocurre la depositación de sedimentos que contribuyen a la instalación de plántulas de *R. mangle* hasta de 5 ind.m<sup>-2</sup>.