

## INTRODUCCION

mportancia económica, ecológica y social de los humedales costeros tropicales.

Los humedales comprenden diversos ambientes tanto naturales como artificiales que se caracterizan por estar permanente o temporalmente inundados por agua dulce, estuarina (salobres) o salina e incluyen las regiones marinas que no excedan los 6 metros de profundidad con respecto al nivel medio del mar (RAMSAR,1970).

Bajo esta definición quedan comprendidos los estuarios, lagunas costeras, canales de marea o esteros, bajos y barras de lodo ó arena, manglares, pastos marinos, arrecifes de coral, pantanos estuarinos y dulceacuícolas, ríos, marismas, bosques pantanosos, selvas bajas inundables, lagos y lagunas de aguas dulce, oasís, cenotes, lagunas hipersalinas, algunas bahías. También quedan incluidos los ambientes creados por el hombre como presas, lagos artificiales, chinampas, arrozales, canales, drenes, represas artificiales, estanques acuícolas, salinas artificiales, norias, pozos, chontales y lagunas de oxidación (Flores-Verdugo, 1995).

Los humedales presentan flora y fauna exclusiva de estos ambientes, por ejemplo mamíferos como el manatí (Trichechus manatus) y la nutria (Lutra longicaudus), reptiles como los cocodrilos (Crocrodylus moreletti y C. acutus), crustáceos como camarones (Penaeus spp), peces de importancia pesquera como lisas y pargos (Mugil

sp. y Lutjanus sp.), moluscos como ostiones (Crassostrea virginica), aves como garzas y egretas (Ardea spp, Egretta spp), flamingos (Phoenicopterus ruber) y gran abundancia de patos y gansos, así como una gran variedad de especies endémicas que son componentes bióticos característicos de estos ambientes.

El ecosistema de manglar, corresponde a la vegetación arbórea de la zona de mareas en las regiones tropicales y subtropicales. Los manglares son halófitas facultativas que pueden crecer a diferentes salinidades que van desde 0‰ (dulceacuícolas) hasta hipersalinas (>40 < 90‰), su máximo desarrollo en pero alcanzan condiciones salobres (~15‰). Los manglares están formados por unidades taxonómicas muy diversas con más de 50 especies agrupadas en 12 familias (Chapman, 1970). Es la vegetación dominante que bordea las lagunas costeras y estuarios. Se estima que del 60% al 75% de las costas de regiones tropicales están bordeadas por manglares (McGill, 1958).

La extensión actual de los bosques de manglar a nivel mundial probablemente alcanza entre 160,000 y 170,000 km². Siendo dificil nombrar una cifra exacta por ser ecosistemas de naturaleza dinámica y sujetas a una significativa interferencia.

En México se encuentran ampliamente distribuidas 4 especies de manglar: manglar rojo (Rhizophora mangle), manglar negro (Avicennia germinans), manglar blanco (Laguncularia



racemosa) y botoncillo (Conocarpus erectus) (Pennington y Sarukhán, 1968), y otras especies de manglar rojo (Rhizophora harrissoni) localizado solamente en Chiapas (Rico-Gray, 1981). Se estima que la extensión cubierta por manglares en el país es de 6,600 km² (Blasco, 1988), superior a la encontrada en la mayoría de los países de América y Africa (Flores-Verdugo, 1990).

Las lagunas costeras, estuarios y manglares están ampliamente reconocidos como los ecosistemas más productivos de la Biósfera

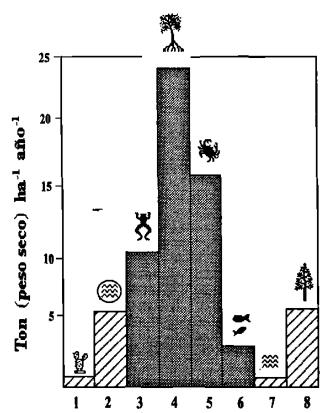


Figura 1. Productividad primaria promedio anual de diferentes ecosistemas marinos y terrestres: 1. Desierto, 2. Lagos y rios, 3. Pantanos de agua dulce, 4. Manglares, 5. Lagunas costeras en condiciones estuarinas, 6. Zona marina (Region Nerítica), 7. Zona marina (Cuenca oceánica) y 8. Bosque boreal, de coníferas y zonas de cultivo.

Corresponde a ecosistemas abiertos con intercambios de materia y energía.

(Fig. 1. Whittaker y Linkens, 1975; Odum y Heald, 1975).

Por ello es importante el conocimiento de la dinámica ambiental de estos ecosistemas para su manejo apropiado. El país cuenta con aproximadamente 10,000 km de costa con más de 125 lagunas costeras, las cuales abarcan una superficie total de aproximada de 12,600 km² que cubren el 33% de sus litorales (Lankford, 1977).

La alta productividad primaria de estos ecosistemas se debe principalmente a la disponibilidad de nutrientes provenientes de los ríos y escurrimientos terrestres y al efectivo reciclamiento de éstos durante los procesos de mineralización microbiana (Mee, 1978; Nixon, 1981).

La elevada fertilidad de las lagunas costeras y estuarios mantiene una rica y compleja cadena alimenticia caracterizada por una elevada producción pesquera (Day et al., 1973). En algunos casos parte de esta fertilidad es exportada y contribuye con la riqueza pesquera de la zona costera adyacente (Martusobroto y Namin, 1977).

Es importante destacar que el 90% de la pesca mundial se realiza en las regiones costeras y de ésta el 70% lo constituyen organismos estuarinos ó aquellos que algún período de su vida transcurre en un ecosistema lagunar estuarino (McHugh, 1976; Yañez-Arancibia, 1978).

Los manglares se encuentran funcionalmente relacionados con los ecosistemas lagunares-estuarinos y mantiene la calidad del



agua de éstos debido a que actúan como filtros biológicos reteniendo sedimentos, nutrientes (fertilizantes), pesticidas, metales pesados, etc.

# 1.2 Servicios, usos y funciones de los ecosistemas de manglar y lagunares-estuarinos

Los beneficios de los manglares y ecosistemas lagunares-estuarinos comprenden una gran variedad de bienes, servicios, usos y funciones de valor para la sociedad, la flora y fauna silvestre así como para el mantenimiento de sistemas y procesos naturales. Estos beneficios se pueden resumir en:

Como sistemas naturales de control de inundaciones, barreras de huracanes e intrusión salina; control de erosion y protección de costas, mejoran la calidad del agua al actuar como filtro biológico removiendo nutrientes y toxinas, se caracterizan por tener una elevada producción pesquera y como habitat de apoyo a pesquerías; como refugio de flora y fauna silvestre incluyendo especies en peligro de extinción, especies endémicas y migratorias; zonas de alimentación, refugio y crecimiento de juveniles de crustáceos y alevines; fuentes de energía (leña o turba), vías de comunicación, banco de génes, de valor estético y recreativo, de significado cultural y educativo, prevención de la formación de suelos ácidos, microclimas, contribuyen a mantener sistemas y procesos naturales como respuesta a cambios en el nivel del mar, como trampas de carbono, mantienen los procesos de acreción, sedimentación y formación de turbas (depósitos sedimentarios con una elevada concentración de materia orgánica).

Además de ser un excelente evapotranspirador, el cual suple significativamente de humedad a la atmósfera y al hacerlo se convierte en fuente de enfriamiento natural para las comunidades cercanas. Es reciclador de CO<sub>2</sub> y fuente de materia orgánica e inorgánica; se constituye en un eslabón importante en la cadena trófica por su función, como transferidor de energía a los sistemas secundario y es un excelente amortiguador de inundaciones.

Así mismo, un número importante de comunidades humanas dependen de los manglares para su supervivencia al utilizar una amplia gama de los productos naturales provenientes de estos y sus aguas circundantes.

Los manglares a través de su hojarasca contribuyen con cantidades importantes de materia orgánica a la cadena trófica del detritus. Existe una correlación positiva entre la extensión de la zona de mareas (manglares en los trópicos) y el volumen de captura de peces y camarones en las aguas adyacentes como se ha observado en Malasia, Filipinas, India, Luisiana y Japón (Fig.2, Martusobroto y Namin, 1977; Turner, 1991).

Los manglares proveen de protección de predadores y alimento a juveniles de peces y crustáceos (Nuruddin, 1987). Ciertas especies de penéidos dependen de los manglares durante sus estadíos juveniles (Macnae, 1974). Es razonable



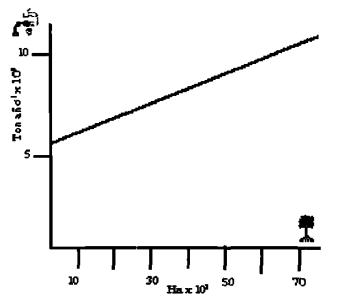


Fig. 2. Correlación entre el volúmen de captura de camarón y la extensión de los manglares de la zona adyacente (Martosubroto y Namin, 1977)

inferir que la captura pesquera de penéidos declinará en proporción directa a la destrucción de los manglares (Martosubroto y Namin, 1977).

Existen reportes que indican que el 85% de la pesca comercial de peces y moluscos del Sur de Florida dependen del complejo lagunar-estuarino de la Bahía de Tampa. En esta region donde han sido destruidos el 40% de los manglares a partir de 1960 debido a rellenos para desarrollos residenciales y comerciales, amenazando con ello una pesquería comercial y deportiva de \$ 575 milliones y \$10 millones de dólares anuales, respectivamente (Lindall, 1973). Otro autor menciona la presencia de solamente 35,000 parejas reproductoras de aves playeras en el sur de Florida cuando se estimaron más de 2.5 millones en 1870, atribuyéndo la causa principalmente, a la pérdida de humedales dulceacuícolas y marinos (manglares).

Turner (1991) estima una pérdida anual de 767 kg de camarón y peces de importancia comercial por cada hectárea de manglar destruido. Burbridge (1982) argumenta que el valor de los manglares como habitat de apoyo a pesquerías es más importante que cualquier otro uso, incluyendo la acuicultura. Se reporta una declinación del 50% de la captura camaronera en el Salvador desde1964 como consecuencia de la pérdida del 50% de sus manglares (Daugherty, 1974).

El turísmo asociado a los humedales del Caribe se ha traducido en una de las principales fuente de ingresos de diversos países insulares. Se calcula un valor económico y ecológico en beneficios directos e indirectos de los manglares entre los \$10,000 a \$125,000 dólares por hectárea.

Además de sus valores ecológicos, los manglares han sido utilizados por siglos como fuente de energía, material de construcción, extracción de sal, taninos y otros tintes e incluso alimento.

A pesar de los multiples beneficios que nos proporcionan los manglares, estos han sido afectados por actividades antropogénicas. Como consecuencia se ha observado problemas de calidad del agua en los cuerpos acuáticos adyacentes presentando un aumento en la turbidez, sedimentación y eutroficación. Los manglares así como otras macrófitas acuáticas han resultado más eficientes y económicos en su operación y mantenimiento como plantas de tratamiento de aguas negras que los métodos ingenieriles



convencionales. Estos ecosistemas remueven cantidades importantes de Nitrógeno y Fósforo así como metales pesados y han sido utilizados para tratamiento de los efluentes de diversas minas.

Los manglares así como otros humedales son considerados como ecosistemas de elevada biodiversidad, y funcionan como refugio temporal de aves migratorias y fauna amenazada de extinción como el manatí (*Trichechus manatus*), algunas especies de cocodrilos (*Crocrodylus moreletti*), jaguares (*Thantera onca*), etc (Flores-Verdugo, et al., 1990). En Florida se ha reforestado con manglares diversos puertos, para romper con la rigidez urbana de las marinas y atraer diversas aves acuáticas.

La laguna-manglar-marisma de zonas áridas y semi-áridas constituyen una unidad funcional de interacciones ecológicas que responden a las características climáticas, edafológicas e hidrológicas de la región y tiende a restablecerse una vez alterada.

Las marismas ó llanuras de inundación estacional actúan como zonas de amortiguamiento contra inundaciones y esta función es de crucial importancia en una zona frecuentada por huracanes. Aproximadamente el 78% de los huracanes de la costa del Pacífico de México afectan a las porciones sur y centro de Sinaloa y el extremo sur de Baja California. El cuerpo de ingenieros de la Armada de Estados Unidos de América (1985) justifica la conservación de las llanuras de inundación por ser los sistemas más eficiente y económico para el

control de inundaciones en las costas del Golfo de México (Day et al., 1973).

Para los manglares de México existe pocas evidencias de pasos efectivos para detener la deterioro de éstos por las granjas camaronícolas ú otros usos que implican su destrucción. Inicialmente la actividad acuícola denotó una falta de coordinación entre las agencias involucradas en el manejo de recursos costeros, sin embargo grandes esfuerzos se han hecho al respecto. Por otro lado, el sistema de las autorizaciones para la concesión y construcción de granjas es sumamente complejo por lo que es ignorado por parte de los acuacultores y la escacez de inspectores hacen que la ejecución y ejercicio de las leyes sea inadecuado. Estas condiciones han provocado que algunas zonas de manglar hayan sido destruidas en algunos casos en su totalidad (por ej. Mármol, Sin.), para desarrollos acuícolas.

En nuestro país en los últimos veinte años se ha observado una tasa de deforestación del manglar de un 12%, cuya estimación corresponde aproximadamente a 79,236 ha (Tovilla,1991).

El segundo estado más importante en cuanto a extensión de bosques de manglar en el litoral Pacífico, es Sinaloa con 74,539 ha. Sin embargo es el estado que presenta la mayor perdida de manglares en los últimos 25 años, aproximadamente 11,476 ha (36% del total deforestado en el litoral Pacífico de México, Tovilla en 1994).

Los programas de reforestación con manglares se han realizado en diversas regiones



tropicales principalmente de países asíaticos. La justificación para la reforestación comprende desde el mejoramiento de habitat para apoyo a las pesquerías; como fuente de alimento ganadero; como barrera contra huracanes, inundaciones y de protección contra la erosión por oleaje y mareas, como refugio de vida silvestre; como filtro biológico de contaminantes; por su valor estético e incluso por motivos de estrategia militar (Flores-Verdugo, 1990).

Un programa de reforestación requiere de una cuidadosa planeación que implique un conocimiento en detalle de los espacios disponibles de zonas de mareas, estudios hidrólogicos del sistema estuarino adyacente, patrón e intensidad de oleaje, clasificación y química de los sedimentos y presencia o ausencia de contaminantes en agua y sedimentos.

En particular, dentro de la zona de marea, delimitar las áreas de inundación durante mareas muertas, mareas vivas y durante la época de las mareas más altas. Esto es particularmente importante debido a que dependiendo de la frecuencia de inundación será la especie de manglar por establecer.

Su distribución responde a la composición de los sedimentos finos (limos y arcillas) y éstos a su vez son regulados por el patrón de circulación de las corrientes dentro del sistema, siendo necesario su conocimiento. La química del sedimento, en particular la salinidad y la presencia de suelos reducidos (sulfúros) son factores determinantes en

el éxito de la colonización, en la tasa de crecimiento y nivel de desarrollo forestal de los manglares. Otro factor limitante en el crecimiento adecuado de los manglares son la presencia de ciertos contaminantes, en particular hidrocarburos y herbicidas.

Es importante destacar, que los manglares, son sensibles a los cambios en el patrón de inundación (periodos de inundación y exposición al aire) que dan las condiciones hidrologícas netas producto de la combinación de las mareas, aportes fluviales/escurrimientos terrestres, precipitaciónevaporación, efecto del viento, profundidad y geomorfología del cuerpo de agua adyacente y la extensión de su nivel topográfico óptimo. Así mismo se puede provocar su mortalidad con pequeños cambios en el comportamiento hidrodinámico del cuerpo de agua adyacente como vendría a ser el bloqueo parcial o total de la influencia de mareas de forma permanente o temporal u otras causas que afecten los niveles y tiempos de inundación.

Las condiciones tanto naturales como de alteración de los parámetros medioambientales quedan reflejados en los anillos de crecimiento de los árboles debido a la sensibilidad del cámbium. Por otra parte, los árboles son los organismos que viven más años. La información de los anillos puede ser recuperada y, convenientemente estudiados, permite el análisis de procesos ecológicos y ambientales con una resolución anual (Gutierrez, com. pers., 1998).



La dendrocronología - del griego dendro = árbol y crono = tiempo- es la disciplina que se dedica a extraer, analizar e interpretar esta información; se basa en la datación correcta de los anillos asignandos a cada uno de ellos, el año de calendario durante el cual se formó y en el análisis de los patrones temporales de las series de anillos estableciendo cronologías.

La dendrocronología particularmente es útil en ecología (dendroecología) con la finalidad de definir las variables climáticas que principalmente limitan el crecimiento de los árboles (Bosch et al., 1992, 1998). Historicamente, la dendrocronología se ha aplicado con éxito al estudio del clima actual y del pasado (dendroclimatología) (Fritts,1976; Creus-Novau,1991; Fernández y Manrique, 1997). Así, ha sido posible analizar las fluctuaciones y los episodios climáticos extremos, proporcionando a través de los anillos registros sustitutorios de los meteorológicos para periodos de centenares o incluso miles de años (Pilcher et al., 1984).

En base a esta conceptualización, la información obtenida a partir de la cronología de los anillos de los arboles de manglar puede ser utilizada para bosque de zonas áridas y semiáridas donde el análisis de los cambios ambientales (lluvias-secas) de origen natural y aquellos inducidos por actividades antropogénicas se vera reflejados en los anillos de crecimiento, así como los cambio producidos durante las últimas décadas.

La dendrocronología en manglares puede

indicarnos alteraciones por actividades antropogénica que modifican el patron hidrológico como la acuicultura, apertura de las bocas en lagunas costeras, impactos por la explotación petrolera causando asfixia o estresamiento, cambio en las condiciones medioambientales por efectos "El Niño", etc.

El análisis dendrocronológico es esencial para diferenciarse temporal o espacialmente. Así como para hacer evidente la relación entre el crecimiento, su productividad y analizar los efectos producidos tanto por cambios naturales como humanos.

Este trabajo, forma parte de una investigación más amplia sobre la restauración, conservación y reforestación con manglar, Presentará las adaptaciones técnicas para poder analizar el crecimiento, datación y cofechado con árboles de manglar y la aplicación de la técnica, en el ecosistema lagunar-estuarino de Boca Cegada, Nayarit (zona impactada por actividades acuícolas).

# 1.3 Distribución de los manglares en México.

Con algunas excepciones se puede decir que los manglares de la costa occidental de México son menos extensos y menos desarrollados que los del Golfo de México. Esto se debe a las características fisiográficas y climáticas de la costa occidental. La costa del Pacífico, por su origen tectónico (costa de colisión), es más accidentada, con acantilados y



playas cortas bordeadas por montañas y plataforma continental ausente ó muy estrecha, en comparación con la costa del Golfo de México (costa de arrastre) la cual presenta una llanura aluvial y plataforma continental extensas. Con respecto al clima, la costa del Pacífico va de semiárida a árida (con precipitaciones anuales menores de 800 mm) con excepción de Chiapas y Sur de Nayarit, y también presenta temperaturas de invierno más bajas que la costa del Golfo de México. Hacia el noroeste las condiciones desérticas aumentan y el flujo de los ríos van disminuyendo pasando de estacional a irregularmente intermitente y efímero. La costa del Pacífico recibe menos del 20% del volumen total de lluvias en el país (Flores-Verdugo, et. al., 1992).

# 1.4 Antecedentes sobre reforestación con manglares.

A partir de 1970 se inició una campaña de conservación de los humedales. Por su gran importancia, incluso se han construido humedales semi-naturales, por ser considerados como los sistemas de tratamiento de fuentes no puntuales de contamínación más económicos y eficientes.

A partir de 1959, algunos de los países asiáticos han realizado estudios sobre las regeneración y crecimiento del manglar, tal es el caso de los autores; Teas (1977); Kinch (1975); Lewis III (1979); Wadsworth, (1959). Trabajos enfocados en el trasplante y sobrevivencia de las plántulas de las tres especies presentes en México

reportados por Bojorquez y Prada (1988); Pulver (1976); Cintrón (1982). Dichos estudios se han restringido a transplantes directos y hasta donde se tiene conocimiento no se han realizado estudios con registro de las condiciones físicas, químicas, biológicas del agua y sedimento donde se piensa realizar el trasplante.

Los países árabes tienen programas de forestación con manglares para el uso de sus hojarasca como alimento de cabras y camellos. El cuerpo de ingenieros de E.U. en Texas recomienda la conservación de los humedales por considerarlos como los sistemas más eficientes de protección contra las inundaciones. En Bangladesh se reforestó con éxito 25,000 ha de manglares como barrera contra los tifones por la muerte de más de 70,000 personas en 1971 debido a la conversión paulatina de zonas de manglar en arrozales (Fosberg, 1971).

Los manglares han sido cosechados y reforestados utilizando las prácticas silvícolas comunes en regiones como las islas Adamán, Tailandia, Malasia, Puerto Rico e Indonesia. Los tiempos de rotación varían con la especie de 20 a 100 años (Lewis, 1982).

El registro de la sobrevivencia, crecimiento y área foliar de las plántulas bajo condiciones controladas en un vivero permite un mejor desarrollo de plántulas por encontrarse libres de predadores y tensores ambientales, garantizando así un mayor éxito en la reforestación. Algunos de los países que han trabajado bajo esta tematica son Bangladesh, Tailandia, Indía, Australía, Vietnam, Indonesia,



Arabia Saudita, Cuba, Colombia y Panáma.

Los costos de reforestación varían de \$1,140 a \$6,545 dólares/hectárea dependiendo del tipo de material que se utiliza (propágulos, plántulas, árboles) y de los espacios entre las plántulas. Los costos se incrementan substancialmente de usar propágulos a árboles de O.5 a 1.5 m de altura (Pulver, 1976). El reducir el espacio entre plántula y plántula en 1/3 de la distancia original (de 0.9 m a 0.61) duplica el número de trasplantes (de 12, 100 a 26, 896 plantas/ ha) y con una mayor reducción (0.3 m) lo incrementa hasta 110, 889 plantas/ ha.

Además de las consideraciones antes mencionadas, los programas de reforestación con manglares también basan su éxito en estudios experimentales (en viveros de halófitas) con diferentes variedades genéticas de manglar, el poder determinar las poblaciones de plántulas más apropiadas para la región y la previa capacitación en la mano de obra local.

Existen 3 técnicas para reforestar con manglares: Reforestación directa con propágulos (semillas o hipocotilos colectadas directamente del árbol ó recién caídas), trasplante de plántulas (propágulos con cierto grado de germinación como la pérdida de las testas) y trasplante de plántulas de un vivero.

# 1.5 Interacción de la acuicultura con el medio ambiente.

Los principios de mercado de una explotación intensiva acuícola moderna favorecen la monoactividad de la camaronicultura, estrategia que establece una dependencia muy fuerte de insumos exteriores al sistema de producción, causando en el límite un desbalance dentro de la actividad, con un consecuente efecto negativo sobre el ambiente inmediato principalmente en las áreas de manglar.

A pesar del desarrollo de tecnologías sofisticadas utilizadas en el monocultivo intensivo de camarones marinos, el potencial de reciclamiento de las aguas de desecho para acuicultura secundaria ha recibido poca atención. A la fecha en los principales países productores de camarón cultivado en América y en nuestro país, la mayoría de los efluentes descargan directamente al ambiente lagunar, causando en muchos casos rápida eutroficación en las aguas receptoras.

El cultivo de camarón es entre los sectores de la acuacultura, el de mayor crecimiento a nivel mundial. La industria se encuentra vinculada a su entorno físico y ecológico, por ello es sensible a factores externos fuera de su control. Igualmente puede llegar a afectar el medio que le rodea y a otras granjas. Hopkins y Villalón (1992) obtuvieron estimaciones de demanda de agua entre 55,000 y 86,000 toneladas métricas por cada tonelada métrica de camarón producido.



El sistema productivo más atractivo actualmente en México es el semi-intensivo, con estanques de tamaño medio entre 5-10 hectáreas. Para atender estos requerimientos de superficie en muchas ocasiones se han devastado importantes zonas de manglar para la construcción de estanquería. Las consecuencias operativas de esta acción están bien documentadas en: Asia Shrimp Culture Council, 1991, Phillips et al., 1993 y Wang, 1990.

El efectos de los efluentes de sistemas de cultivo intensivo en los ecosistemas costeros ha sido ampliamente estudiado por Clifford, 1994 y Phillips et al., 1993, demostrando que provocan diferentes grados de eutroficación en dichos ecosistemas.

1.6 Descripciónes de las áreas de estudio: El Estero de Urías (Mazatlán, Sinaloa), y Boca Cegada, Nayarit. México.

El estado de Sinaloa presenta 640.17 km en extension litoral (INEGI,1984) y 212,000 ha de superficie estuarina (Tovilla, 1994).

#### 1.6.1 Estero de Urías, Sinaloa.

El Estero de Urías se sitúa al sur de Sinaloa, México entre los 23° 10′ 36 " y 23° 13′ 00 " de latitud N; 106° 20′ 32 " y 106° 25′ 35 " de longitud W (Secretaría de Marina,1974) adyacente a la ciudad y puerto de Mazatlán (pob. 400, 000) y al norte de la desembocadura del río Presidio (Mapa1).

Su forma inicial es alargada y perpendicular a la costa doblando hacia el sur resultando su eje mayor paralelo a la costa con una extension de aproximadamente 17 km. El Estero de Urías comprende una unidad hidrológica constituida por 800 hectáreas de cuerpo lagunar con profundidades de <1 m hasta 8m en el canal de navegación. En el extremo sur (Estero la Sirena) se localizan los bosques de manglar mejor desarrollados, así como una serie de meandros de mareas conocidas venas de Pichichines, Zacate, El Caiman, El Confite y Barrón. Dentro del sistema lagunar se ubica la flota pesquera de camarón y en menor escala de atún colindando con la infraestructura industrial que forma parte integral del puerto. En la parte media existe una termoeléctrica. El sistema recibe los residuos domésticos de asentamiento humanos irregulares (ej. Estero del Infiernillo) así como de la industria pesquera y recientementes de estanques camaronícolas. Tierra adentro en la planicie costera se encuentra una amplia zona de cultivos de temporal y parches de matorral tropical caducifolio.

El clima del área es tropical y subtropical, tipo subhúmedo cálido (García, 1973), observandose para los año de 1996-1997 una temperatura media mensual de 25.0 °C, una máxima de 29.6 °C y una mínima de 18.8 °C. Presentandose una marcada temperatura de estiaje durante los meses de enero a Junio. En cuanto a la precipitación pluvial promedio anual es aproximadamente de 800 mm (Comision Nacional del Agua, 1996 y 1997).



#### 1.6.2 Boca Cegada, Nayarit.

La playa es otro componente de la región, se encuentra sujeto a una fuerte erosión.

El complejo lagunar-estuarino-manglares de Boca Cegada, Nayarit se localiza en la region sur de la plataforma costera noroccidental (Sinaloa-Nayarit) aproximadamente a 21°36′55" de latitud norte y 105°24′45" de longitud oeste. Dicha zona queda comprendida dentro dos unidades hidrológicas: San Blas y Boca de Asadero en la desembocadura del Río Santiago. Entre estas unidades se ubica Boca Cegada-Estero de Varadero y se encuentra comunicadas a través de diversas venas (Los Olotes y La Diabla. Mapa 2).

En el área se distinge una extensa marisma (166 ha, Flores-Verdugo, et al., 1995) constituida por lo que se denominarán como Marismas alta y media separadas parcialmente por un cordón de vegetación terrestre. Existe otra marisma (marisma baja) colindando con el mar y la marisma media de aproximadamente 30 ha. Estas marismas (alta y media) están bordeadas por las venas de Los Olotes y La Diabla.

La vegetación dominante en la region es el mangle negro (A. germinans), con presencia ocasional de mangle rojo (R. mangle) y mangle blanco (L. racemosa).

Los antiguos cordones emergentes se caracterizan por una vegetación terrestre constituida por matorrales o selva baja caducifolia primaria y secundaria donde se realiza una ganaderización extensiva y algunos cultivos.



# II. OBJETIVOS



ste proyecto doctoral tiene como objetivo principal el conocer las condiciones más apropiadas para el desarrollo óptimo de los manglares en ambientes naturales y semi-naturales (vivero), así como determinar la metodología factible en México para la implementación de programas de reforestación con manglar de sistemas lagunares afectados por actividades antropogénicas o naturales. Así mismo demostrar la factibilidad en la adaptación de la técnica en dendrocronología aplicada a árboles de manglar.

### 2.1 Objetivos específicos:

- 2.1.1 Valoración del impacto acumulativo de dos ecosistemas lagunares-estuarinos-manglar (estructura y distribución) del noroeste de México a partir de 1970.
- 2.1.2 Evaluación de la producción de hojarasca a través de dos ciclos anuales y su relación con los parámetros medioambientales.
- 2.1.3 Estimación de la tasa de degradación y crecimiento de fustes en dos bosque de manglar (A.germinans y R.mangle).
- 2.1.4 Determinación del efecto por afloramiento de macroalgas como consecuencia de la eutroficación antropogénica en el proceso de colonización de los manglares.

- 2.1.5 Valoración de las zonas de mareas y de baja energía de oleaje en llanuras tanto naturales como artificiales suceptibles a ser reforestadas. Delimitación fina de las zonas con diferente grado de inundación por mareas para poder definir la especie apropiada para cada nivel.
- 2.1.6 Evaluar diferentes técnicas de reforestación (propágulos, plántulas, plántulas de vivero, acodos, etc.) y determinar las condiciones óptimas para el crecimiento del manglar en un vivero experimental para el mejoramiento de habitat en zonas impactadas por el hombre.
- 2.1.7 Evaluar la tasa de crecimiento y sobrevivencia de las plántulas de manglar trasplantadas en plataformas artificiales.
- 2.1.8 Determinación de los factores físicos, químicos y biológicos del agua intersticial y cuerpo lagunar adyacente a la zona de reforestación.
- 2.1.9 Diseño y construcción de un vivero experimental de sistema cerrado (con aspersión) y bajo condiciones simuladas de marea con la finalidad de detectar las condiciones más apropiadas para plántulas y semillas de manglar con fines de reforestación.
- 2.1.9.1 Determinación del crecimiento de plántulas de manglar en condiciones de un vivero experimental.
- 2.1.9.2 Determinación de las condiciones de luz para el desarrollo de plántulas de manglar en viveros.



- 2.1.9.3 Determinar la factibilidad de aplicación de técnicas silvicolas para manglares con fines de reforestación (fusiones y reproducción vegetativa).
- 2.1.9.4 Monitoreo de los parámetros químicos.
- 2.1.10 Dendrocronología en árboles de mangle negro (A. germinans) para zonas áridas y semiáridas de México.



## III. MATERIAL Y METODOS

eterminación de la superficie de las diferentes unidades ambientales del Estero de Urías, Sinaloa (1977 a 1995) y Boca Cegada, Nayarit (1970,1995 a 1998).

3.1.1Distribución de las diferentes especies y tipos fisonómicos de manglar, marismas y granjas acuícolas.

Para la determinación de las superficies en las diferentes unidades naturales en el Estero de Urías, Sinaloa se recurrió al análisis planimétrico de fotografías aéreas (Galaviz com. pers.), eligiendo la longitud de brazo del planimétro de acuerdo a la escala de la fotografía, recorriendo el perimetro total del área y restando la lectura final e inicial multiplicada por la constante correspondiente a la escala de la fotografía.

Las escalas utilizadas para el análisis d el complejo lagunar Estero de Urías, Sinaloa y puerto de Mazatlán, fueron para 1977 de 1:37,500 ampliadas a 2X y con un escala 1:50,000 para 1995, así como la verificación en campo en 1996.

Se determinó el hectareaje de 5 unidades ambientales indentificadas como manglar tipo borde, manglar tipo matorral (Lugo y Snedaker, 1974), marismas, zonas urbanas y estanquería de camarón.

En el caso de Boca Cegada, Nayarit, el estudio de 1995 significó un análisis planimetríco detallado de fotografías aéreas de la zona de la granja, incluyendo las diferentes unidades ambientales a escala de 1:10,000. Para ello se contó con una serie de 10 fotografías aéreas de 1995 a color, proporcionadas por BIOPESCA, S.A. de C.V., además de 2 fotografías blanco y negro de la zona en 1970 con escala de 1:50,000. Dicha evaluación preliminar permitió familiarizarse de manera general con la hidrología de la zona, el área de afectación de la granja, la evolución temporal del perfil costero, en específico en relación a la generación o remoción de manglar e inclusive facilitó una selección a priori de áreas factibles para el desarrollo de un programa viable de reforestación con manglar.

En base al reconocimiento de estas fotografías aéreas se realizó una prospección de campo en junio del año de 1995.

Para el análisis de 1997 se dispuso de una fotografía aérea vertical con una escala de 1:37,000, así mismo se realizaron recorridos aéreos oblicuos y verificaciones en campo tanto para 1995 como para 1998.

3.1.2 Determinación de las áreas de manglar afectadas.

En base al resultados planimétrico por fotografía aérea, se realizo un análisis del impacto en las cinco unidades ambientales identificadas y



los tipos fisionómicos de manglar en el periodo de 1977 a 1995 (18 años) para El Estero de Urías, Sinaloa y para Boca Cegada, Nayarit de 1970 a 1995 (25 años) y 1995 a 1998.

3.2 Metodología para la determinación de la estructura forestal.

El método que se utilizó fué el de cuadrantes (point centered quarter method) descrito por Cottam y Curtis (1974). El cuál consiste en un transecto semiparalelo a 5-10 m de la orilla del estero con 20 puntos. Se coloca en cada punto una cruceta de madera sobre un poste, determinándose la distancia y la circunferencia a la altura del pecho (dap) del árbol más cercano en cada uno de los 4 cuadrantes que proyectan las perpendiculares de la cruceta y se identifico la especie. En el caso del bosque muerto se realizó una pequeña escoriación en la corteza para determinar su viabilidad. Se excluyen del método los árboles menores de 11.5 cm de circunferencia. Se realizaron mediciones en 80 árboles por transecto determinándose la densidad y el área basal por hectárea.

En el caso de la marisma de la Sirena en áreas con manglar tipo matorral denso de A. germinans con circunferencias menores a 11.5 cm, se utilizaron cuadros de 1 m² en 10 puntos. Dichos cuadros fueron distribuidos aleatoriamente en la marisma. Para cada cuadrante fué contabilizado el número de arbustos y medidos 20 diámetros para obtener un promedio.

3.2.1 Estero de Urías. Se realizaron cuatro transectos a lo largo del sistema y en una zona adyacente a una granja acuícola (Estero el Confite). Dichos transecto se efectuaron paralelos a la línea del estero abarcando 20 puntos (Mapa 1):

3.2.1.1. En 1996:

Vena El Caiman (a).

Vena El Zacate (b).

Estero Confites (c)

Marisma La Sirena (d)

3.2.2 Boca Cegada, Nayarit (1995 y 1998) Mapa 2:

#### 3.2.2.1 En 1995:

- (A) Paralelo a Vena Los Olotes en el punto denominado embarcadero.
- (B) Paralelo a la Vena Los Olotes complementado con un transecto transversal de la orilla de la vena hacia la marisma.
- (C) Transecto perpendicular a la marisma y en el área de reforestación natural de manglar.

En el caso de áreas de manglar del tipo matorral se estimó su densidad y áreas basales con 10 cuadrantes de 1 metro cuadrado contabilizándose el número de plantas y diámetro promedio con un vernier.



#### 3.2.2.2 En 1998:

- (D) Ambos lados de la vena de Los Olotes se realizaron dos transectos, en el área de manglar muerto y de monitoreo de reforestación
- (E) En la vena de Los Olotes antes del puente en la zona de manglar vivo.
- (F) En la parte sur de la vena de La Diabla con manglar muerto.
- 3.3 Determinación de la productividad primaria de los manglares.
- 3.3.1 Producción de hojarasca en El Estero de Urías, Sinaloa.

Se instalaron 20 canastillas de defoliación en dos áreas de manglar, uno en el bosque de R. mangle (Mapa 1, Sitio 2) y otra en el bosque de A.germinans(Mapa 1, Sitio 1). Se instalaron 10 canastillas de 0.25 m² distribuidas en forma aleatoria en cada sitio (Heal, 1969 y Teas, 1979). El material acumulado se retiró cada mes, puesto a secar a 65 °C hasta peso constante (≈ 3 días) y pesado por separado hojas, ramas, frutos y flores (Teas, 1979). Se concluyerón dos ciclos anuales (20 de mayo de 1996 al 20 de mayo de 1998). La producción promedio de hojarasca por cada sitio fué multiplicada por cuatro, para obtener la producción por m<sup>2</sup>. Posteriormente se dividió entre el número de días transcurridos de una colecta a la otra para determinar la producción promedio diaria. La

producción total anual se realizó con la sumatoria de las producciones promedio diarias, multiplicado por el número de días entre colectas.

El patrón estacional de producción de flores y semillas fué determinado en base al material acumulado en las canastillas de hojarasca. Pesandose el número total de semillas o hipocótilos por mes. Una vez obtenida la época de producción de semillas o hipocótilos, se procedió a pesar individualmente (peso seco) 100 hipocótilos de R. mangle para obtener el peso promedio individual. En A. germinans se pesaron (peso seco) 176 semillas.

La suma de los pesos promedios mensuales de cada especie de hipocotilos/semillas de manglar (valor en 0.25 m² anual), fué dividido entre el peso promedio individual obtenido y multiplicando por 40,000 para obtener la producción anual de hipocotilos/semillas por hectarea.

3.3.2 Tasa de degradación en el Estero de Urías, Sinaloa.

La degradación de hojas se realizó mediante la determinación de la pérdida de peso de hojas de manglar instaladas en bolsas de degradación de tela de mosquitero (22.5 mm de luz de malla) con 10 g de peso seco de hojas de manglar. Se instalaron 36 bolsas de degradación por sitio en 3 zonas de manglar: Una zona en el interior de un bosque de manglar rojo (R.mangle), otra en la zona con influencia contínua de mareas entre los manglares



de R. mangle (Sítio 2) y la tercera región en el interior del bosque de manglar negro (A. germinans, Sitio 1). Cada mes se retiraron tres bolsas de degradación, el material puesto a secar a 65 °C hasta peso constante (≈ 3 días), pesado, puesto a calcinar a 550 °C y vuelto a pesar para la determinación del peso seco libre de cenizas.

3.3.3 Tasa de crecimiento del área basal de los fustes de adultos en el Estero de Urías, Sinaloa, a través de dos ciclos anuales (junio de 1996 al julio de 1998).

Veinte árboles de dos áreas de manglar (10 por área) fueron seleccionados y etiquetados para estimar su crecimiento en términos de área basal (Sitios 2 y 1). Cada 3 meses aproximadamente se realizaron medidas de la circunferencia a una altura previamente indicada por medio de una cinta de color. En A. germinans la circunferencia fué tomada a la altura seleccionada como CAP (diámetro a la altura del pecho). En el caso de R. mangle se determinó en la union de las raíces aéreas y su raíz principal. La circunferencia posteriormente se transforma en área basal con la ecuación:  $A = C^2/4\pi$ , donde  $A = \text{área en cm}^2$ , C = Circunferencia (cm). El valor del área basal promedio (A) se multiplica por la densidad y así poder obtener el incremento de área basal por hectárea. Para la transformación de áreas basales a volumenes se multiplico por la altura promedio (7m) del bosque de manglar.

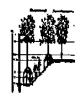
3.4 Variación estacional de la biomasa de macroalgas en el Estero de Urías, Sinaloa.

Mediante un nucleador de plástico de 0.75m de diámetro con una altura de 1 m, manualmente se extrajeron 10 muestras de macroalgas que se localizaban adheridas al fondo, hasta una profundidad de penetración en el sedimento de aproximadamente 5 cm. El material se guardo individualmente en bolsas de plástico para ser identificado (Westlake, 1979; Dawson 1956; Chapman (1970) y pesado (peso húmedo y peso seco). Las colectas se realizaron mensualmente en la zona submareal inmediata al bajo de mareas.

Para presentar la biomasa promedio por mes, se sumaron los valores de cada género identificado y se dividieron entre el número total de muestras.

3.4.1 Determinación de la tasa de remoción/mortalidad de plántulas por el efecto abrasivo del detritus de macroalgas acarreado por las mareas.

En el bajo de mareas se colocaron 12 hipocótilos y 3 plántulas en una área con barrera protectora y 17 hipocótilos de *R. mangle* sin barrera a 30 cm de distancia. La barrera protectora consiste en un cerco de 5 cables de plástico paralelos de 15 a 20 cm de distancia uno del otro cubriendo 1 metro de altura, con una circunferencia de 8.54 m. Mensualmente se determinó el número de plántulas/



hipocótilos sobrevivientes y su crecimiento, así como la colecta del material adherido en la barrera protectora. El material (macroalgas) retenido se retiró mensualmente y llevado al laboratorio para determinar su peso húmedo y seco constante.

3.5 Determinación de las áreas potenciales de reforestación y zonación de los manglares. Análisis topográfico en El Estero de Urías, Sinaloa en 1996 y Boca Cegada, Nayarit en 1995.

La zonación y las áreas potenciales para la reforestación se determinaron en base a las especies dominantes de la localidad, la frecuencia de inundación, exposición y la elevación del suelo. El área por reforestar deberá estar protegida del oleaje y corrientes, la salinidad del agua intersticial deberá estar dentro de los rangos permisibles para cada una de las especies seleccionadas y controlando el espacio entre las semillas o plántulas. La zonación de las diferentes especies de manglar a utilizar será en base a los rangos de tolerancia para las corrientes de marea, la inundación y un conveniente lugar de refugio (Citrón et al., 1978).

Consecuentemente se requirió de una análisis topográfico fino. En el Estero de Urías, Sinaloa se presentó una clara zonación en tramos relativamente cortos (<30 m por zona) se utilizó un nivel laser marca Laseraim® Tools (con alcanze de 200 m) y un nivel de agua con una manguera transparente de 1/2 pulgada y 30 m de longitud.

### 3.5.1 Estero de Urías, Sinaloa.

En un transecto perpendicular a la orilla se colocaron polines de 1 pulgada cuadrada y 2 metros de alto cada 5 metros o bien donde se observaba una clara zonación entre dos especies de manglar, así como en áreas con presencia de plántulas de cada especie. Posteriormente con respecto a un estadal de referencia en el canal se puso una marca y se midio la distancia al agua en el tiempo correspondiente a la marea baja (considerando el retraso, ver más adelante) de las tablas de marea. El nivel de referencia se indicó en cada polín con el equipo antes mencionado. Se midió la distancia de este nivel a la superficie del suelo y en el laboratorio se procedió a hacer el perfil topográfico correspondiente. Los niveles fueron corregidos con respecto al nivel medio del mar. Esto se realizó por medio de un estadal fijo en el Estero de Urías (Mapa 1, Sitio 1) y se determinaron los cambios de nivel cada hora a partir de las 8:00 a.m. a través de 7 horas durante una baja mar e inicio de pleamar (12:18 nivel de marea baja) y se extrapoló con las tablas del calendario gráfico de mareas de 1996 del Instituto de Geofísica de la UNAM para el área de Mazatlán.

Previamente se estimó el retraso de mareas a partir de la determinación de los cambios de niveles cada 10 minutos a través de una pleamar y una baja mar. Esto se realizó por medio de tres estadales fijos, colocando uno frente a la Termoeléctrica (Mapa 1, Sitio 3) y otros dos en la Vena el Caiman (Mapa 1, Sitio 2 y 1).



3.5.2 Distribución topográfica de la marisma y áreas de manglares en Boca Cegada, Nayarit (1995) y variación de niveles de mareas en las venas Los Olotes y La Diabla (1998).

Para la determinación de la distribución topográfica se utilizó un teodolito T-2 infrarojo Wild Heerborg con precisión de 4/- 2 mm. Se determinó la longitud de las diferentes zonas, su estructura forestal y salinidad intersticial (como se describen en la sección de parámetros ambientales).

Se realizó la determinación cada hora de la variación de los niveles del agua durante un ciclo de marea (27 de mayo de 1998), con estadales fijos en La Vena de los Olotes y La Diabla. En el primer caso se realizaron mediciones a ambos lados del canal de descarga del efluente (Mapa 2, Sitio F).

3.6 Descripción y críterios para la instalación de las plataformas en El Estero de Urías, Sinaloa.

# Reforestación experimental en plataformas artificiales:

Se seleccionó un bajo de mareas adyacente a una zona de manglares donde se contruyeron dos plataformas artificiales: Una para plántulas e hipocótilos de *R.mangle* y otra para plántulas de *A.germinans*.

Las plataformas consistieron en marcos de madera rellenados con sedimento (arena) del

propio bajo.

La altura de la plataforma se estableció en base al nivel topográfico promedio de la especie de manglar adyacente.

Para R. mangle se construyó una plataforma de 9 m² y una altura de 0. 30 m y en el caso de A. germinans de 2.25 m² con una altura de 0.60 m con respecto al nivel del bajo arenoso. En la plataforma del manglar negro por su ubicación cercana al canal de mareas se adicionó una barrera protectora contra el oleaje de embarcaciones consistente en dos series de polines (2" x 2") paralelos y alternos a 3 metros de la plataformas con 6 líneas paralelas de hilo de plástico distribuidas de 0.50 a 1 metro por encima del nivel medio del mar.

En la plataforma de R. mangle se instalaron 13 plántulas con una altura promedio de 17 cm y 11 hipocótilos con longitud promedio de 15.2 cm (incluyendo la plúmula). En la plataforma de A. germinans se colocaron 30 plántulas de 17 cm de altura promedio. Los vegetales fueron etiquetados y medido su altura cada mes para estimar su crecimiento individual.

Al mismo tiempo fueron monitoreadas 11 plántulas con una altura promedio de 16.3 cm y 4 hipocotilos de *R. mangle* con longitud promedio de 15.2 cm (incluyendo la plúmula) en el bosque de manglar como control. Para *A. germinans* se monitorearon en el bosque de manglar 15 plántulas con una altura promedio de 26.8 cm con fines comparativos con las plántulas de las plataformas.



El método utilizado para la determinación del crecimiento y mortalidad de las dos especies de plántulas se describe en el inciso 3.8, tanto de las plántulas trasplantadas como de las plántulas del bosque de manglar del lugar de extracción.

3.7 Técnicas de extracción y trasplante de plántulas para las plataformas artificiales y vivero experimental. Monitoreo del crecimiento y mortalidad de plántulas transplantadas y sin transplantar en el Estero de Urías.

Con el propósito de evaluar el efecto del traumatísmo por la extracción, 20 plántulas fueron extraídas y reinstaladas en el mismo orificio de extracción determinando la sobrevivencia a los tres meses y comparados con 20 testigos (sin extraer).

Área de colecta de hipocótilos y plántulas de las diferentes especies de manglar: Las plántulas fueron colectadas dentro del mismo sistema. En el caso de las plántulas de manglar negro, por su mayor abundancia, su totalidad fué colectada del mismo sitio donde se instalaron las canastillas de hojarasca (Mapa 1, Sitio 1). Para el manglar rojo se requirió extraer de diferentes sitios por ser más dispersa su distribución pero dentro del mismo sistema lagunar. Las plántulas fueron extraídas por medio de una pala pocera con un diámetro sustrato (bolo) de aproximadamente la mitad de la altura original de la plántula y a una profundidad de 25 a 50 cm (Bojorquez R. y Prado M, 1988). Las

plántulas fueron transportadas en javas de plástico o bien en bolsas individuales de plástico negro a las plataformas artificiales así como a los estanques experimentales (vivero experimental) previamente construidos. La colecta de hipocótilos (R. mangle) se realizó en forma manual, del suelo, del agua ó directamente de los árboles, seleccionando sólo semillas maduras (Lewis III; 1982). En los lugares donde las plántulas fueron extraídas se dejaron plántulas testigos, con la finalidad de realizar comparaciones de su crecimiento con respecto a las plántulas extraídas y sujetas a las diferentes condiciones experimentales por describirse más adelante. Estas plántulas fueron etiquetadas individualmente y ubicadas en un mapa de la zona de colecta.

3.8 Determinación del crecimiento y mortalidad de plántulas e hipocotilos en las plataformas artificiales en el Estero de Urías, Sinaloa.

El crecimiento del tallo fué registrado mensualmente a través de un ciclo anual. El crecimiento del tallo fué medido a partir del nodo cero (inicio de la parte distal donde se abren las primeras hojas del tallo principal del hipocotilo) para R. mangle (Duke, 1992). Para A. germinans se tomó por arriba de la unión de las raíces. La mortalidad de las plántulas e hipocotilos fué determinada en porcentage, tomando el número total inicial como 100% y el número total al



finalizar el experimento. La mortalidad mensual fué determinada a partir del número de plántulas que sobrevivieron cada mes con respecto a el número total de plantas sobrevivientes del mes anterior.

#### 3.8.1 Intensidad de luminosa.

Las condiciones de intensidad luminosa se determinaron bimensualmente durante una hora (de11:00 a 12:00 horas) con un medidor Candle/luxmeter (Extech instrument) con rango de 2,000 a 500,000 lux. Se acumularon los valores durante 2 minutos, estimandose la media, el máximo y el mínimo bajo tres condiciones: intensidad del bosque de A.germinans (Mapa 1. Sitio 1) en áreas con plántulas, sin plántulas con sombra y en áreas expuestas al sol sin plántulas. En R. mangle (Mapa 1. Sitio 2) en áreas con plántulas y sin plántulas con sombra.

3.9 Determinación de granulometría, materia orgánica particulada, salinidad y pH del sedimento del agua interstical del área de extracción de plántulas y/o semillas en El Estero de Urías, Sinaloa.

Se realizaron muestreos en el bajo de mareas, bosque de manglar rojo (R. mangle) y negro (A. germinans) donde se determinó el análisis textural del sedimento y materia orgánica particulada mediante los métodos descritos

respectivamente por Strickland y Parsons (1972).

Mensualmente se estimó la salinidad con un refractómetro A&O, la temperatura con termómetro de mercurio y el pH con un pHmetro de campo Methrom& Kalldel para el agua del estero. En el caso del agua intersticial se determinaron los mismos parámetros en las zonas del bajo de mareas, bosque de R. mangle y A. germinans; obteniendo la muestra a través de un orificio de aproximadamente 30 cm de diámetro y 40 cm de profundidad, efectuado con una pala pocera durante la marea baja, dejando transminar por algunos minutos y tomando una muestra de agua de aproximadamente 200 ml.

3.10 Determinación de la clorofila, pH, temperatura y salinidad en el Estero de Urías, Sinaloa 1996-1997 y en el sistema de Boca Cegada, Nayarit en 1995 y 1998.

En el caso del Estero de Urías, Sinaloa se determinaron los siguientes parámetros: clorofilas, salinidad y pH del agua superficial y en particular para el agua intersticial solo salinidad y pH, con un refractómetro A&O, termómetro de mercurio, un pHmetro de campo Methrom& Kall y los pigmentos fotosintéticos mediante el método de Strickland y Parsons (1972).

En el sistema de Boca Cegada, Nayarit se estimó la temperatura y salinidad tanto en agua superficial como intersticial. En un transecto perpendicular a la vena "Los Olotes" atravesando la



Marisma alta se realizaron diversos pozos de 40-50 cm de profundidad donde se permitio transminar el agua intersticial para determinar la salinidad y el nivel del agua con respecto al nivel del suelo.

3.11 Determinación de la unidades de reforestación en Boca Cegada, Nayarit.

Con los resultados obtenidos de la distribución topográfica de los manglares en la zona de "Los Olotes" y en base a los resultados de salinidad intersticial se estimó la altura de las plataformas y la superficie requerida, así como las canalizaciones necesarias para reforestar el equivalente de 42 ha con una distancia entre plántulas de 0.61 m.



3.12 Vivero experimental con sistema de circulación de agua cerrado y con simulación de inundación para manglares (Instalado en el Instituto de Ciencias del Mar y Limonología. Estación Mazatlán).

#### 3.12.1 Diseño del estanque experimental.

Se construyó y se puso en operación un estanque experimental (de tierra) para R. mangle y A. germinans con las siguientes características:

A. Forma trapezoidal de 7 x 4.5 x 7.2 x 6.0m comprendiendo un área de 36.75 m<sup>2</sup>. El estanque cuenta con una profundidad de 90 cm. Se colocó una base de tela hulada con cuatro piezas

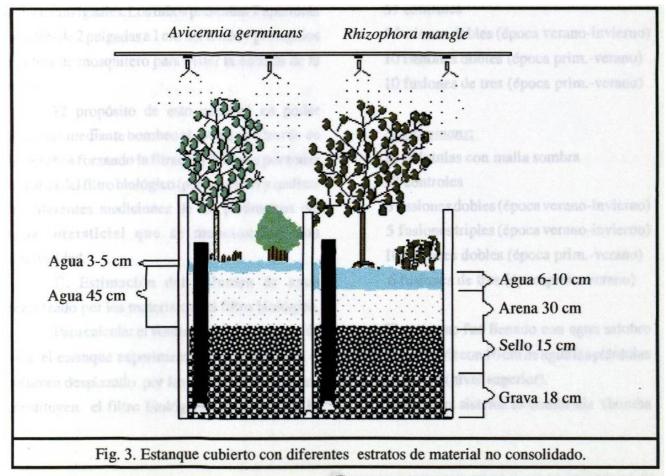
traslapadas como protección de la base del estanque. Posteriormente se instaló una capa de polietileno negra de una pieza de 10.6 x 8.1 x 10.8 x 11 m (Anexo.Foto. 1,2,3,4).

**B.** El estanque fué cubierto con diferentes estratos de material no consolidado comprendiendo de abajo hacia arriba (Fig. 3):

Una capa de 18 cm de grava con diámetros variables de 2.7 a 4.1 +/- 2.7 cm lo que implicaron 2.32 m³ de material.

Una capa de 15 cm de grava fina (sello) de 0.87 +/- 0.27 cm de diámetro promedio y utilizándose 3 m³ de material.

<u>Dos capas de arena</u>: Una capa de 30 cm extendida en toda la superficie del estanque y sobre





esta otra capa de 15 cm abarcando solamente la mitad de estanque con el propósito de tener dos niveles de arena. Este desnivel se mantuvo por medio de una tabla a lo ancho del estanque y de 25 cm de altura con faldones de plástico en sus extremos de un metro de longitud. Los faldones engrapados en los extremos de la tabla son colocados perpendiculares a la tabla por el lado a ser rellenada por la segunda capa de arena con el fin de presionar los faldones hacia las orillas y evitar que la arena del nivel superior se desborde al nivel inferior. Se utizaron 7 m³ de arena.

\*Antes de la colocación de las diferentes capas fueron instalados 6 tubos de PVC de 4 pulgadas de diámetro y 1.0 m de altura distribuidos a distancias iguales. Los tubos presentan 2 aperturas laterales de 2 pulgadas a 1 cm del fondo y protegidos con tela de mosquitero para evitar la entrada de la grava.

El propósito de esto consistó en poder desaguar mediante bombeo el estanque a través de estos tubos forzando la fitración del agua por todas las capas del filtro biológico (percolación) y realizar las diferentes mediciones de los parámetros del agua intersticial que se mencionaron con anterioridad.

C. Estimación del volumen de agua dezplazado por los materiales del filtro biológico.

Para calcular el volumen de agua requerido para el estanque experimental y considerando el volumen desplazado por las diferentes capas que constituyen el filtro biológico, se tomaron 10 muestras de grava, sello y arena en un volumen de 500 ml, se adicionaron volumenes conocidos de agua hasta la saturación calculandose el porcentage promedio del volumen desplazado.

D. Se instalaron 196 plántulas e hipocotilos de R. mangle y 136 plántulas de A. germinans en el estanque experimental. Para R. mangle fueron instalados en el nivel inferior y A. germinans en el nivel superior, colocandose a 20 cm de distancia entre plántulas.

Las plántula e hipocótilos fueron distribuidos de la siguiente manera:

#### R. mangle:

15 plántulas con malla sombra

51 controles

5 fusiones dobles (época verano-invierno)

10 fusiones dobles (época prim.-verano)

10 fusiones de tres (época prim.-verano)

#### A. germinans:

15 plántulas con malla sombra

58 controles

5 fusiones dobles (época verano-invierno)

5 fusiones triples (época verano-invierno)

10 fusiones dobles (época prim.-verano)

6 fusiones de tres (épocaprim.-verano)

El estanque fué llenado con agua salobre (15%0) hasta cubrir con 10 cm de agua las plántulas de A. germinans (nivel superior).

El agua del sistema es bombeada (bomba



tipo: Litterle-Giant- Pump- Co, modelo 3 MD de (En los cuatro puntos cardinales y el centro). 60 Hz de un paso con 3,000 revoluciones por minuto, 1.7 Amperes, 1/20 HP, 115 volts y 125 watts) a través de los tubos de PVC a un tinaco de 5000 lt. Los periodos de inundación-desecación que se efectuaron para A. germinans (nivel superior) fué de 3 días inundado y 4 días seco, y R. mangle (nivel inferior) se mantuvo inundado durante 5 días y 2días seco.

3.12.2 Crecimiento de plántulas bajo dos condiciones de 65% de atenuación de la luz.

Se determinó la tasa de crecimiento, mortalidad y número de hojas en las plántulas de manglar del vivero bajo condiciones de sombra mediante un cubo de malla (tela-sombra) con el 65% de atenuación de la luz de 2.5 m x 2.5 m de lado x 1.5 m de alto.

3.12.2.1 Determinación de la intensidad luminosa.

Se determinó, aproximamente cada dos meses durante un periodo de 12 horas, la intensidad luminosa en el vivero experimental mediante un medidor de luz Candle/luxmeter, marca Extech instruments con rango de 2,000 a 50,000 lux. Las determinaciones fueron realizadas cada dos mínutos, estimando los valores de la media, el máximo y el mínimo en cinco punto del estanque



3.12.3 Factibilidad en la aplicación de técnicas de fusiones y reproducción vegetativa para manglares.

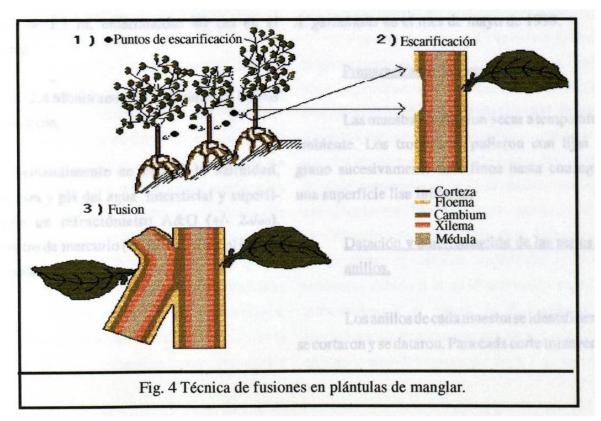
3.12.3.1 Experimentos de fusión en un vivero experimental.

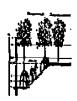
Esta técnica fué utilizada en Tailandia, Malasia e Indonesia en árboles tropicales de interés económico como el hule (Tlauizcalli, 1991).

La técnica de fusión en plántulas consiste en la escoriación de una parte del tallo (eliminando la corteza y floema, sin tocar el cambium) de 2 a 3 plántulas las cuales son unidas y puestas en contacto con los cambium mediante un amarre recubierto con cera. Una vez lograda la fusión (4-5 semanas) se cortan los troncos dejándo solamente uno (el más vigoroso). Se incrementa aparentemente el

crecimiento de forma notable al crear árboles que disponen de 2 a 3 grupos de raíces (Fig. 4).

Esto fué aplicado para A. germinans y R. mangle con fusiones de 2 y 3 grupos de raíces. Realizandose en dos epocas del año: Verano-invierno con cinco repeticiones, utilizados plántulas de un rango de tamaño para A. germinans de 12.1 a 20.6 cm para fusiones de dos y 10.0 a 25.5 cm para fusiones de tres, para R. mangle de 18.7 a 48.5 cm, para fusiones de dos. Para la época primavera -verano con 10 fusiones de dos para cada especie y 10 fusiones de tres para el mangle rojo y 6 para el mangle negro, el tamaño de las plántulas utilizadas para A. germinans fué de 27.2 a 43.6 cm para fusiones de dos y 33.1 a 48.4 para fusiones de tres y en R. mangle de 20.0 a 52.2 cm para fusiones de dos.





Esta técnica es la primera vez que se utiliza en manglares.

3.12.3.2 Reproducción vegetativa "fustes" con A. germinans.

Muchas de las especies de mangle evidencían patrones marcadamente estacionales de actividad vegetativa y reproductiva (Saenger y Moverlye, 1986; Duker et al., 1984). Por lo cual se decidio llevar a cabo la determinación de su capacidad de reproducción vegetativa, mediante la extracción de ramas rectas (fustes) de manglares adultos. Los fustes fueron colocados en forma directa y en posición vertical en el sedimento del vivero experimental. Los fustes seleccionados fueron de aproximadamente 9 cm diámetro y una longitud de 1.3 m, enterrandose 40 cm en el sedimento.

3.12.4 Monitoreo de los parámetros físicos y químicos.

Semanalmente se estimó la salinidad, temperatura y pH del agua intersticial y superficial, con un refractómetro A&O (+/- 20/00), termómetro de mercurio (+/-0.1°C) y, un pHmetro Methrom&Kall.

3.13 Dendrocronología en árboles adultos del bosque de manglar en Boca Cegada, Nayarit (1998).

#### 3.13.1 Método de Campo.

Se colectaron rodales de aproximadamente 5 cm de ancho a una altura de 1.3 m de la base (dap) a traves de cortes transversales, cuya selección fué hecha al azar. Se realizaron los cortes en manglares muertos de Los Olotes, La Diabla y vivos de Los Olotes de diferentes medidas perimetrales.

Se tomaron anotaciones del aspecto del tronco, así como las condiciones del sustrato, del agua del estero, mortalidad de árboles circundantes y condiciones medio ambientales en las cuales crecian.

En total se muestrearon 14 árboles de A. germinans en el mes de mayo de 1998.

#### Preparación de la muestra

Las muestras se dejaron secar a temperatura ambiente. Los troncos se pulieron con lijas de grano sucesivamente más finos hasta conseguir una superficie lisa brillante.

Datación y sincronización de las series de anillos.

Los anillos de cada muestra se identificaron, se cortaron y se dataron. Para cada corte transversal



del tronco, la datación de cada anillo se realizó comenzando por el último anillo formado de bajo de la corteza, lo anterior corresponde al año muestreado. A partir de este punto y contando hacia atrás en el tiempo se asignó a cada anillo el año de calendario durante el cual se formó. Se determinó en 6 ocasiones marcando seis radios a partir de la médula.

La datación de cada radio de un mismo tronco fué validada comparandose con los 5 radios restantes y con el resto de las series de radios de los troncos muestreados, con el fin de detectar posibles errores, debido a la presencia de anillos falsos o ausentes (incompletos) (Kaennel y Schweingruber, 1995), por la presencia de estructuras lenticulares entre los anillos (anormalidades en las bandas del xylema y el floema) y para obtener mayor precisión en la determinación de la edad.

Esta operación, llamada datación cruzada visual, esta facilitada por la presencia de anillos característicos que se repiten en la mayoría de las muestras, dando lugar así a un "año característico" (Kaennel y Schweingruber, 1995). Estos se producen porque los cambios medio-ambientales que afectan a todos los arboles de la zona de una manera similar, y por ello las secuencias de anillos de diferentes árboles deberan parecerse y presentar una sincronía. Se considera la presencia de lenticelas como un reflejo de cambios ambientales, asignandole el valor de un anillo. Así como la presencia de otras anomalias como los anillos

ausentes, muy estrechos o muy anchos respecto a los anillos contiguos, los que presentan cambios en la densidad en la banda de la madera tardía del anillo, y los que tienen esta banda muy clara, muy obscura o muy ancha.

Todo el proceso de identificación, datación de los anillos y sincronización de las series se realizaron examinando las muestras visualmente con una lupa binocular de Carl Zeiss hasta 40x. A su vez se realizó una plantilla con hojas de acetato marcando la posición de la médula, los seis radios, fechado, posición tanto de los anillos como de las lenticelas y la corteza, así como la presencia de cualquier tipo de anillos que se mencionó con anterioridad para cada uno de los tronco. Esto es con la finalidad de tener mayor claridad sobre los eventos individuales de cada uno de los radios en el tronco y facilitar el manejo de la información.

Para confirmar y validar las dataciones y la sincronizaciones visuales, las series del grosor son comparadas con métodos estadísticos mediante el programa COFECHA (Holmes, 1983). Para cada localidad, la validación consiste en examinar la correlación entre cada serie (radios cortos y largos de cada muestra) con la serie media, la cual se establece promediando el resto de series y se utiliza, provisionalmente como serie de referencia. Las correlaciones se calculan después de eliminar la tendencia debido a la edad utilizando funciones matemáticas y el efecto de dependencia del crecimiento de un año respecto a los años anteriores ajustando modelos autorregresivos. Esto se realizó



para los seis radios de cada tronco y posteriormente se compararon entre sí los radios de la misma muestra y entre muestras. En ocasiones sucede que haya segmentos que presenten crecimiento anómalos o que tenga una correlación baja con la serie de referencia; en estos casos, dichos segmentos se tratan por separado (Blasing et al, 1983) y si la correlación no alcanza el nivel de significación (p < 0.05) son eliminados.

#### Estimación de la edad de los árboles

Para la mayoría de las especies de arboles que crecen en climas con una estacionalidad marcada, la edad de un árbol se puede saber de una manera bastante precisa contando los anillos anuales de crecimiento en el cuello de la raíz. No obstante, la edad real puede diferir del número de anillos contados debido a diferentes fuentes de error:

A) Por un lado, los anillos se han de contar despues que las series hayan sido datadas y sincronizadas, para evitar errores debido a anillos falsos o ausentes.

B) Si las muestras, corte transversal del tronco, no incluyen la médula del árbol, la edad tampoco es exacta y hay que hacer correcciones según el sesgo que presentan las muestras respecto a la médula.

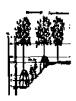
C) Por último, si las muestras han sido sacadas a una altura superior o inferior del cuello de

las raíz se produce una subestimación de la edad real del árbol, que puede ser corregida en base a la tasa de crecimiento vertical del árbol.

#### 3.14 Análisis estadístico.

Se aplicaron los parámetros estadísticos que a continuación se mencionan; media, desviación estandar, cohortes y la prueba de distribución normal en el análisis de la producción de hojarasca y semillas; en la determinación del crecimiento de plántulas e hipocótilos de las plataformas artificiales (Estero de Urías, Sinaloa) y bajo dos condiciones de intensidad luminosa (vivero experimental).

En particular se aplicó la prueba no parámetrica de Mann-Whitney (Zar, 1974) para la producción mensual de hojarasca en bosque de R.mangle y A. germinans (Estero de Urías, Sinaloa). Para crecimiento se efectuó el análisis de regresión lineal y comparaciones de las pendientes de dos grupos de datos a través de la prueba de t Student (Zar,1974). Dichas determinaciones fueron aplicadas para ambas especies (R.mangle y A. germinans), efectuando comparaciones entre sus pendientes (tasa de crecimiento) bajo dos condiciones de intensidad luminosa con su control en el vivero experimental y en el tratamiento de las plataformas artificiales y su control en el medio natural.



Para la tasa de degradación se aplicó una regresión exponencial negativa calculando la pérdidad de la materia orgánica en las bolsas de degradación en base a las siguientes ecuaciones:

$$\mathbf{I}_{o} = \mathbf{W}_{o} \mathbf{e}^{-\mathbf{k} t}$$

$$k = (\ln W_o - \ln W_i)/t$$

#### Donde:

k = constante de degradación

W<sub>0</sub> = cantidad de hojas (gr) inicial

 $I_1 = es$  la cantidad de hojas remanente en el tiempo t.

e = base de los logaritmos naturales.



## IV. RESULTADOS

nidades ambientales de dos ecosistemas lagunares costeros.

4.1 Superficie y cambios en la distribución de las diferentes unidades ambientales del Estero de Urías, Sinaloa (1977-1995. Tabla. 1).

Las áreas que se identificaron en base al análisis fotográfico en el ecosistema del Estero de Urías, Sinaloa son: Cuerpo lagunar, manglares y marismas.

En particular se distingue un cuerpo lagunar de 800 ha, bordeada de manglares con una superficie total de 983 ha para 1977 y 1,326 ha en 1995. A su vez podemos observar dos tipos fisionómicos de manglar: manglar tipo borde con 672.7 ha (1977) y 627.4 ha (1995), manglar tipo matorral con 310 ha (1977) y 699.4 ha (1995), y un conjuntos de marismas con una superficie de 640 ha para 1977 y 370 ha en 1995.

Tabla 1. Unidades ambientales del Estero de Urías, Sinaloa y sus modificaciones mediante el análisis planimétrico de fotografías aéreas de 1977 y 1995:

UNIDAD AMBIENTAL	SUPERFICIE EN HECTAREAS (1977)	. SUPERFICIE EN HECTAREAS (1995)
Mr.		
Cuerpo lagunar	800	800*
Manglar tipo borde	672.6	627.4
Manglar tipo matorral	310.3	699.4
Manglar (TOTAL)	983.0	1,326.8
Marismas	640.2	370.0
Estanquería camaronícola	45 **	>160 ha (1995)***

<sup>\*</sup> Contreras-Espinoza, 1993

<sup>\*\*</sup> en 1991 Páez-Osuna et al. 1997

<sup>\*\*\* 160</sup> ha es la superficie estimada para la granja de "La Clementina". En el área se han observado más de dos granjas relativamente pequeñas (10-15 ha) y una mayor de 50 ha en proceso de construcción.



4.2 Superficie de las diferentes unidades ambientales y sus variaciones de 1970 y 1995 en el ecosistema de Boca Cegada Nayarit (Mapa 2).

Las áreas que se localizaron en base al análisis fotográfico en el ecosistema de Boca Cegada, Nayarit fueron: marismas, esteros, venas, antiguos cordones litorales, zonas de manglar tipo borde y cuenca, zonas de manglar tipo matorral y playa.

En particular se distingue una extensa marisma (166 ha, Flores-Verdugo, et al., 1995) constituida por la Marismas alta y media separadas parcialmente por un cordón de vegetación terrestre. Existe otra marisma (Marisma baja) colindando con el mar y la Marisma media de aproximadamente 30 ha. Estas Marismas (alta y media) están bordeadas por las venas de Los Olotes y La Diabla. La primera vena es un canal amplio bordeado por manglares por el extremo oriental de la marisma y se comunica por el extremo norte con el Estero de Varadero. La vena de La Diabla es un canal somero (< de 1.5 m de porfundidad) y con una anchura variable de 3 a 5 metros. Se desplaza por el lado occidental de las Marismas alta y media comunicándose en su extremo norte con la vena de Los Olotes. Hacia el sur, esta vena que separa a la Marisma media de la Marisma baja y se vuelve a unir a la vena Los Olotes por el área Oriental de las marismas. Ambas venas drenan a una importante área de manglares (280 ha.) y se comunican en su extremo sur, con el Estero de Pozo del Rey. El estero de Varadero desemboca al mar por la Boca Cegada y por esta vía ejerce principalmente su influencia las mareas en las venas de Los Olotes y La Diabla. Las marismas, conocidas también como llanuras de inundación estacional se caracterizan por estar desprovistas de vegetación con manglares del tipo matorral en su ribera y con sedimentos del tipo limo-arcillosos. El componente dominate lo constituye los manglares, siendo la especie predominante el mangle negro (Avicennia germinans) con sus neumatóforos característicos.

Los antiguos cordones emergentes se caracterizan por una vegetación terrestre constituido por matorrales o selva baja caducifolia primaria y secundaria donde se realiza una ganaderización extensiva y algunos cultivos.

La playa es otro componente de la región aunque se encuentra sujeto a una fuerte erosión.

El análisis de fotografías aéreas de 1970 y 1995 permitio determinar de manera general con la hidrología de la zona, el área de afectación de una granja de cultivo de camarón, la evolución temporal del perfil costero, en específico en relación a la generación o remoción de manglar e inclusive facilitó una selección apriori de áreas factibles para el desarrollo del algún programa de reforestación con manglar.

En base a la interpretación de dos fotografías aéreas de diferentes años (1970 y 1995) realizadas por Hammann (com. pers.) se pudo observar que en la porción Occidental de la marisma (alta y media) se localiza una franja de un bosque de manglar joven de aproximadamente 51 ha. como se puede apreciar en las Mapa 4 y 5. En 1970 correspondia a una



marisma.

Por otro lado, repitiendo el proceso, se pudo apreciar una fuerte erosión en la costa como se detectó en Boca Cegada, Nayarit donde la peninsula de arena frente a un estero fué completamente erosionada para 1995 (Mapa 3). Este fenómeno se pudo confirmar en campo donde se observó una franja de manglar muerto a lo largo de la playa desde antes de la Marisma baja hasta Boca Cegada como consecuencia de la fuerte erosión costera por el oleaje y que este proceso erosivo continúa manifestandose. Dentro de la Marisma baja se distingue una zona de manglar muerto por sofocación de sus raíces (neumatóforos) ocasionado por el acarreo de arena por olas de tormenta hacia su interior. Se estimó una erosión de aproximadamente 200 metros de playa en menos de 15 años.



4.3 Superficie de las diferentes unidades ambientales de Boca Cegada, Nayarit en 1997.

En base a fotografías áereas del ecosistema de Boca Cegada, Nayarit, se obtuvo la superficie en hectareas de manglar afectado por tensores naturales y artificiales.

Tabla 2. Análisis de impacto en manglares de 1998 en el ecosistema de Boca Cegada Nayarit, por medio de fotográfias en un vuelo aéreo oblicuo trasladado a una fotográfia aérea vertical de 1997 (Mapa 2).

SITIO	SUPERFICIE (HA) DE MANGLAR MUERTO Y MA	ARISMAS CAUSA PROBABLE
	AREA DE INFLUENCIA VENA L	OS OLOTES
1.1 Vena Los Olotes	19.3	Bloqueo en la comunicación Vena Varadero / Los Olotes
Venas tributarias Los Olotes		
1.2 Vena 1 (El Zapato)	10.4	ч
1.3 Vena 2 (La Atascosa?)	) 12.9	n
1.4 Cuenca asociada a los Olor	tes 16	и
Subtotal 1 *	<u>58.6</u>	
2. Marisma La Tronconuda	97	
Subtotal 2**	<u>97</u>	No aplica
	AREA DE INFLUENCIA VENA	LA DIABLA
3.1 Cuenca SW a la Troncon (Cuenca La Diabla/Los Olot		Desconocida
3.2 Vena La Diabla (zona SW)	15.7	Desconocida
3.3 Bosque joven en la *** (Cuenca de la Diabla)	14.0	¿Subsidencia?
	AREA DE INFLUENCIA ZONA	LITORAL
3.4 Manglar litoral advacente*	** 7.0	Sofocación por arena
3.5 Marisma/manglar litoral**	* 10.0	Bloqueo de una vena por arena
3.6 Franja manglar litoral ***	8.3	Erosion de la playa por oleaje.
Subtotal 3	<u>67</u>	Relación con Aguamilpa
TOTAL MANGLARAFECT	Γ <b>AD</b> O <u>125,6</u>	Excluyendo 2

<sup>\*\*</sup> Marisma desprovista de vegetación.

<sup>\*\*\*</sup>Relacionados probablemente con la presa Aguamilpa.



4.4 Estructura forestal de los manglares y su relación con los parámetros ambientales.

Los bosques de manglar exhiben una gran variabilidad en cuanto a su estructura, en base a sus parámetros medio ambientales, físicos y químicos del agua. Dichos factores incluyen concentraciones de nutrientes aportados por los ríos o escurrimientos terrigénicos, precipitación e intensidad de evaporación, nivel topográfico, frecuencia y periodo de inundación por la marea, composición del sedimento, así como los tensores naturales: huracanes, sequías prolongadas, altas salinidades, plagas, y herbivorías. Esta variabilidad en su comunidad, origina distintos tipos fisionómicos de bosques, por lo cual presentan estructura forestal distinta, así como asociaciones de R.mangle-L.racemosa hasta áreas de bosques monoespecíficas (Flores -Verdugo, 1986).

4.4.1 Estructura forestal en el Estero de Urías, Sinaloa,1996 (Mapa1).

		<del></del>
Tabla 3.		[
STTIO:	DENSIDAD	AREA BASAL
	(fustes ha-1)	( m² ha¹)
2 Yena El Caima	an:	
R. mangle	164.0	0.29
A.germinans	2,861.0	9.92
L. racemosa	245.0	0.70
TOTAL	3,270.0	10.86
4 <u>Vena El Zacat</u>	2:	
R. mangle	2,538.4	6.69
A.germinans	90.3	0.88
L. racemosa	993.3	6.21
TOTAL	3,622.0	13.67
5 <u>Estero Confite</u>	<u>s*</u> :·	
R. mangle	1,078.4	4.63
L. racemosa	462.2	4.31
TOTAL	1,540.6	8.95
3 <u>Marisma La S</u>	irena:	
A. germinans	36,000.0	7.15
Matorrales		
* Adyacente a 1	ına granja camaroní	cola



# 4.4.2 Estructura forestal en el ecosistema de Boca Cegada, Nayarit.(1995 y 1998)

# **4.4.2.1** Boca Cegada, Nayarit 1995.

SITIO: 	DENSIDAD fustes ha <sup>-1</sup>	AREA BASAL  m² ha-1
Paralelo a Vena Los Olotes en el punto denominado embarcadero (punto A)	1063	11.7
Paralelo a la Vena Los Olotes com- plementando con un transecto trans versal de la orilla de la vena hacia la marisma.(punto B).	2050	22.3
Perpendicular a la marisma y en el área de reforestación natural de man glar (punto C).	3394	11.8
Manglar tipo matorral (punto D)	40,000	6.2

PROYECTO REFORESTACIÓN CON MANGLARES DE MEXICO RESULTADOS



#### **4.4.2.2** Boca Cegada, Nayarit. 1998

Tabla 5. Estructura forestal del bosque de manglar y estado biológico del ecosistema lagunar Boca Cegada, Nayarit en 1998 (Mapa 2 y 3).

SITIO: ESPECIES	ESTADO	<b>DENSIDAD</b> fustes ha <sup>-1</sup>	AREA BASAL m <sup>-2</sup> ha <sup>-1</sup>
Los Olotes (E)	Muerto	5,511.4	28.8
Los Olotes (F)	Muerto	2,401.5	17.2
Los Olotes (G)	Vivo	1,514	34.5
La Diabla (C)	Muerto	3,961	14.4

(E) margen izquierdo en la zona de monitoreo (3% vivo) y (F) margen derecho de la vena (adyacente a la marisma La Tronconuda (1.25% vivo), (G) antes del Puente, y zona de mangle vivo en 1995 (Punto C, Tabla 4)

### 4.5 Distribución de los manglares en base al nivel topográfico.

4.5.1 Distribución y zonación de los manglares respecto al Nivel Medio del Mar en el Estero de Urías, Sinaloa(Fig. 5).

Tabla 6. Niveles topográficos de distribución de los manglares con respecto al Nivel Medio del Mar (NMM = 0). Niveles corregidos para Mazatlán, Sinaloa. Tablas de Predicción de mareas 1998. Instituto de Geofísica UNAM, ISSN-0187 6635.

TIPO	INTERVALO	INTERVALOS
	(cm)	(cm)
R. mangle (adultos)	de -15.8 a 55.2	71
R.mangle (plántulas)	de -0.8 a 37.2	38
L. racemosa (adultos)	de 55.2	
A. germinans (adultos)	de 60.7 a >68.2	>7.5
A. germinans (plántulas)	de 64.2 a 67.7	3.5
A. germinans (matorral)	63.2	



### Avicennia germinans

## Laguncularia racemosa

# Rhizophora mangle

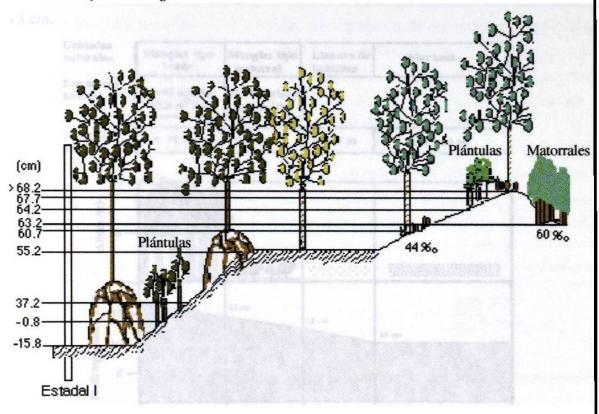


Fig. 5. Zonación de los manglares en base a los niveles topográficos (datos corregidos para el nivel medio del mar) en árboles y plántulas de manglares en el Estero de Urías, Sinaloa. ‰ Salinidad intersticial en partes x 1000 (ver Tabla 6).



4.5.2 Distribución de los manglares, unidades ambientales, estructura forestal, salinidad intersticial y topografía en Boca Cegada, Nayarit.

Las diferencias en los niveles topográficos entre el nivel superior de la marisma y los manglares fué de 3 a 5 cm.

La diferencia en las salinidades intersticiales del manglar tipo borde a matorral varió de 60%o a 80%o (Fig. 6 ).

La salinidad intersticial en la marisma (punto 2, 3 y 4, Mapa 2, transecto F), varió de 90 ‰ a 140 ‰ (la salinidad del mar es de 35 ‰) en la punta norte de los estanques abandonados de la marisma media

Unidades naturales	Manglar tipo borde	Manglar tipo matorral	Llanura de halófitas	Marisma
Estructura forestal	2,050 árb/ha 22.3 m <sup>2</sup> /ha	40,000 árb/ha 6.12 m²/ha		
Amplitud franjas	< 30 m	5 - 25 m	15- 20 m	<ó>80 m
1,055.6	gradation (In	ni. 97. scm.	llas, se cr	deulo el promedio
Ē	7	pe de la de	riduai, cuye	
Alfura (m)		this this	longitud pr	
		457457	************	
20 -	17 cm			
5 15-		15 cm	12 cm	
gr. 10 –				10 cm
Perfil topográfico (cm)				
140 -	그 .			140 %
100 -	1 1		90%0	92%0
3'ua (%0)		B0 %o		
Salmidad agua intersticial (%o)	45%0	•		° ]
Salimidad agua intersticial (%o	35 % 0			<b>40</b>
				Profe edidad agea is teraticial (cm)

Fig. 6 Perfil de distribución de los manglares en relación con la salinidad intersticial (y su profundidad) y los microniveles topográficos detectados en la Marisma (Mapa 2) de Boca Cegada, Nayarit en 1995.



(punto 4, Mapa 2).

4.6. Determinación de la productividad primaria de los manglares del Estero de Urías, Sinaloa.

4.6.1 Producción de hojarasca en peso seco durante de dos ciclos anuales.

El aporte de materia orgánica de los manglares (a través de su defoliación natural), a la cadena trófica del detritus del sistema en el bosque de *R.mangle* fué de 1,289 gm<sup>-2</sup>año<sup>-1</sup> en el primer año (Junio/96-Mayo/97) y 1,055.6 gm<sup>-2</sup>año<sup>-1</sup> (Junio/97-Mayo/98) el segundo año (Fig. 7). Para el bosque de *A.germinans* se observaron valores menores, en el

primer año 651.2 gm<sup>-2</sup>año<sup>-1</sup> y para el segundo año 742.0 gm<sup>-2</sup>año<sup>-1</sup> (Fig. 8).

La producción de semillas, flores y frutos se observo de acuerdo a las temporadas de floración de las especies en las distintas zonas. En años normales las flores de *R.mangle* estuvieron presentes todo el año, con excepción de diciembre y enero (época vientos dominantes del noroeste, que corresponden al invierno). La máxima producción de hipocotilos se presento durante la época de lluvias (agosto a octubre) y su mínima en enero y junio.

Una vez obtenida la época de producción de semillas, se calculo el promedio en peso seco individual, cuyo valor fué de 12.5 g +/- 0.33 g, con una longitud promedio de 27.8 cm +/- 2.3 cm. En

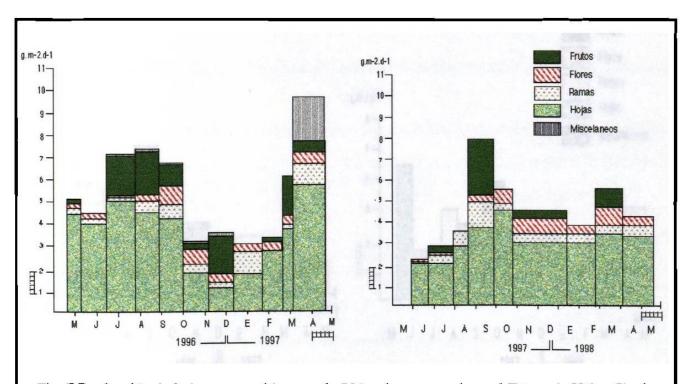
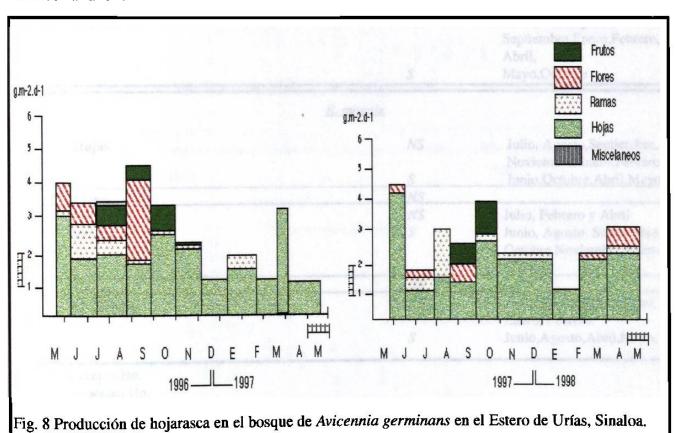


Fig. 7 Producción de hojarasca en el bosque de Rhizophora mangle en el Estero de Urías, Sinaloa.



base al peso individual promedio de los hipocotilos se determino la producción anual/ha, correspondiendo a 44,608 hipocotilos ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>.

Para A. germinans las flores estuvieron presentes casi todo el año, sin embargo a partir del mes de septiembre hasta abril se observó una disminución, por ser una especie que se reproduce sólo en ciertas épocas. Las semillas se presentaron durante la época de lluvias (agosto a octubre). Una vez definida la época de producción de semillas, se determino el peso seco promedio individual con un valor aproximadamente 0.392 g +/- 0.132 g (como se menciono en la sección 3.3.1 en material y métodos). La producción anual calculada fué de 2.754,146.3 semillas ha-1 año-1.





### 4.6.1.1 Análisis estadístico.

Tabla 7. Las pruebas de significancia en la variación estacional del aporte de materia orgánica en los bosques de R.mangle y A.germinans de mayo de 1996 a abril de 1997 con respecto a mayo de 1997 a Abril de 1998.

COMPONENTES DE LA HOJARASCA	Significancia *	
<u>A.</u>	germinans	
Hojas	NS	
Flores	NS	Enero
	S	Junio, Julio, Agosto, Septiembre, Octubre, Noviembre, Febrero, Abril, Mayo.
Frutos	NS	Julio,Octubre,Enero,Febrero Abril, Mayo.
n.	S	Junio Agosto Septiembre.
Ramas	NS	Julio, Agosto, Septiembre, Octubre, Enero, Febrero, Abril, Mayo.
	<u> </u>	Junio
Hojarasca	NS	Junio,Julio,Agosto, Septiembre,Enero,Febrero, Abril,
	S	Mayo,Octubre
	R. mangle	
Hojas	NS	Julio, Agosto, Septiembre, Noviembre, Enero, Febrero
	<u> </u>	Junio,Octubre,Abril,Mayo
Flores	<i>_NS</i>	•
	NS	Julio, Febrero y Abril
Frutos	S	Junio, Agosto, Septiembre Octubre, Noviembre, Enero, Mayo
Ramas	NS	
Hojarasca	NS	Julio,Septiembre,Octubre,

S

NS = se acepta Ho.

Ho= no existe diferencia significativa

<sup>\*</sup> Prueba con un valor de significancia del 99 %



Enero, Febrero

Junio, Agosto, Abril, Mayo.

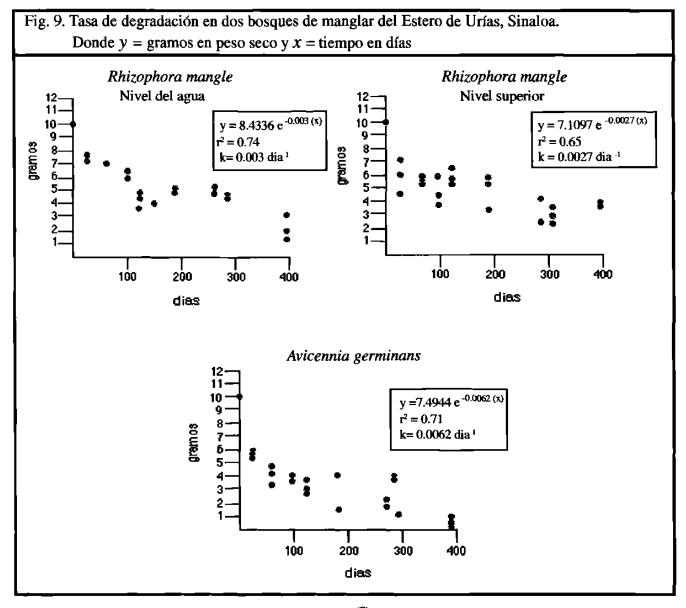
S = no se acepta Ho.



**4.6.2** Tasa de degradación de hojas de manglar.

En base a la regresión exponencial negativa calculada de la pérdida de materia orgánica en las bolsas de degradación se observó que la tasa de degradación (k) de las hojas que caen en el agua y en el suelo del bosque de mangle rojo (R.mangle) presento un valor de k=0.09 mes<sup>-1</sup> (0.003 día<sup>-1</sup>) y

0.081 mes<sup>-1</sup> ( 0.0027 dia<sup>-1</sup>) respectivamente. En el bosque de mangle negro (*A.germinans*) de k=0.186 mes<sup>-1</sup> (0.00062 dia<sup>-1</sup>) para el suelo, es decir, que su tasa de degradación es lenta permaneciendo, en el un 50%,49.5% y 24% respectivamente del material original en un periodo de seis meses. (Fig. 9).





# 4.6.3 Tasa de crecimiento en área basal en dos especies de arboles de manglar.

Los resultados obtenidos en la determinación trimestral de las áreas basales para árboles de dos especies de manglar fué de 8.1 +/- 7.41 cm<sup>2</sup> año<sup>-1</sup> en el bosque de R. mangle y 6.2 +/- 4.47 cm<sup>2</sup> año<sup>-1</sup> para A. germinans como se puede observar en la Tabla 8.

Tabla 8. Tasas de crecimiento en área basal de fustes en adultos, durante dos ciclos anuales (junio de 1996 a julio de 1998) :

Fecha	R. mangle	A. germinans
	(cm² +/- sd)	_(cm <sup>2</sup> +/- sd)
24/07/1996	65.41 +/- 4.9	43.63 +/- 3.90
9/12/1996	69.47 +/- 4.06	49.88 +/- 6.30
19/03/1997	78.14 +/- 8.67	51.32 +/- 1.40
9/06/1997	78.51 +/- 0.43	54.45 +/- 3.13
15/01/1998	82.00 +/- 3.5	54.10 +/- 0.35
15/07/1998	84.60 +/- 2.6	56.00 +/- 2.0
12 MESES	8.1 cm² año-¹ 6.2 cm² año-¹	



(biomasa de macroalgas) en la colonización por hipocotilos, semillas y propágulos.

4.7.1 Efecto de la eutroficación y el arrastre de detritus de macroalgas por las corrientes de mareas en el crecimiento y colonización por manglares (Variación en la acumulación de detritus algal en plántulas de manglar).

Al determinar la variación estacional de la biomasa, sus cambios en la composición y efectos de las macroalgas en la colonización natural de hipocótilos/semillas y la permanencia de las plántulas de manglar en un bajo de inundación del

4.7 Impacto secundario de la eutroficación Estero de Urías, Sinaloa, Vena El Caiman, se puede observar que la remoción/mortalidad de los hipocotilos de R. mangle fué de un 60% después de un mes de haber sido transplantados, asociandose a un acumulo de detritus principalmente con macroalgas. Para el segundo mes el 82% con una permanencia de dos mes sin remoción/mortalidad y una remoción del 100% al siguiente mes (5 meses). donde se observa que el mayor acumulo fué de Ulva lactuc (Tabla 9 y 10). Comparativamente en la zona con una barrera de protección, la remoción fué de tan solo del 27% durante los cinco meses (Tabla 9).

Tabla 9. Remoción/mortalidad de hipocótilos y plántulas de R.mangle con barrera protectora y sin barrera y biomasa de macroalgas y detritus acumulados en la barrera por las corrientes de mareas.

Fecha	R. mangle (% rem./mort.)		Detritus acumulado (g. peso húmedo **)			
Con cerco Sin cerco			macroalgas	hojas	ramas	Total
7/11/1996	0	0	0	0	0	0
9/12/1996	0	59	444,0	1,386.3	504	2,367
10/01/1997	20	82	285.0	251.0	5.3	547
11/02/1997	27	82	602.5	217.0	164.0	1,014.5
19/03/1997	27	82	1,204	369.0	336.0	2,191.0
23/04/1997	27	100	2,205.4	142.2	30.9	2,378.5

<sup>\*\*</sup> En el cerco perimetral de 8.54 m de longitud con 5 bandas paralelas de tiras de plástico (0.5 cm de ancho) distribuidas en 0.6 m de altura.

<sup>%</sup> rem./mort.: Porcentaje removido o muerto.