

83



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES CAMPUS IZTACALA

MANGLARES DE CELESTUN Y RIA LAGARTOS: ESTRUCTURA FISIONOMICA Y EVALUACION DE LA DEFORESTACION MEDIANTE PERCEPCION REMOTA. YUCATAN, MEXICO.

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE: BIOLOGO PRESENTA MARIA TERESA RODRIGUEZ ZUÑIGA

277257

DIRECTOR DE TESIS: M. en C. OSCAR M. RAMIREZ FLORES.

INSTITUTO NACIONAL DE LA PESCA



IZTACALA

LOS REYES IZTACALA, TLALNEPANTLA, EDO. MEX.

FEBRERO, 2000



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**

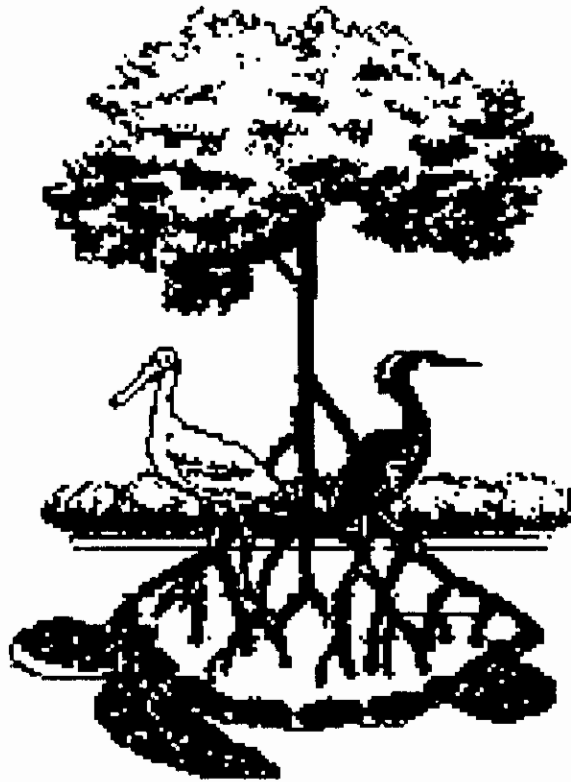


**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Logotipo de la Reserva de la Biosfera "La Encrucijada"

... en el caso de la biodiversidad no hay posibilidad alguna de recuperarla; "una vez que se extingue una especie otro cielo y otra Tierra tendrán que pasar antes de que una especie similar pueda volver a existir"

*William Beebe (1950)*

## INDICE

Dedicatoria	i
Agradecimientos	ii
Resumen	iii
1. INTRODUCCION	1
2. MARCO TEORICO	3
2.1 Ecosistema de manglar	3
2.2 Fisiología de los manglares	5
2.2.1 Mecanismos de eliminación de sales	5
2.2.2 Transporte de oxígeno al sistema radical	5
2.2.3 Estrategias reproductivas	6
2.3 Fisonomía del ecosistema de manglar	6
2.4 Zonación	11
2.5 Biogeografía	12
2.6 Distribución de los manglares en América	13
2.7 Distribución de los manglares en México	15
2.8 Descripción de las especies de mangle presentes en México	16
2.8.1 <i>Rhizophora mangle</i> L.	16
2.8.2 <i>Avicennia germinans</i> (L.) Sarn (Sinonimia <i>A. nitida</i> Jacq)	20
2.8.3 <i>Laguncularia racemosa</i> (L.) Gaertn. f.	22
2.8.4 <i>Conocarpus erectus</i> L.	24
2.9 Valores de uso y no-uso de los manglares	26
2.10 Principales presiones sobre los manglares	28
2.11 Deforestación	31
2.12 Acciones de conservación y manejo de los manglares	32
2.13 Evaluación de los recursos naturales mediante percepción remota	34
3. ANTECEDENTES	36
4. JUSTIFICACIÓN	38
5. OBJETIVOS	38
6. ZONA DE ESTUDIO	39
6.1 CELESTÚN	39
6.1.1 Clima	40
6.1.2 Laguna	41
6.1.3 Flora y Fauna	43
6.1.4 Amenazas	44
6.1.5 Socioeconomía	44
6.2 RÍA LAGARTOS	45
6.2.1 Clima	45
6.2.2 Laguna	46
6.2.3 Flora y Fauna	47
6.2.4 Amenazas	49
6.2.5 Socioeconomía	49

7. MÉTODO	50
7.1 Estructura de la vegetación	50
7.1.1. Selección de sitios	50
7.1.2. Muestreo de la vegetación	50
7.1.3. Representación gráfica de la estructura del manglar	54
7.2. Evaluación del ecosistema mediante técnicas de percepción remota	54
7.2.1. Material fotográfico	54
7.2.2. Digitalización del área de manglar	54
7.2.3. Calculo de la deforestación	55
8. RESULTADOS	56
8.1. Estructura de la vegetación	56
8.1.1. Celestún	56
8.1.2. Ría Lagartos	62
8.2. Evaluación de la deforestación	73
9. DISCUSION	78
9.1. Estructura de la vegetación del ecosistema de manglar	78
9.2. Evaluación de la deforestación	81
10. CONCLUSIONES	85
11. BIBLIOGRAFIA	86

## Dedicatoria

### *A mis padres:*

Quienes me han proporcionado a lo largo de mi vida el hábitat propicio para salir adelante y ser feliz. Gracias por todas las grandes lecciones de amor, empeño y dedicación y por darme toda la libertad de acción para lograr esto y mucho más.

### *A mis hermanos Edith, Peri y Bety:*

Quienes representan para mi un ejemplo de motivación y dedicación en lo que han escogido como carrera para la vida.  
Gracias por estar allí y saber que cuento con ustedes siempre.

### *A Gabriel:*

Quien durante varios años me ha brindado su amistad y cariño, pero sobre todo amor: motor de cualquier gran aspiración. Porque juntos hemos trazado un camino por el cual avanzamos hacia nuevos horizontes.

Deseo dedicarles este trabajo como una muestra de agradecimiento por su continuo apoyo, comprensión y amor:

***Gracias por ser mi familia.***

## Agradecimientos

En primer lugar deseo agradecer a la Universidad Nacional Autónoma de México, por que ha sido mi segunda casa y espero lo siga siendo.

Agradezco al M. en C. Oscar Ramírez la dirección de este trabajo, y en general al Instituto Nacional de la Pesca por todas las facilidades otorgadas para el desarrollo de este trabajo; y el apoyo constante del personal de la Dirección General de Investigación en Procesos para el Desarrollo Sustentable, especialmente a Silvia, Alvaro Curiel, Roberto Escartín por su continua motivación para seguir adelante y Alvaro Hernández por su amistad y sabios consejos.

Deseo agradecer de forma muy especial a la Dra. Irma Trejo y la Biol. Verónica Aguilar del Instituto de Geografía de la UNAM, el asesoramiento en la parte de percepción remota, agradezco su amistad y paciencia.

Quiero agradecer a los revisores de esta tesis: Dr. Diodoro Granados, Biol. Arnulfo Reyes, M. en C. Daniel Tejero y M. en C. Rodolfo García, por que sus comentarios permitieron mejorar la versión final de este trabajo. Así como las sugerencias del M. en C. Pedro Ramírez del Instituto de Biología y en la parte de formato al Biol. Gabriel Gutiérrez del Instituto de Ecología.

Agradezco también la hospitalidad del Sr. Raúl Rodríguez y su esposa en Celestún, así como su apoyo en los recorridos. Asimismo agradezco al M. en C. Mauricio Garduño del Centro Regional de Investigación Pesquera-Yucalpetén, así como al personal de éste y del Campamento Tortuguero de Las Coloradas, por las facilidades otorgadas para la realización del trabajo de campo y el equipo proporcionado.

Asimismo deseo agradecer a algunos profesores que dejaron huella en mi formación profesional y personal: Rodolfo García, Gabriel Camarena, Sergio Vaca y Roberto Rico.

Un agradecimiento muy especial es para mis compañeros de carrera y amigos de la vida: Ana, Chayo, Angélica y Andrea (Las Chiquitas), Yuriana, Horte, Blanca, Olga, Yadira, Cris, Gema, Alejandro (una persona especial), Juanito (amigo de todos), Jacobo, René y Oscar. Mención aparte merece GABRIEL, por ser aquella persona que me ha enseñado a ver más allá de la sombra de la luna, gracias por todo.

Quiero agradecer a una persona que me ha brindado su amistad por tanto tiempo, una amistad muy especial por que a pesar del tiempo y la distancia perdura, por saber que cuento con ella siempre, gracias Reyna.

Finalmente deseo agradecer a toda mi familia (numerosa por cierto: Zúñigas y Rodríguez) por ser parte de este logro. Especialmente a mis abuelitos: Pedros y Juana, así como a mi abuelita Elpidia que aunque no esta aquí, sus genes de fortaleza, corren por mis venas.

## RESUMEN

Los manglares son ecosistemas forestales formados por diversos tipos de plantas tolerantes a la salinidad, cumplen con una gran diversidad de funciones biológicas, son fuente de productos de valor económico y representan sitios de gran cuantía estética turística y cultural. Dada la importancia ecológica y económica del ecosistema de manglar y que las actividades antropogénicas los están disminuyendo y deteriorando en el ámbito global, se planteó el presente trabajo que tuvo como objetivos determinar la estructura fisonómica de los manglares de Celestún y Ría Lagartos, así como la tasa de deforestación mediante el empleo de técnicas de percepción remota. Para la evaluación de las características estructurales de la vegetación se realizaron 20 transectos Tipo Gentry para las dos localidades, registrando las características básicas de la vegetación, con estos datos se obtuvieron los valores de dominancia, frecuencia, densidad y valor de importancia para cada una de las especies presentes en las zonas de estudio. Asimismo, se elaboraron perfiles diagramáticos para las localidades de estudio. Para evaluar la deforestación de este ecosistema se utilizaron fotografías aéreas de la región y se digitalizaron mediante el programa ILWIS con el que se obtuvieron las estimaciones de cobertura de manglar para las dos zonas de estudio y a partir de estos datos se calculó una tasa de deforestación. Los resultados obtenidos indican que la especie con un mayor valor de importancia para ambos sitios fue *Avicennia germinans* con valores de 50.58% y 42.78% para Celestún y Ría Lagartos respectivamente. Celestún presentó un mayor número de árboles extraídos por corte. En cuanto a las tasas de deforestación, en esta localidad se presentó una tasa de deforestación de 1.49% anual, mientras que para Ría Lagartos se registró un incremento del área de manglar de 0.62% al año. Los resultados obtenidos indican que la localidad de Celestún existen presiones sobre el ecosistema de manglar lo que se refleja en la tasas de deforestación obtenida y en el número de árboles extraídos por corte. Para el caso de Ría Lagartos se registró un incremento del área de manglar, pero este dato no es representativo para toda el área ya que no se incluyó la zona de establecimiento de salineras.



## 1. INTRODUCCION

La vegetación natural, como expresión sintética de todos los factores ambientales, se ha desarrollado en México bajo casi todas las formas posibles; dentro de éstas, los hábitats acuáticos y costeros engloban una gran parte de la riqueza ecológica del país. Arrecifes, lagunas, esteros, pantanos y en particular los manglares configuran complicados sistemas ribereños, que no sólo se encuentran dentro de los ambientes de mayor productividad biológica de la biosfera, sino que vierten además importantes volúmenes de nutrientes a los océanos, dando lugar a diversas cadenas tróficas marinas (Rzedowski 1994, Flores-Verdugo 1989).

Las 125 lagunas costeras que existen en México abarcan una superficie aproximada de 12 600 km<sup>2</sup> y generalmente se encuentran bordeados por vegetación de manglar que en algunas regiones llegan a formar extensos bosques de más de 1 000 km<sup>2</sup>, como en la región circundante a Laguna de Términos (Campeche) y el sistema Teacapán-Agua Brava-Marismas Nacionales (Sinaloa y Nayarit) (Flores-Verdugo 1989).

Los manglares son ecosistemas forestales formados por árboles, arbustos y otras plantas tolerantes a la salinidad. Se desarrollan en aguas salobres a salinas de las zonas intermareales de las costas tropicales y subtropicales de la Tierra. Los manglares, junto con los aportes fluviales, el fitoplancton, los pastos marinos y los arrecifes coralinos, confieren a la zona costera una productividad primaria de 10 a 25 veces mayor con respecto a otros ecosistemas marinos o terrestres (Valdez 1991).

Este tipo de hábitat cumple con una gran cantidad de funciones como son: estabilizador de la línea de costa y protección contra huracanes, hábitat para la fauna silvestre (algunas de estas son especies amenazadas). Además es fuente de productos de valor económico (madera, leña, taninos, carbón, etc.) y de actividades humanas como la pesca y la maricultura. Presenta también un valor estético, turístico y cultural indiscutible (Lot-Helgueras y Menéndez 1977, Trejo-Torres *et al.* 1993, Suman 1994).

Todo lo anterior debería ser razón suficiente para justificar y promover la conservación de los manglares; sin embargo aún son escasas las medidas de protección y vigilancia para este ecosistema, por lo que resulta trascendente la realización de un mayor número de estudios que permitan tener un punto de vista holístico y eviten en el futuro el abatimiento de los recursos debido a efectos acumulativos del deterioro ambiental, consecuentes de decisiones a corto plazo (Flores-Verdugo 1989).

El significado ecológico y económico de los manglares es múltiple, pero su conservación exitosa dependerá del manejo integrado de la explotación forestal y la cuenca hidrográfica, ya que son sistemas sumamente vulnerables y cuya dinámica de sucesión aún no está clara.

En este sentido, la vegetación del litoral de la península de Yucatán no escapa de este peligro ya que la zona de manglar de los esteros de Celestún, Chelem-Yucalpetén y Ría Lagartos, ha sido reclamada

para diversos usos (Trujeque 1990), lo que presenta divergencia con el diagnóstico de la Secretaría de Pesca, quien en 1988, identificó como humedales importantes para Yucatán las lagunas de Celestún, Bocas de Dzilam de Bravo, Ría Lagartos y arrecife Alacranes, debido a que juegan un papel fundamental para la sustentabilidad de la pesca artesanal y además son zonas de desove y crianza de especies de importancia comercial (Flores *et al.* 1995).

El desarrollo turístico y urbano de la península de Yucatán durante los últimos 20 años, ha tenido un efecto negativo sobre el estado de conservación de los manglares, los caminos y carreteras que recorren la zona costera, han sido construidos sin considerar los flujos de agua que alimentan a los manglares así como la construcción de hoteles y restaurantes a lo largo de la costa han dañado y/o destruido por completo estos ecosistemas en algunos sitios de Yucatán y Quintana Roo (Trejo-Torres *et al.* 1993).

Cabe señalar que en la Península de Yucatán existen ocho lagunas costeras: Carbonera, La Soledad, Celestún, Estero Progreso, El Islote, Ría Lagartos y Yalahao, y que la mayoría de ellas se ven afectadas por las actividades antropogénicas, lo que las coloca en un nivel de alto riesgo de deterioro ecológico y sólo la laguna de Celestún y Ría Lagartos han recibido atención y son objeto de estudios sistemáticos.

La laguna de Celestún es extremadamente importante para la conservación del flamenco rosa (*Phoenicopterus ruber roseus*), además es un área de alimentación y anidación para una gran diversidad de aves acuáticas. Mientras que Ría Lagartos es la zona de anidación más importante para el flamenco, de cuya especie se han llegado a detectar más de cinco mil parejas anidando; estas dos áreas han sido identificadas como zonas de alta diversidad biológica (Secretaría de Pesca 1988, Gómez-Pompa y Dirzo 1995).

Debido a que la mayor parte de la península de Yucatán no presenta flujos de agua superficial, la lluvia se infiltra a través del material calcáreo que la conforma y corre de forma subterránea hacia el mar, esto se refleja en el ecosistema de manglar el cual presenta una estructura y una dinámica muy diferente a la del resto de los manglares del país (Trejo-Torres *et al.* 1993).

En este sentido y dada la importancia ecológica y económica de este ecosistema y la velocidad con que las actividades antropogénicas están disminuyendo y deteriorando estos hábitats en el estado de Yucatán, se considera importante la presente investigación al contribuir en la determinación de los patrones de deforestación prevalecientes, estado de conservación; algunas características de regeneración; así como en el análisis de la estructura vegetal en cuanto a densidad, dominancia, frecuencia y valor de importancia de las especies del ecosistema de manglar en Celestún y Ría Lagartos localizados en el estado de Yucatán.

## 2. MARCO TEORICO

### 2.1 Ecosistema de manglar

El ecosistema de manglar es la vegetación arbórea más imponente e interesante de los estuarios y lagunas costeras la cual se desarrolla en la zona de mareas, en lo que corresponde al ecotono entre el medio marino y el terrestre de las regiones tropicales y subtropicales del mundo, es decir se localiza dentro de todos los climas "A" y algunos "B" de Köppen. Estas comunidades vegetales se distinguen como una agrupación arbórea con escasa o ausente vegetación herbácea que pueden formar desde conglomerados aislados de poca altura (3 m), hasta grandes extensiones boscosas con alturas de 25 a 30 m y en algunos casos hasta de 50 m. Son comunidades relativamente fáciles de diferenciar por la presencia de ciertos caracteres distintivos, en combinación con las del ambiente ecológico donde se desarrollan (Menéndez 1976, Lot-Helgueras y Menéndez 1977, Flores-Verdugo 1989, Rico-Gray 1993).

De acuerdo con Lot-Helgueras y Menéndez 1977 y Tomlinson 1986 las características básicas del ecosistema de manglar son:

- Elementos arbóreos dominantes con modificación del sistema radicular (zancos y neumatóforos).
- Alta capacidad para mantener el balance osmótico de los tejidos, mediante mecanismos para eliminar sales abundantes normalmente en el hábitat.
- Desarrollo vivíparo, por medio del cual las semillas germinan en el fruto unidas a la planta progenitora, aunado a una dispersión de tipo hidrocórica.
- El sistema foliar es similar entre los principales componentes del manglar en cuanto a forma, textura, color, succulencia y algunas estructuras microscópicas como son los estomas y el sistema de venación.

Los manglares prosperan principalmente en áreas de textura fina, suaves y acuosas en las orillas de las lagunas costeras, de bahías protegidas y desembocaduras de ríos, en donde hay zonas sujetas a mareas o con influencia de agua de mar, ocasionalmente se les puede encontrar tierra adentro. Típicamente para su desarrollo el manglar necesita de un suelo profundo y de agua salina tranquila o estancada; soportan cambios fuertes de nivel de agua y de salinidad, pero no se establecen en lugares decididamente rocosos, ni en áreas sometidas a fuerte oleaje. Los manglares alcanzan su mejor desarrollo en los esteros de los ríos bajo influencia de agua salobre (Cuadro 1). Son sistemas abiertos que interactúan dinámicamente con los ecosistemas circundantes, permaneciendo como intermediario del flujo de energía entre ambientes marinos y terrestres, sin embargo reaccionan rápidamente a cualquier influencia anormal externa (Lugo y Snedaker 1974, Hernández y Miranda 1988, Batllori 1988, Rzedowski 1994).

La vegetación de manglar incluye diversas formas funcionales, que incluyen árboles y arbustos y en algunas ocasiones palmas y helechos terrestres y epífitos (Duke *et al.* 1998). Están ausentes casi totalmente otras formas de vida, se encuentran algunas plantas epífitas (unas cuantas orquídeas y pequeñas

bromeliaceas) o parásitas y muy pocos bejucos. El estrato herbáceo no existe, excepción hecha de las agrupaciones de *Acrostichum aureum*, helecho característico de una de las etapas serales del manglar (Pennington y Sarukhán 1998). Este helecho se desarrolla en las porciones de terreno más elevadas y libres de inundación y de sales, por lo que su abundancia constituye un índice de la edad del manglar. En algunas ocasiones puede ser también un indicador de perturbación (Cuatrecasas 1958, citado en Pennington y Sarukhán 1998).

Las especies que lo componen son de hoja perenne, algo suculenta y de borde entero. Los elementos arbóreos dominantes dan una fisonomía peculiar a los estuarios y lagunas costeras, sobre todo *Rhizophora* sp por sus raíces aéreas que forman una verdadera maraña en algunos casos impenetrable. Estas raíces de origen adventicio, aparte de servir de sostén y de realizar el intercambio gaseoso, van estabilizando poco a poco sedimento y material detrítico, que aparte de servir de sustrato a ellos mismos y a las plántulas de nuevos individuos del manglar, proporciona un medio excelente para diversos organismos, entre los que destacan los moluscos bivalvos, crustáceos decápodos, poliquetos, esponjas, algas, estados juveniles de peces y en los canales, con menos concentración de sales se pueden encontrar reptiles y anfibios (Menéndez 1976, Hernández y Miranda 1988, Rzedowski 1994).

**Cuadro 1.** Características generales de los requerimientos básicos para el desarrollo de los manglares (Modificado de López-Portillo 1982).

FACTOR	CARACTERISTICAS
Temperatura	Desarrollo óptimo donde la temperatura media del mes más frío, es superior a 20°C y la oscilación térmica no excede a 5°C (isotermal).
Suelos	Mejor desarrollo donde hay formación de deltas, o en estuarios y donde el sustrato es fangoso. Aunque los manglares pueden ocupar una gama de suelos relativamente amplia (arenoso, rocoso, de arrecife, limoso, turboso) los manglares más prósperos se encuentran en suelos con un alto contenido de arcillas, granos finos de aluvion y presencia de materia orgánica.
Mareas	Desarrollo notable en costas libres de oleaje y acción de mareas fuertes (costas protegidas por estuarios). Una acción del mar demasiado severa provoca que no haya implantación de hipocótilos y semillas. Las fluctuaciones y la variación en la fuerza de una marea hacen que la salinidad penetre y sea distribuida en el interior del estuario, a la vez que provoca la acumulación de granos finos en las costas.
Salinidad	Aunque este no es un requerimiento físico para el desarrollo de los manglares, (halófitas facultativas) ya que se han encontrado individuos de manglar creciendo en lugares con aguas dulces se desarrollan mejor en las zonas en donde hay influencia ya sea de mareas o en lugares con influencia de agua salobre (ya que eliminan o disminuyen competidores).

## 2.2 Fisiología de los manglares

### 2.2.1 Mecanismos de eliminación de sales

El hábitat de mangle al ser inundable y salino es comparado a uno desértico, ya que si bien hay abundancia de agua, ésta debe ser tomada en contra de un gradiente de concentración de sales. Las plantas que viven en estos ambientes poseen mecanismos que les permiten desalar el agua que aprovechan a costa de un gasto de energía.

Los mecanismos de tolerancia a la sal son complejos y variables e involucran factores como interacciones osmóticas, actuación de enzimas, potencial iónico a través de la membrana y síntesis de proteínas (Tomlinson 1986).

Dentro de las especies de mangle existen diversos mecanismos de eliminación de sales. *Avicennia* por ejemplo excreta la excedente vía glándulas foliares y la excreción puede observarse como pequeños cristales sobre el haz de las hojas. El género *Batis* acumula las sales excedentes en vacuolas de las hojas, desechando éstas últimas cuando la acumulación impide otros procesos fisiológicos. Mientras que *Laguncularia* acumula el excedente de sales tomadas del sustrato en las hojas senescentes, aumentando éstas en espesor (Tomlinson 1986). Aún cuando *Avicennia* no elimine sales de forma considerable, por lo general es la especie dominante en zonas con altas salinidades (Chen y Twilley 1998).

La mayoría de los manglares pueden crecer bien en agua dulce y algunos penetran distancias considerables por las orillas de los ríos, sin embargo se asume que los manglares quedan excluidos de las comunidades vegetales terrestres por competidores de otros tipos de plantas (Tomlinson 1986).

### 2.2.2 Transporte de oxígeno al sistema radical

Una de las especializaciones más importantes de los manglares es que desarrollan una parte de su sistema radicular expuesto a la atmósfera. Para sobrevivir en un ambiente hostil, el mangle realiza una serie de adaptaciones en las cuales su sistema de raíces interviene, a diferencia de otras plantas; presentan raíces aéreas altamente desarrolladas, pero sistemas de raíces subterráneas modestas; de esta manera las raíces aéreas permiten captar gases atmosféricos y transportarlos a las raíces subterráneas, que se encuentran bajo suelos anaerobios (Tomlinson 1986).

*Rhizophora mangle* tiene un sistema de raíces de soporte que presentan muchos poros pequeños llamados *lenticelas*, que durante la marea baja, permiten que el oxígeno se distribuya por toda la planta. Estas lenticelas son altamente hidrofóbicas e impiden la penetración del agua al subir la marea. *A. germinans* cuenta con raíces aéreas conocidos como *neumatóforos*, que al bajar la marea captan aire y lo distribuyen en la planta. *L. racemosa* por consiguiente no cuenta ni con raíces zancudas ni con

neumatóforos, aunque estos últimos los puede desarrollar facultativamente, pero presenta lenticelas en la parte inferior del tronco para obtener el oxígeno (Tomlinson 1986, Trujeque 1990).

Desafortunadamente la misma estructura que permite que los manglares prosperen en terrenos anaeróbicos, es también uno de los componentes más vulnerables del árbol. Ya que las partes expuestas de la raíz aérea son altamente susceptibles a debilitarse por materiales finos suspendidos, durante inundaciones prolongadas; y esta presión constante en las raíces puede producir la muerte del árbol (Trujeque 1990).

### **2.2.3 Estrategias reproductivas**

Virtualmente todos los manglares comparten dos habilidades reproductivas comunes: la dispersión por medio del agua y la viviparidad, esta última significa que el embrión se desarrolla continuamente aún estando adherido al árbol paterno, ya que hay un desarrollo ininterrumpido del cigoto a embrión y de éste a semillero, sin etapas intermedias de descanso. Así el periodo crítico de la germinación puede llevarse a cabo fuera del medio salino. Es en este aspecto donde *Conocarpus erectus* no comparte una de las características distintivas de los manglares, ya que las semillas de esta especie no germinan dentro del fruto.

La palabra semilla parece ser inapropiada para aplicarse a especies vivíparas como los manglares, es por eso que generalmente se utiliza el término *propágulo*. Los propágulos de cada especie tienen características específicas que los distinguen unas de otras (Trujeque 1990, Rzedowski 1994).

### **2.3 Fisonomía del ecosistema de manglar**

Diversos estudios, entre ellos los realizados por Rabinowitz en 1975 y 1978, indican que hay una estrecha relación entre el tamaño del propágulo y la posición de la especie con respecto al terreno. *Rhizophora*, es una especie que generalmente se encuentra en suelos bajos (de alto nivel de agua), tiene el propágulo de mayor longitud y peso; por el contrario *Avicennia* y *Laguncularia* poseen propágulos de menor dimensión, dificultando así su establecimiento en los suelos bajos que ocupa *Rhizophora*. Los propágulos de ésta, a su vez, sólo penetran hacia los bosques ocupados por *Avicennia* durante las mareas altas o temporales y aún así estará expuesta a las presiones que ocasionará el posterior descenso del nivel de agua, la insolación o la competencia por luz, además de las altas concentraciones salinas (López Portillo 1982). Las especies propias del manglar, dada la exclusión por inadaptación fisiológica de otras especies, compiten entre ellas dentro del rango que potencialmente pueden ocupar.

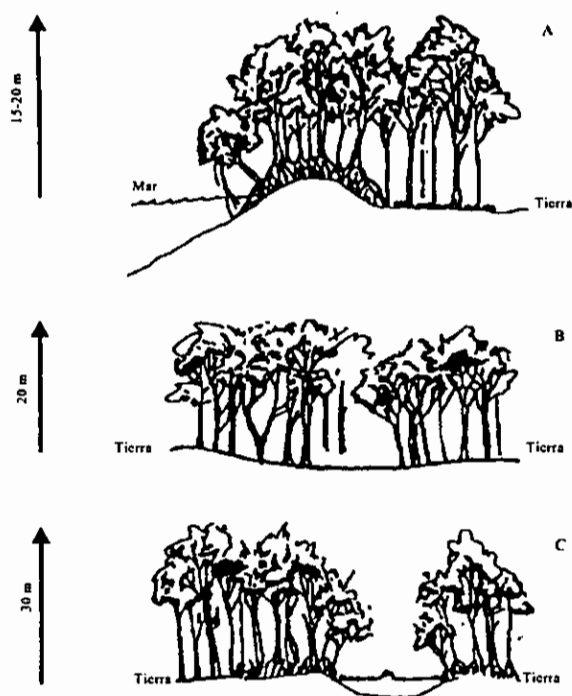
Muchos autores reportan diferencias en el aspecto de los manglares con relación a variaciones de salinidad del sustrato, agua superficial o textura del suelo y se han hecho trabajos que explican por análisis

directo este tipo de relaciones. Lot Helgueras, Vazquez-Yanes y Menéndez (1975) analizaron el cambio en diversidad y altura de los árboles de la costa del noreste de México y concluyen que las variaciones latitudinales del clima, temperatura y humedad son probablemente los causantes de la disminución de diversidad y altura de sureste a noreste.

Pool *et al.* (1977) implementaron el Índice de Complejidad propuesto por Holdridge en 1967, el cual toma en cuenta las características fisonómicas de la zona, número de especies, densidad, área basal y altura. Con este índice compararon diferentes sitios geográficos y concluyeron que el aporte de agua dulce vía precipitación pluvial y la fisiografía son los causantes principales de cambio en la fisonomía.

En este contexto estructural Lugo y Snedaker (1974) identificaron varios tipos fisonómicos de comunidades de manglar basándose en sus características estructurales, producción de hojarasca, tasa de degradación y exportación de detritus. Relacionaron la fisonomía de los bosques de mangles del sur de Florida con la topografía, patrones locales de marea y drenaje terrestre superficial, logrando diferenciar cinco tipos: Bosque ribereño, Bosque de cuenca, Bosque de sobrelavado, Bosque enano o matorral y Bosque de orilla o borde.

En México se presentan principalmente los tipos de manglar: marginal, ribereño y cuenca, no obstante se pueden presentar los otros tipos (Hernández y Ramírez 1996) (Esquema 1).



Esquema 1. Principales tipos fisiográficos de bosques de manglar: (A) marginal, (B) cuenca y (C) ribereño (modificado de Snedaker y Getter 1985)

Por su parte Trejo-Torres *et al* (1993) proponen divisiones y subdivisiones de los manglares de la península yucateca, de acuerdo con su posición geográfica, en términos generales esta clasificación corresponde con la propuesta por Lugo y Snedaker en 1974, la clasificación propuesta es la siguiente:

a) *Manglar de franja*: Aquellos que bordean el litoral de la península, ya sea que colinden directamente con el mar o bien, que se localizan en la parte interior de las lagunas costeras. Sus regímenes hidrológicos suelen ser sumamente dinámicos, y son afectados por las mareas diarias. Sin embargo, también suelen recibir influencia de las aguas de la cuenca inundable, sobre todo en la época lluviosa. Alcanzan un buen desarrollo estructural, reflejado en su altura y densidad arbórea, que generalmente es mayor que en los manglares de cuenca, por lo que se conforma como una franja bien definida. Dentro de esta categoría existen otras divisiones:

- *Manglar de franja marino*: Se desarrolla sobre la línea costera en aquellos sitios donde no se presentan dunas, tanto en la porción continental de la península como en islas aledañas. Tiene una influencia directa del agua de mar, ya que está expuesto a su salinidad, al oleaje y mareas. Asimismo, es afectado de forma directa por los vientos provenientes del mar y las sales que acarrear, suele ser afectado fuertemente por tormentas y huracanes
- *Manglar de franja lagunar*: Se encuentra bordeando los litorales de las lagunas costeras o rías a lo largo de toda la costa de la península. Se ha diferenciado del manglar de franja costero, porque está sujeto a procesos hidrológicos estuarinos, bajo la influencia del agua dulce o salobre de la parte interna de las cuencas inundables. También presenta buen desarrollo estructural, está sujeto a cambios diurnos en la inundación ocasionados por las mareas, aunque su efecto se ve amortiguado por el cuerpo de agua lagunar. Las partes más próximas a las bocas de las lagunas costeras, están influenciadas más directamente por los fenómenos marinos que aquellas que se desarrollan en las partes internas, donde los procesos netamente lacustres o estuarinos suelen ser más importantes.<sup>1</sup>

b) *Manglar de cuenca*: Son manglares que se establecen en cuencas inundables y que se ubican en la parte posterior de los manglares de franja. Se encuentran en depresiones topográficas con poco flujo y reflujos de aguas. Las aguas de inundación tienden a acumularse en la depresión y raramente sufren un completo intercambio durante el ciclo de mareas. El flujo y reflujos de aguas salinas ocurre probablemente durante mareas extremadamente altas y mareas causadas por tormentas.

- *Manglar de ciénaga baja*: Es aquel que ocupa las partes más bajas de la cuenca, situadas en la parte aledaña a la barra costera. Suele formar islotes arbóreos en las ciénagas, que se

---

<sup>1</sup> Se encuentra en la Laguna de Celestún, Chelem, Rosada, Bocas de Dzilam y Ría lagartos en Yucatán; así como en Nichupté, Boca Paila, Mosquitero, Guerrero y Bacalar en Q.R.



inundan o se secan de acuerdo al régimen hidrológico de éstas. Permanece inundado la mayor parte del año, sobre todo en la época lluviosa, debido a su ubicación este tipo de manglares, se ven afectados por las alteraciones ocasionadas con la construcción de caminos y obras portuarias que interrumpen la circulación natural del agua.

- *Manglar chaparro*: Se establece en zonas que presentan severas limitaciones para el crecimiento y desarrollo de los manglares. Se desarrolla sobre suelos margosos (roca sedimentaria de calcio y arcilla), con alto contenido de carbonato de calcio, producto en gran medida de la precipitación provocada por la acción de las algas verde azules. Los terrenos donde se establece este tipo de manglar se secan ocasionalmente, llegando a agrietarse durante la sequía. Pueden presentar grandes variaciones en su densidad y en la altura de los individuos.
- *Manglar de lagunas fósiles*: Hay lagunas fósiles que han perdido toda comunicación con el mar. Están bordeadas en su parte oriental, por una barra arenosa que las separa del mar y que presenta vegetación de dunas costeras; por su parte occidental, colindan con la selva mediana.
- *Manglar de cuenca alta*: Este tipo de manglar ocupa las partes más elevadas de los manglares de cuenca, constituyéndose como el borde interno de las zonas de manglar. Se conforma como una comunidad arbórea baja o arbustiva, muy densa, compuesta básicamente por *C. erectus*. Dado que se encuentra en la parte más interna de la cuenca, puede formar ecotono con la selva baja inundable o con la selva de tierra firme.
- *Manglar de salitrales*: Se presenta en dos formas principales; a) franjas diagonales que se intercalan entre la vegetación de duna costera y los salitrales, se desarrolla en sitios intermedios entre las partes elevadas de la duna, donde crece vegetación de matorrales y las partes más bajas desprovistas de vegetación. El agua de inundación en estas comunidades, proviene de la acumulación de la lluvia, su movimiento es prácticamente nulo por lo que se forman charcas temporales <sup>2</sup> y b) manglares ocupando áreas planas que se localizan al margen de las lagunas hiperhalinas, el agua de estas áreas, proviene tanto el mar como de los escurrimientos superficiales de las partes más altas de la cuenca.<sup>3</sup> Estructuralmente este tipo de manglar se asemeja al manglar chaparro, dado que el desarrollo de los individuos que lo forman es de tipo arbustivo y se establecen en forma

---

<sup>2</sup>La primera variante es muy común en la barra costera que separa la laguna de Celestún del mar y en El Cuyo, Yucatán.

<sup>3</sup> Se establece en las planicies que bordean la ría de Lagartos.

dispersa. No obstante, se le considera separado debido a las condiciones hiperhalinas de los sitios donde crece. En las zonas que colindan con la duna y por lo tanto la salinidad no es tan elevada, se presenta *C. erectus*, en tanto que en las partes más bajas y más salinas prospera exclusivamente *A. germinans*.

c) *Manglar de Peténes*: Se desarrollan en torno a los manantiales costeros y se establecen como comunidades de tipo insular. Presentan características topográficas, edáficas, hidrológicas y sinecológicas muy particulares. Se incluyeron en esta clasificación debido a que algunas de estas islas están constituidas esencialmente por mangles. La vegetación de manglar que se desarrolla en los peténes, suele ser más exuberante que en las otras comunidades de manglar, el grosor de los fustes alcanza dimensiones cercanas a 1 m de diámetro. La causa de este gran desarrollo estructural se explica por los afloramientos de agua dulce o salobre en el interior de los peténes y que son permanentes.

d) *Manglar de tierra adentro*: Se establecen tierra adentro asociados a lagunas, cenotes y depresiones cársticas. Contrario a lo que establecen otros investigadores, en la península de Yucatán, estos manglares están desvinculados por completo de la influencia de las aguas marinas. Incluso a través del acuífero subterráneo. Posiblemente su presencia se deba a fenómenos geomorfológicos de carácter histórico y al mantenimiento de condiciones hidrológicas que permitieron su permanencia.

- *Manglar asociado a cenotes y rejolladas*: El caso más interesante de este tipo de manglares es aquel donde se presenta *R. mangle* como elemento dominante. Comunidades de este tipo se han encontrado en el noroccidente de Yucatán y en el norte de Quintana Roo, formando pequeñas poblaciones aisladas.<sup>4</sup>
- *Manglar asociado a lagunas*: Este tipo de "manglar" está constituido básicamente por *C. erectus*, estas comunidades se mezclan con las especies de la selva mediana subperennifolia que les rodea.<sup>5</sup>

---

<sup>4</sup> Una de estas comunidades se localiza al oriente del puerto de Celestún, a 30 km de la costa. Esta ubicada en una depresión del terreno en torno de un cenote e inmersa en una selva baja caducifolia, de la cual sobresale.

<sup>5</sup> Se ha observado en los bordes de las lagunas de Chichankanab y Ocom, en la parte central de Quintana Roo.

## 2.4 Zonación

Los perfiles diagramáticos producen la impresión de que la zonación es una serie regular de las bandas de vegetación paralelas a la línea de costa. La zonación de las especies de mangle parece estar controlada por la interacción de factores químicos y físicos, con la competitividad interespecífica, las mareas, la topografía local, así como la composición y estabilidad del sedimento. Una vez que la sucesión en una zona de mangle alcanza un estado de equilibrio, los cambios son poco probables a menos de que ocurriera una perturbación externa como: descargas eléctricas, cambios en el nivel del mar o huracanes. Estas alteraciones pueden causar que las sucesiones en algunas zonas retrocedan a una etapa anterior (Tomlinson 1986, Trujeque 1990).

Davis (1940, citado en Trujeque 1990) propone que la asociación responde a los cambios inducidos por la propia vegetación y propone las siguientes zonas de manglar:

1. Una faja exterior de plántulas y pequeños árboles de *R. mangle*, esta franja constituye la parte del manglar que activamente va colonizando y conquistando los fondos de poca profundidad.
2. Detrás de esta franja se encuentran árboles maduros de esta especie.
3. Después de esta franja se establece la zona de *A. germinans* y *L. racemosa* que son bañados por la marea con menor frecuencia.

Por otra parte Rabinowitz en 1975 propone una nueva perspectiva al debate sobre la zonificación del mangle. Por medio de experimentos de plantaciones recíprocas en manglares panameños utilizando especies de *Rhizophora*, *Laguncularia*, *Pelliceria* y *Avicennia*. demostró que cada especie podría crecer bien en cualquiera de las zonas de mangle; es decir que factores físicos o químicos como la salinidad del suelo o inundaciones frecuentes de marea no eran los únicos responsables de excluir a ciertas especies de estas zonas.

Chapman (1975) menciona algunos factores como los responsables directos de la variada y discutida zonación que pueden presentar las diferentes asociaciones que integran un manglar:

1. *Grado de inundación por la acción de las mareas.* Controla la profundidad y permanencia de la tabla de agua y parte de los cambios en la salinidad del agua y del suelo.
2. *Tipo de suelo.* Determina el grado de aireación, movimiento del nivel de agua y drenaje del mismo.
3. *Concentración del cloruro de sodio en el suelo y agua.* Está en relación con la tolerancia y la adaptación de cada especie del manglar.
4. *Luz:* Es importante en el establecimiento y desarrollo de plántulas en general y de especies que requieren cierta cantidad y calidad de luz.

## 2.5 Biogeografía

Los manglares son esencialmente tropicales y ocupan dos regiones hemisféricas separadas, son más abundantes en el trópico del viejo mundo (Tomlinson 1986). Los manglares tienen una distribución intertropical, sin embargo, la composición genérica y específica varía, pudiéndose distinguir, de acuerdo a Chapman (1975), dos regiones: la del Indopacífico y la región del Nuevo Mundo-Oeste de África.

Con respecto a los géneros modernos de mangle, algunos autores sugieren que se originaron en el sureste asiático, con dispersión posterior al continente americano a través del Océano Pacífico. Chapman en 1975 propuso que se originaron en los trópicos del sureste asiático, durante el Cretácico Superior, migrando posteriormente hacia el oeste a lo largo de las costas del Mar de Tetis, el cual estuvo abierto desde el Cretácico hasta el Oligoceno, aproximadamente; él mismo indica también que *Rhizophora* y *Avicennia* presentan la mayor distribución actual, ya que se originaron primero y pudieron cruzar el antiguo Mar de Tetis, lo cual tiene buen respaldo paleobotánico. Mientras que los géneros originados posteriormente detuvieron su avance al cerrarse la comunicación entre el Océano Índico y el Mar Mediterráneo. Mientras que para otras especies de mangle encontradas en América como *Conocarpus*, *Laguncularia* y *Pelliceria* de acuerdo con su distribución actual y con la falta de documentación en el registro fósil, estos géneros debieron tener un lugar de origen diferente, el cual podía estar localizado en el oeste de Gondwana (Rico-Gray 1993).

La primera región comprende las Costas de África del este, el Mar Rojo, India, Asia del sureste, Sur de Japón e Islas del Pacífico al este de Samoa. La segunda región comprende las costas del Atlántico de África y América, el Golfo de México, las costas del Pacífico de América Tropical y Las Islas Galápagos. Las especies existentes en Hawaii son introducidas (Rico-Gray 1993).

La región del Indopacífico tiene más de 20 especies distribuidas en 13 géneros de los 16 registrados como componentes de la vegetación de manglar, en tanto que la otra región tiene 10 especies distribuidas en 6 géneros si se suma *Pelliceria rhizophorae*. En vista de esto se ha sugerido que lo que ahora es la Península Malaya fue el centro de origen de los géneros de manglar. Sin embargo no es posible entender la distribución de los manglares en función de la distribución actual de los continentes.

Por otra parte el sur de América, cercano a África en un tiempo estuvo en la posibilidad de recibir los géneros migrantes. El hecho de que haya poca diversidad en América y el oeste de África hace suponer que sólo esos géneros, para el momento disponían de medios eficientes de dispersión y amplitud de tolerancia, y que al cerrarse el Mar de Tetis se interrumpió el pasaje de propágulos de otros géneros (Rico-Gray 1993).

La región del Nuevo Mundo-Oeste de África contiene géneros que hasta la fecha no han sido reportados para el viejo mundo. Tal es el caso de *Laguncularia* y *Conocarpus*. Por otro lado está

*Pelliceria*, actualmente presente en Costa Rica al NO de Colombia en la costa del pacífico, pero con una mayor área de distribución que abarcaba Nigeria, las Antillas, el sur de México y el noroeste de Colombia. Esta reducción en el área de distribución puede deberse a un complejo de factores que involucra bajas temperaturas, fluctuación del nivel de marea, orogenia, zonación y competencia con *Rhizophora* (Rico-Gray 1993).

A escala global, se han sugerido diversas áreas cubiertas por manglares, que van desde 100,000 km<sup>2</sup> (Fromard *et al.* 1998), 150,000 km<sup>2</sup> (Saenger *et al.* 1983), hasta 240,000 km<sup>2</sup> (Lugo 1990 y Thom 1982, citados en Nuñez-Farfán 1996) y existen aproximadamente 54 especies principales de mangle: 34 de ellas son manglares estrictos o verdaderos y 20 son componentes menores que pueden presentar algunas características de los manglares verdaderos (Tomlinson 1986). Se encuentran distribuidas en todas las regiones tropicales y subtropicales del mundo, agrupadas en 8 familias y 12 géneros (Lugo y Snedaker 1974):

Avicenniaceae	Myrsinaceae
<i>Avicennia sp.</i>	<i>Aegiceras sp.</i>
Chenopodiaceae	Plumbaginaceae
<i>Suaeda monoica</i>	<i>Aegialitis sp.</i>
Combretaceae	Rhizophoraceae
<i>Laguncularia sp.</i>	<i>Rhizophora sp.</i>
<i>Lumnitzera sp.</i>	<i>Bruguiera sp.</i>
Meliaceae	<i>Ceriops sp.</i>
<i>Conocarpus sp.</i>	Sonneratiaceae
<i>Xilocarpus sp.</i>	<i>Sonneratia sp.</i>

Actualmente *Conocarpus sp* también se clasifica dentro de la familia Combretaceae.

## 2.6 Distribución de los manglares en América

Los bosques de manglar, tienen una cobertura de entre 40 000 y 60 000 km<sup>2</sup> en todo el continente, distribuidos uniformemente al lo largo de la línea costera (Yañez-Arancibia, 1994).

Los manglares en América Latina están bien desarrollados a lo largo de las costas ecuatoriales, se encuentran en casi todos los países, exceptuando las tres naciones más al sur del continente; estos ecosistemas están influidos por la intensa actividad convectiva dentro de la zona de convergencia intertropical, la cual genera precipitaciones anuales mayores a los 2 000 mm y regímenes variables de marea (Cuadro 2). Los manglares mejor desarrollados se presentan en el norte de Ecuador, en la costa Pacífica de Colombia, Panamá y al sur de Costa Rica. Asimismo, en la costa Atlántica del continente las condiciones tropicales óptimas se presentan desde el sur del golfo de Paria (Venezuela) hasta Sao Luiz en

Brasil; en estas regiones dinámicas y húmedas los manglares alcanzan su máximo crecimiento (Yañez-Arancibia 1994).

**Cuadro 2.** Parámetros característicos para el sistema ecológico del manglar tropical americano (Pannier 1976, Lot-Helgueras 1977, Rico-Gray 1993)

FACTOR	ATRIBUTO	CARACTERISTICAS
Climático	Temperatura media anual	24.5 - 26.5°C Variación estacional <5° C.
	Temperatura media del mes más frío	Superior a 20° C
	Precipitación media anual	1700 - 2000 mm (<1000 mm excepción)
	Humedad relativa media anual	80 - 85%
	Velocidad del viento media anual	1.4 - 4.1 m seg <sup>-1</sup>
	Radiación solar total incidente	107 - 724 cal cm <sup>2</sup> día <sup>-1</sup>
Edáfico	Suelos	a) arcilloso - limoso b) arenas finas hasta gruesas, calcáreas o silíceas c) roca coralina
	pH	4.85 - 8.8
	Contenido de humus	2 - 35 % Rico en materia orgánica y arcilla fina
	Cloruros	1.91 - 3.96 g/100 ml Sol. suelo
	Nitrógeno total	0.38 - 0.46 %
	Oxígeno	~ 0
Hidrológico	Amplitud de las mareas	20 - 200 cm
	Protección	Costas libres de oleaje y acción de mareas fuertes.
	Corrientes oceánicas	No hay manglares donde las corrientes frías se acercan a tierra
Geomorfológico	Litoral	Somero, con poca pendiente

Contrario a lo que se presenta en el sureste de Asia los manglares en América Latina son muy pobres en número de especies, donde tan solo existen 11 especies; distribuidas de la siguiente forma:

**Cuadro 3.** Familias, géneros y especies de manglar presentes en América (Trujeque 1990, Yañez-Arancibia 1994).

FAMILIA	ESPECIES
Rhizophoraceae	<i>Rhizophora</i> <i>mangle</i>
	<i>harrisonii</i>
	<i>racemosa</i>
Avicenniaceae	<i>Avicennia</i> <i>germinans</i>
	<i>schaveriana</i>
	<i>bicolor</i>
	<i>tondozzi</i>
Combretaceae	<i>Laguncularia</i> <i>racemosa</i>
	<i>Conocarpus</i> <i>erectus</i>
Theaceae	<i>Pelliceria</i> <i>rhizophora</i>
Leguminosae	<i>Machaerium</i>

Se ha observado que los claros del bosque que deja la tala de árboles se cubren densamente por una especie acompañante del manglar, el helecho *Acrostichum aureum* que usualmente en el bosque inalterado crece en forma dispersa. Este helecho invasor impide la repoblación natural de la zona afectada, por lo cual contribuye a la desaparición progresiva del manglar natural (Pannier y Pannier 1976).

No obstante, también se puede observar vegetación herbácea, algunos helechos del género *Acrostichum* prosperan a veces en las vecindades o adentro del manglar; también se desarrollan bromelias, orquídeas y gramíneas.

## 2.7 Distribución de los manglares en México

El ecosistema de manglar en México, según el Inventario Nacional Forestal de 1994, ocupa una superficie de 721,554 ha, las cuales corresponden al 2.72% de la cobertura forestal total del país (SARH-UNAM 1994). Esta cifra suele variar según diversos autores, por ejemplo Blasco (1984) estima que la extensión total de manglares en el país es de 660,000 ha, mientras que Suman (1994) reporta una superficie de manglar de 488,367 ha. En general el área total resulta una extensión mayor a la que se puede encontrar en la mayoría de los países de África y América.

Los manglares en México forman parte de la llamada Región del Nuevo Mundo-Oeste de África con las especies *R. mangle*, *A. germinans*, *L. racemosa* y *C. erectus* además de un helecho: *Achrostichum aureum* (helecho dorado). Rico Gray (1981), indicó que *Rhizophora harrisonii* estaba presente en la costa de Chiapas, en el sistema estuarino Chantuto-Teculapa-Panzacola.

En cuanto a las influencias climáticas, es interesante notar que la distribución del manglar en México, está regida principalmente por la temperatura, pues esta comunidad sólo prospera en zonas cálidas; la precipitación no parece jugar un papel importante en el determinismo de su existencia, aunque es posible que la baja humedad atmosférica propicie un desarrollo menos exuberante de los individuos y de la comunidad en general (Rzedowski 1994).

Por el origen tectónico de sus costas, las condiciones hidrológicas y climáticas los manglares de las costas del Golfo de México abarcan extensiones mayores y están mejor desarrollados que los del Pacífico de México. En el Golfo de México, zona se encuentran desde Laguna Madre en Tamaulipas hasta la parte sur de Quintana Roo, alcanzando su desarrollo máximo en diversidad y altura en los estados de Tabasco y Campeche (López Portillo 1982, Flores-Verdugo 1989). En la costa noreste de la Península de Yucatán este tipo de vegetación ocupa considerables extensiones, al igual que cerca de la desembocadura del Río Bravo y alrededor de la Laguna de Términos en Campeche (Rzedowski 1994).

En la costa pacífica los manglares se extienden en forma no del todo continua desde Chiapas hasta Baja California y Sonora. *R. mangle* alcanza aproximadamente el paralelo 27° en el litoral occidental de

Baja California, mientras que *A. germinans* se detiene antes de llegar a 25°; del lado del Mar de Cortés, en cambio, *Rhizophora* alcanza el paralelo 29° y *Avicennia* se encuentra aún cerca de 31° en el litoral de Sonora. Las extensiones más amplias del manglar del lado del Pacífico se localizan en las partes de la planicie costera de Nayarit, conocidas como Marismas Nacionales; en la zona de costas rocosas de Baja California, Nayarit, Jalisco, Michoacán, Guerrero y Oaxaca, su distribución es discontinua o esporádica (Rzedowski 1994).

## 2.8 Descripción de las especies de mangle presentes en México

En México son cuatro las especies de plantas características del manglar: *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus*; todas se presentan tanto del lado del Atlántico como del Pacífico y a menudo se hallan en la misma localidad, aunque en otros sitios puede faltar una o varias.

### 3.8.1 *Rhizophora mangle* L.

*Rhizophora* es un género pantropical de ocho especies. *Rhizophora mangle* es una especie del género el cual pertenece a la familia Rhizophoraceae. Comúnmente se le conoce con los nombres de mangle rojo, mangle colorado, mangle tinto, candelón, tabché, y xtapché, entre otros (Pennington y Sarukhán 1998). Es indudablemente el componente más común y típico de los cuatro; este mangle forma con frecuencia comunidades puras que son las más sumergidas y más expuestas a cambios de nivel de agua y de salinidad; presenta raíces zancas arqueadas, que se fijan en sitios cubiertos con una capa de agua de 0.2 a 1.5 m de profundidad. Generalmente (pero no exclusivamente) podemos encontrarla en la parte exterior de las franjas del manglar y en los bordes de los canales (Tomlinson 1986, Pennington y Sarukhán 1998).

Crece como árbol o arbusto según las condiciones ambientales donde se desarrolle, llega a alcanzar hasta 30 m de altura (en la península de Yucatán hasta 20 m en áreas favorables como los peténes) su tronco es derecho, la corteza es gris clara o blanquecina, lisa o fisurada, roja en su interior. Sus hojas son brillantes de color verde oscuro por encima y un poco más pálido en la parte inferior, son pecioladas, simples, opuestas y gruesas; aproximadamente de 5 a 15 cm de longitud y una yema en forma de higo en el ápice de cada rama (Tomlinson 1986, Trujeque 1990 Trejo-Torres *et al.* 1993 ).

Presentan inflorescencia con 2 ó 3 y raramente 4 flores por tallo o pedúnculo, son pequeñas con 4 sépalos y 4 pétalos, las flores son de color blanco amarillento, bisexuales; que aparecen durante todo el año (Tomlinson 1986, Trejo-Torres *et al.* 1993 ).



El fruto tiene un sólo propágulo, el cual se asemeja a un ejote de aproximadamente 20 cm de largo y un peso aproximado de 15 gramos, presenta extremos puntiagudos, es vivíparo y germina cuando aún está prendido al árbol. Madura en 2 ó 3 meses, posteriormente se desarrolla el embrión y permanece en el árbol por once o doce meses. Las plántulas pueden medir hasta 25-30 cm. El propágulo de *R. mangle* tiene la posibilidad de establecerse con influencia de mareas; básicamente de dos formas : 1) aterrizando en una posición vertical (debido a que pueden flotar verticalmente) ó 2) aterrizando en una posición horizontal, alargando sus raíces y luego levantándose a una posición vertical por sí misma (Trujeque 1990). El hipocótilo, llamado "semilla (propágulo) en pincel" sale hasta más de 20 cm del fruto (Figura 1).

Esta especie de mangle contiene una gran cantidad de taninos y el tallo carece de anillos de crecimiento diferenciados.

La característica más relevante de esta especie es su complejo sistema de raíces aéreas; las cuáles están cubiertas por lenticelas a través de las cuales respiran, este tipo de raíces les permiten establecerse en aguas más profundas que los otros mangles, parten desde el mismo tronco o de las ramas laterales y caen hacia el suelo como anclaje estas raíces presentan una capa de corcho. La red de raíces provee sostén al árbol, además de llevar a cabo funciones vitales de nutrición (Trujeque 1990, Trejo-Torres *et al.* 1993 ).

La fase vivípara de *R. mangle* puede tener un importante significado como adaptación ecológica, si se considera que permite un precondicionamiento de la joven planta a la elevada salinidad del sustrato. La planta vivípara inicia su desarrollo con la fertilización de uno de los cuatro óvulos en el ovario. A través de un mecanismo de crecimiento y diferenciación regulado hormonalmente llega a constituir finalmente un órgano cilíndrico, verde, péndulo, fijado a la planta madre, es decir el hipocotilo, el cual posee una potencialidad de desarrollar raíces y hojas casi inmediatamente después de caer y fijarse verticalmente en el suelo. Mediante estudios con  $^{14}\text{C}$  se ha establecido la existencia de una dependencia nutricional de la planta vivípara, muy similar a la conocida en las fanerógamas parásitas (Pannier y Pannier 1976).

Una vez alcanzada la fase autónoma por separación de la planta madre, la plántula estará sometida al efecto de diversos factores ambientales reguladores de sus procesos fisiológicos. *Rhizophora* representa un tipo de halófito facultativa, es decir que tiene un amplio rango de tolerancia salina, sin embargo se ha observado que su desarrollo vegetativo óptimo se cumple en un estrecho rango de concentración salina menor del 25% de dilución de agua marina.

Esta respuesta favorable a una baja salinidad del sustrato, implica que no se puede considerar a *Rhizophora* como una planta adaptada al medio marino, esto es confirmado por su reducido crecimiento y por alteraciones metabólicas que se han observado en plantas cultivadas en medios de elevada salinidad, ya que en un ambiente salino la planta debe desarrollar mecanismos de desalinización del agua del sustrato para evitar la acumulación de niveles tóxicos y estos mecanismos demandan gasto de energía, aunque

existe la idea de que el proceso de regulación de la salinidad al nivel de las raíces del mangle sea simplemente un proceso físico de ultrafiltración determinado por fuerzas hidrostáticas (Pannier y Pannier 1976).

Otra de las características más notables de *Rhizophora* es su estrecho margen de tolerancia con respecto a la temperatura, a menos de 17° C se produce una inhibición total del crecimiento (Pannier y Pannier 1976).

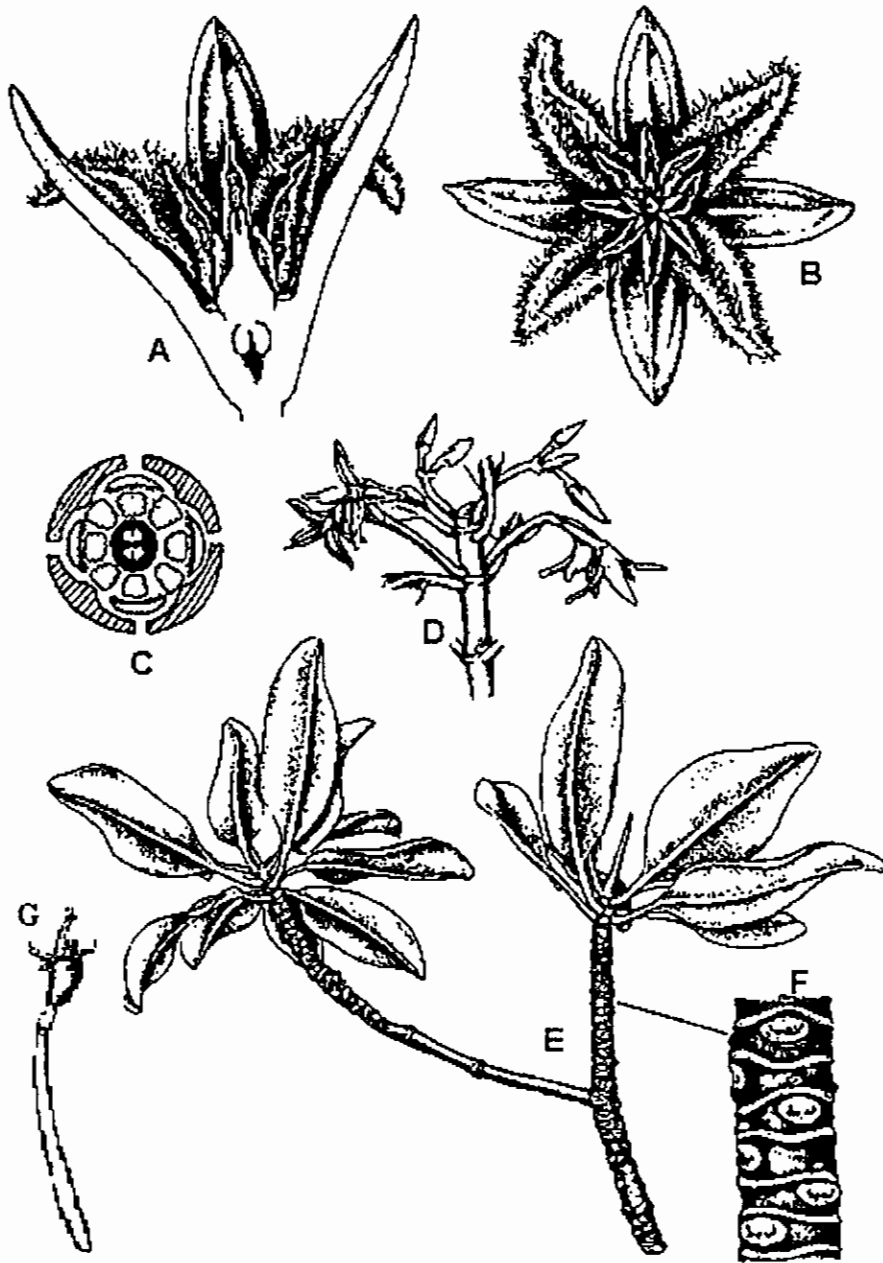


Figura 1. *Rhizophora mangle* (Rhizophoraceae) hojas y flores. (A) flor en corte longitudinal, (B) flor en vista frontal, (C) diagrama floral, (D) retoño floral con inflorescencias axilares, (E) parte distal de una rama, (F) detalle del patrón de marcas de los ramas, (G) hipocótilo (Tomlinson 1986).

### 2.8.2 *Avicennia germinans* (L.) Starn. (Sinonimia *A. nitida* Jacq)

Pertenece a la familia Avicenniaceae y es la única especie del género. Entre sus nombres comunes se encuentran: mangle negro, mangle blanco, mangle puyequé, madre de sal, mangle prieto y mangle cenizo. Al igual que *R. mangle* crece como árbol o arbusto según las condiciones ambientales donde se desarrolle, es de copa redondeada, llega a alcanzar hasta 20 m de altura (en la península de Yucatán hasta 12 m) y un diámetro de 30 a 50 cm su corteza es gris negruzca, ligeramente escamosa. Por lo general se desarrolla en la zona intermareal inferior, detrás del mangle rojo, tolera altos niveles de salinidad, ya que posee la capacidad de excretar la sal a través de sus hojas, por lo que se presentan conspicuos gránulos blancos de sal en la superficie de sus hojas, las cuales son opuestas, delgadas, elípticas o de forma oblonga. de color verde oscuro en la superficie y cubiertas de pelos cortos y densos; en la parte inferior son blanquecinas. Las hojas se presentan de 5 a 8 cada 4 cm con un corto peciolo (Tomlinson 1986, Trejo-Torres *et al.* 1993, Pennington y Sarukhán 1998).

Sus flores son perfectas, de color blanco y más pequeñas que las de *R. mangle*, están dispuestas en grupos terminales y carecen de tallos. Esta especie florece de enero hasta julio, produciendo frutos ovalados pequeños como una cápsula carnosa compuesta, en forma de haba que contiene una semilla, esta especie también es vivípara y las plantas dentro de los frutos no miden más de 2-3 cm (Trujeque 1990).

Los propágulos de *A. germinans* son de forma elíptica oblonga, pesan aproximadamente un gramo y tienen 2 cm de longitud cuando caen del árbol. El pericarpio se desprende a los pocos días de haber caído, en este periodo los cotiledones (hojas primarias) se abren y el propágulo se asemeja a dos mariposas, una encima de la otra (Trujeque 1990).

Este tipo de mangle se caracteriza por tener raíces modificadas largas y horizontales como cables que tienen ramificaciones verticales cortas aéreas llamados *neumatóforos*, son raíces epígeas negativamente geotrópicas que miden entre 10 y 30 cm de largo que crecen a partir de la raíz primaria, emergen del suelo y presentan un aerenquima muy desarrollado además de lenticelas, por medio de las cuales toman el oxígeno directamente del aire. Estos neumatóforos penetran profusamente en el suelo debajo del árbol y sobresalen de la superficie del agua y funcionan permitiendo la aireación de la planta. Se han encontrado números de 100 o más neumatóforos por m<sup>2</sup>. Por el color de su corteza esta especie es comúnmente conocido como "mangle negro" (Tomlinson 1986, Trujeque 1990, Menéndez 1976).

Localmente se le utiliza para fabricar postes y carbón (Pennington y Sarukhán 1998). *A. germinans*, prospera formando bosquecillos o matorrales a lo largo de una franja situada tierra adentro en suelos emergidos durante la mayor parte del tiempo y que se inundan sólo ligeramente.

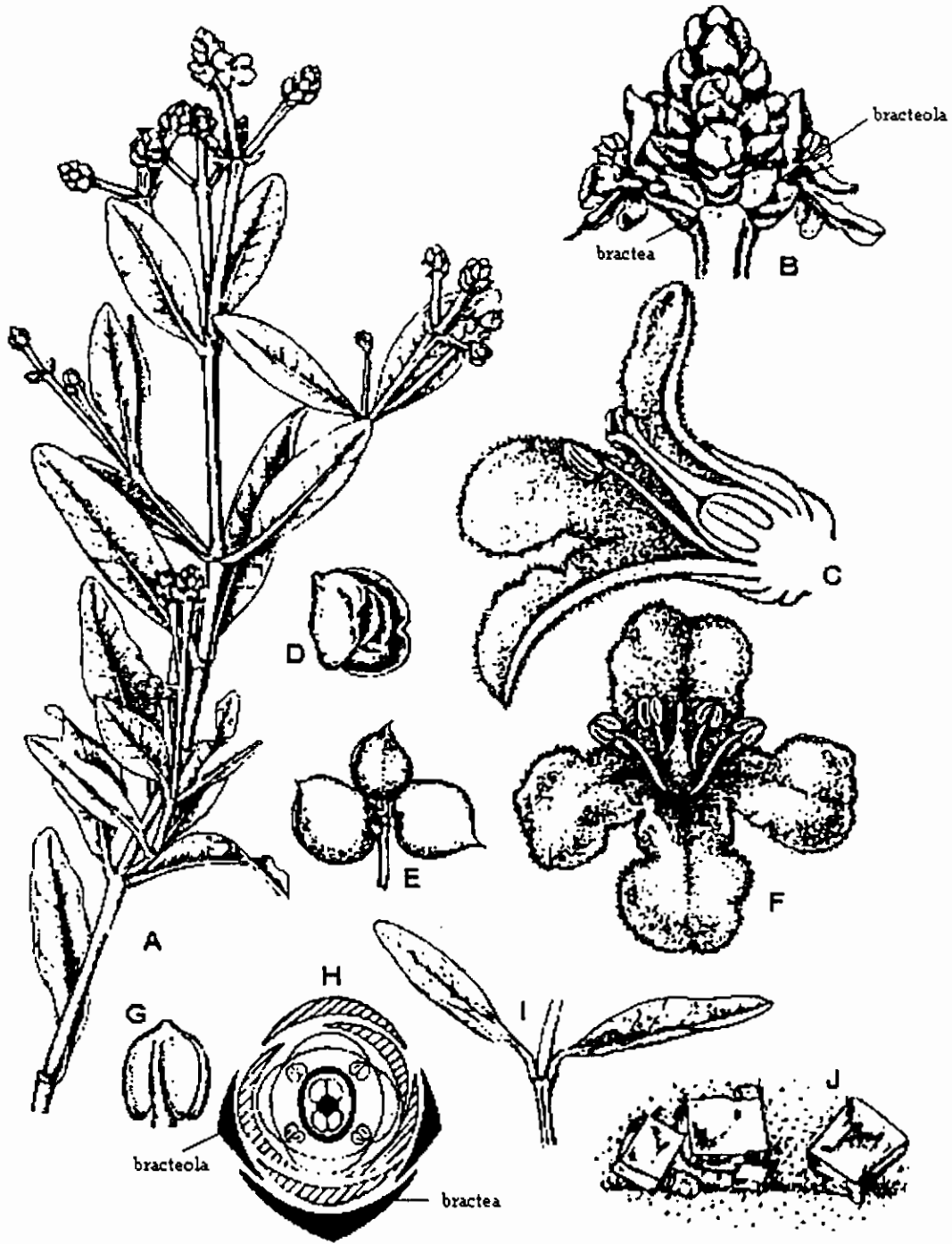


Figura 2. *Avicennia germinans* (Avicenniaceae) retoños y flores. (A) retoño distal con flores, (B) grupo de flores terminal, (C) flor en corte longitudinal, (D) semilla, (E) grupo de frutos, (F) flor en vista frontal, (G) placenta aislada con cuatro óvulos péndulos, (H) diagrama floral, (I) nudo, (J) superficie de la hoja con cristales de sal (Tomlinson 1986).

### 2.8.3 *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn.

*Laguncularia racemosa* se clasifica dentro de la familia Combretaceae o Terminaliaceae en el mismo orden que las Rhizophoraceae (Myrtales), es la única especie del género. Se le conoce localmente como mangle blanco o mangle amarillo. Crece como árbol de tronco recto y alcanza hasta 25 m (en la península de Yucatán hasta 20-22 m en los petenes) la corteza es gris-parda. Las hojas son opuestas, acorazonadas, ligeramente más delgadas que las de *R. mangle* y *A. germinans* y sobresalen en ellas dos glándulas excretoras de sal en el apex del peciolo. También suele desarrollar neumatóforos cuando crece en áreas inundadas (Tomlinson 1986, Trujeque 1990, Pennington y Sarukhán 1998).

Es una especie dioica, que posee las flores más chicas de las cuatro especies de manglar presentes en México, las cuales son de color blanco, actinomorfas de aproximadamente 4 mm, con 5 pétalos y 10 estambres, se presentan formando espigas. Esta especie florece todo el año, produciendo drupas con forma de avellana, las cuales miden aproximadamente 2 cm de longitud y pesan menos de un gramo, son de color verde pardusco cuando caen del árbol paterno después de 2 días se tornan color café.. Los frutos son drupas de 2-2.5 cm de largo, ovaladas y con varios surcos longitudinales, verde pardo, carnosas y contiene una sola semilla de 2 cm de largo. El pericarpio (pared del propágulo maduro) sirve como flotador y no se desprende hasta que la plántula se establece (Trujeque 1990, Pennington y Sarukhán 1998).

*L. racemosa* puede acompañar a *Rhizophora*, aunque por lo general se desarrolla en sitios con menor profundidad. Normalmente se desarrolla en zonas donde ha habido mayor sedimentación y es menor la influencia de las mareas. Localmente se le utiliza para hacer carbón, no tiene usos industriales (Pennington y Sarukhán 1998).

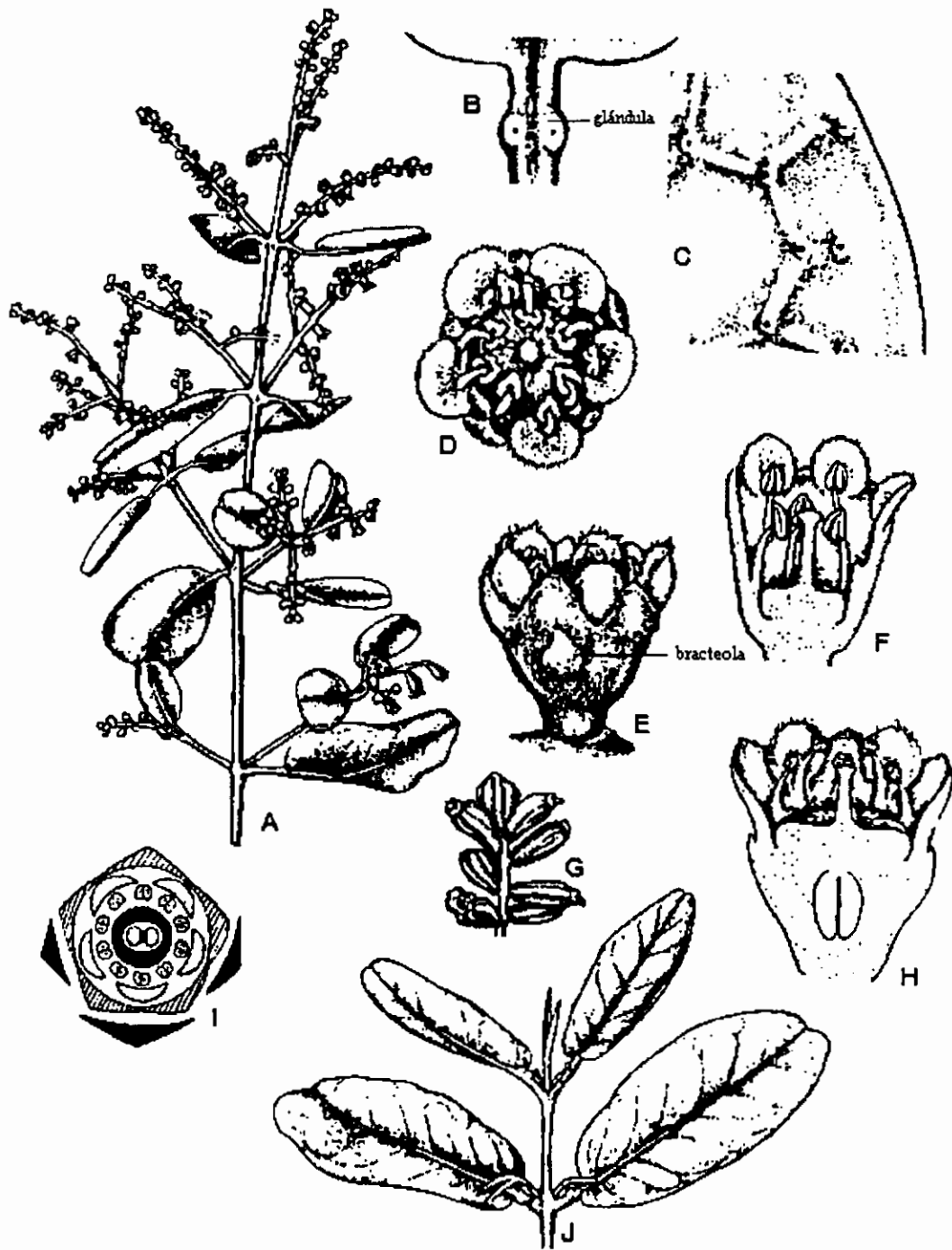


Figura 3. *Laguncularia racemosa* (Combretaceae) hojas, flores y frutos. (A) retoño floreado, (B) detalle del peciolo con par de glándulas, (C) detalle de la periferia de la hoja, con pequeñas glándulas (D) vista superior de la flor macho, (E) perfil de la flor, con bráctea, representada por cicatriz, (F) flor macho en corte longitudinal, (G) grupo de frutos maduros, (H) flor perfecta en corte longitudinal, (I) diagrama floral, (J) retoño vegetativo (Tomlinson 1986).

#### 2.8.4 *Conocarpus erectus* L.

Es una de las dos especies del género y al igual que *L. racemosa*, pertenece a la familia Combretaceae. Es conocido comúnmente como mangle botoncillo, mangle negro o mangle prieto. No es un verdadero mangle, según la descripción de mangle, ya que no es vivípara, no presenta dispersión hidrocórica y no tiene raíces aéreas especializadas. Sin embargo, mucha gente lo considera como mangle debido a que ordinariamente crece asociada con las otras especies de mangles. En la península de Yucatán se presentan dos variedades de esta especie *C. erectus* y *C. erectus* var. *sericea*, esta última es una forma de esta especie que presenta hojas plateadas debido a una densa cubierta pubescente (Trejo-Torres *et al.* 1993, Pennington y Sarukhán 1998).

Es una especie tolerante a altas salinidades y suelos muy secos. Crece como arbusto o árbol hasta de 20 m (en la península hasta 12 m) de tronco derecho y ramas verde amarillentas, la copa es redondeada y densa, la corteza es pardo oscura fisurada. Tiene hojas con peciolo cortos (1 cm) con un par de glándulas. Presenta flores dispuestas en cabezuelas globosas de 5 a 10 mm de diámetro, cada cabezuela tiene aproximadamente 25 flores, son flores dimórficas, fragantes de 1.5 mm de diámetro. Esta especie florece todo el año, pero en este caso las semillas no germinan dentro del fruto, los frutos de esta especie son nuececillas aladas de 4 mm, agregadas en cabezuelas globosas morenas, su dispersión resulta de una acción combinada del viento y las mareas. Las inflorescencias son terminales. El peciolo de esta especie es corto (1 cm) y presenta un par de glándulas circulares, las hojas son ovaladas-lanceoladas de margen entero y se presentan de 4 a 9 cada 2 ó 3 cm (Tomlinson 1986, Pennington y Sarukhán 1998).

Las semillas son dispersadas por agua por flotación, la producción de semillas de esta especie es abundante, sin embargo muchas de éstas son abortadas o la germinación se dificulta, por lo que los tapetes densos de plántulas de esta especie no son abundantes comparado por ejemplo con los que forma *Laguncularia* (Tomlinson 1986).

*C. erectus* ocupa los lugares aún menos afectados por la sumersión en agua salada, detrás del límite máximo de mareas, aunque a veces constituye agrupaciones sobre suelos permanentemente anegados, pero con un contenido de cloruros mucho menos elevado. Plantas de *C. erectus* pueden encontrarse a menudo también fuera del manglar, en otro tipo de ambientes litorales (Rzedowski 1994, Tomlinson 1986). Localmente se utiliza para construir postes y fabricar carbón (Pennington y Sarukhán 1998).



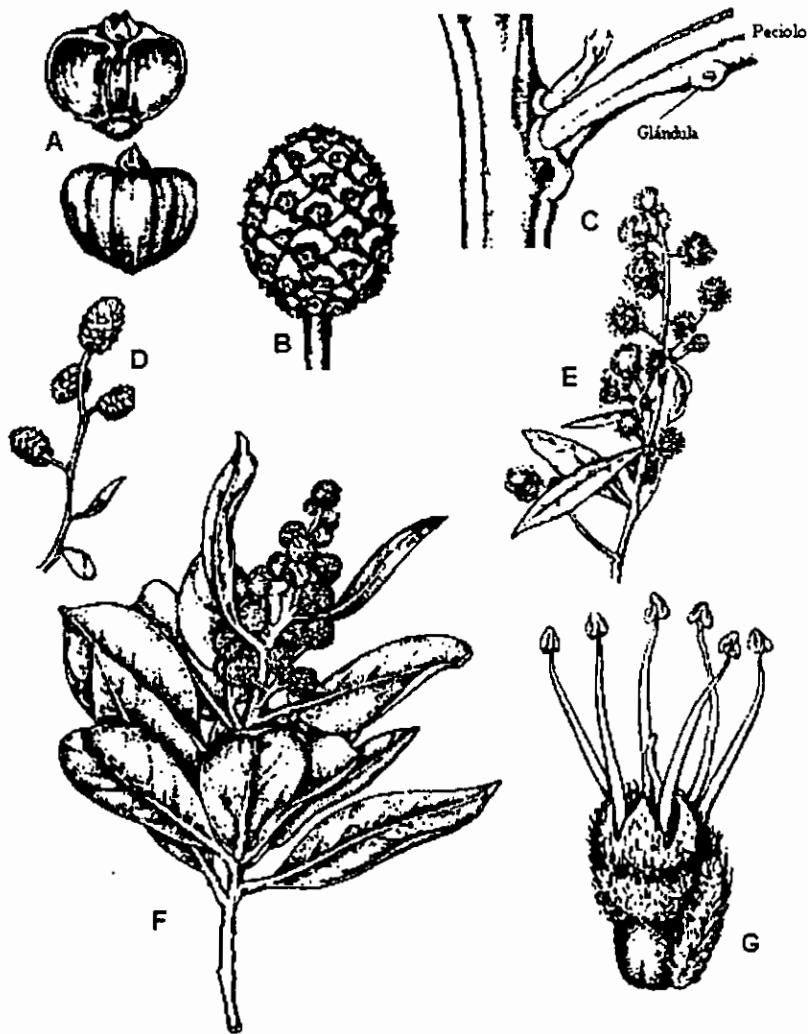


Figura 4. *Conocarpus erectus* (Combretaceae) hojas, flores y frutos. (A) detalle de frutos, (B) cabeza floral, (C) detalle de nudo, (D) retoño floral, (E) retoño floral de árbol macho, (F) retoño floral de árbol hembra, (G) flor macho, vista lateral (Tomlinson 1986).

## 2.9 Valores de uso y no-uso de los manglares

Los manglares son muy importantes para el hombre porque exportan materia orgánica a los sistemas lagunares, la cual es transformada en biomasa (cadena de detritus) que es el alimento directo de diversos recursos pesqueros o estimulante de la productividad en el ecosistema acuático adyacente. De esta forma se sustentan importantes pesquerías dentro de los ecosistemas estuarinos y en su zona costera adyacente, ofrecen refugio y alimento en etapas críticas de los ciclos de vida de diversas especies de organismos acuáticos que son explotados comercialmente en las aguas costeras (Flores-Verdugo 1989).

La madera del mangle es muy resistente a los insectos por lo que resulta de uso muy popular en la construcción de viviendas rústicas. Su uso como leña es común en Centroamérica donde la sobreexplotación del mangle para este fin es uno de los principales factores causantes de la degradación del manglar.

Los productos que se generan del manglar son madera aserrable para postes, durmientes, muebles, instrumentos de pesca, vigas, barriles e instrumentos musicales o bien para leña, carbón, carbón activado, pulpa de madera para producir láminas prensadas de uso múltiple; la corteza de *R. mangle* es rica en taninos que se emplean en la curtiduría de pieles, tinción de cuerdas, redes y sedales y para producir adhesivos en la fabricación de triplay. Los manglares también sostienen una importante industria apícola como en el caso del estado de Florida en Estados Unidos, ésta es una importante alternativa de uso que evita la destrucción del manglar (Flores-Verdugo 1989, Yañez-Arancibia 1994, Lartigue 1994, Rzedowski, 1994, Suman 1994).

En países como Costa Rica, El Salvador y México se realiza la construcción de estanques para la producción de sal, lo cual ha contribuido notablemente a la alteración de extensas áreas de manglar. Además en algunos países se utilizan grandes volúmenes de leña de mangle para la producción de sal en hornos de evaporación (Guatemala y Honduras) (Suman 1994).

La conversión de áreas de manglar a cultivos y pastizales es una práctica que ha ocurrido durante siglos, sin embargo este cambio de uso se ha visto acelerado en años recientes. En México y Centroamérica la conversión ha sido a pastizales para la ganadería (Suman 1994).

Otro uso que se le da al manglar es la camaronicultura que en los últimos veinte años ha tenido un gran auge y ha causado un impacto negativo importante sobre el ecosistema de manglar (Flores-Verdugo 1989, Suman 1994). En cuanto a la importancia de los manglares en las pesquerías, Turner en 1977 (citado en Flores-Verdugo 1989) estimó una pérdida anual de 767 kg de camarón y peces de importancia comercial por cada hectárea de manglar destruido, en tanto que Burbridge en 1982 (citado en Flores-Verdugo 1989) argumentó que el valor de los manglares como hábitat de apoyo a pesquerías es más importante que cualquier otro uso, incluyendo la maricultura.

Amo (1979, 1981, citado en Suman 1994) menciona algunos usos medicinales tradicionales del mangle rojo y mangle botoncillo en los estados de Yucatán y Veracruz, donde tiene un uso popular muy extendido. Por ejemplo *R. mangle* es usado contra la diarrea, disentería, elefantiasis, escorbuto, lepra, dolor de muelas y úlceras leprosas; *A. germinans* se utiliza como antiinflamatorio, antidiarreico y en casos de hemorroides; *C. erectus* es usado contra el asma, estado bilioso, dolor de cabeza, evacuaciones amarillas, evacuaciones pestilentes, ictericia, reumatismo y testículos inflamados.

Los manglares contribuyen a fijar y retener el sedimento, evitan la erosión y a menudo actúan como estabilizadores del sedimento formando islas y lagunetas. El ecosistema de manglar es susceptible al daño causado por los huracanes, sin embargo provee de una considerable protección a las áreas adyacentes incluyendo asentamientos humanos, terrenos agrícolas, pozas acuícolas, etc. y éste es un aspecto importante de valorar para evitar la destrucción de las áreas de manglar en diversas zonas (Flores-Verdugo 1989).

Los manglares también benefician la calidad del agua costera al retener los nutrientes del agua y liberarlos paulatinamente y mantener así un nivel de eutroficación saludable en los canales y lagunas. Se ha sugerido que los manglares incluso pueden funcionar como trampa de nutrientes y pueden ser útiles para el tratamiento de aguas residuales de las pozas, disminuyendo la eutroficación artificial de las lagunas o estuarios y, por lo tanto de las propias pozas que directamente utilizan estas aguas. Sin embargo, son necesarios estudios experimentales para evitar el riesgo de que se rebase la capacidad asimilatoria del bosque de manglar y predecir los cambios como resultado de recibir altas concentraciones de nutrientes (Flores-Verdugo 1989).

Ofrecen hábitats propicios para muchas especies de aves migratorias y permanentes, peces, crustáceos y mamíferos. Al constituir un refugio para una comunidad faunística diversa incrementan el valor científico, turístico y educativo de los ecosistemas. Asimismo resultan estacionalmente importantes debido a que durante la estación seca los ecosistemas terrestres adyacentes presentan una viabilidad baja de alimento para la fauna y los manglares pueden cubrir temporalmente estos requerimientos. (Flores-Verdugo 1989).

Otro uso del manglar, aunque difícil de valorar en términos económicos, es el hecho de que en algunas regiones, los manglares son motivo de visitas turísticas al año, lo que se traduce en una importante derrama económica en la región, con el sólo propósito de observar especies características de aves y otros animales o simplemente por conocer un bosque de manglar, siendo entonces un invaluable recurso como atractivo ecoturístico (Flores-Verdugo 1989).

En cuanto al valor cultural de los manglares, hay escasez de indicios en la literatura etnográfica y arqueológica con respecto al uso de las zonas de manglar por las poblaciones precolombinas. En México

aparentemente Aztlán, (tierra de las garzas), se ubicaba en una zona de manglares cercana a Mexcaltitlán, Nayarit, de donde emigró al altiplano un grupo que dio origen a la cultura Azteca, en lo que es ahora la Ciudad de México (Flores-Verdugo 1989).

## **2.10 Principales presiones sobre los manglares**

La zona costera de los trópicos y subtropicos se ha visto especialmente afectada por diversos propósitos. Las actividades humanas han sido causas directas de la constricción y destrucción de las comunidades de mangle (Ramírez-García *et al.* 1998).

Fue en la primera mitad de este siglo cuando los manglares fueron declarados como altamente perjudiciales a la salud, ya que representaban lugares propicios para criaderos de mosquitos (focos de malaria y otras enfermedades) y otros organismos nocivos, así como terrenos improductivos (D'Cróz y Kwiecinski 1980). Los manglares resultan entonces ecosistemas marginados dentro de los planes regionales de desarrollo y caracterizado como tierras insalubres e inservibles debido principalmente a la presencia de insectos y olores azufrosos además de su estructura pantanosa (Loa 1994 en Suman 1994).

El ecosistema de manglar puede ser considerado como dinámico y existen evidencias geológicas y contemporáneas de que los manglares se pueden extender o contraer rápidamente en respuesta a cambios regionales climáticos y topográficos. A su vez, este hábitat puede resultar fácilmente afectado por estrés relacionado con actividades antropogénicas, presentando fluctuaciones importantes espaciales y temporales como resultado de tales influencias (Field 1995).

Dentro de las principales actividades que causan impacto sobre los ecosistemas de manglar se encuentran la tala, la creación de centros recreativos, conversión de terrenos para la agricultura, acuicultura, construcción de salineras, desarrollos urbanos, extracción de minerales, la construcción de carreteras, puertos, canales y represas ha alterado la hidrología del manglar en diversos los países, entre ellos Cuba y México (Saenger *et al.* 1983). Como resultado de estas actividades un número importante de especies de plantas y animales que dependen de este tipo de hábitat han sido colocadas en algún estado de riesgo (Saenger *et al.* 1983).

Los manglares son particularmente vulnerables a cualquier cambio de origen natural o artificial. Allí sucesos de poca importancia pueden tener consecuencias trascendentales, ya que los organismos acuáticos tienen muy diversas adaptaciones estructurales, fisiológicas y de comportamiento con respecto a la composición química del agua, el aporte y reciclaje de nutrientes, así como la energía solar, entre otros factores (Saenger *et al.* 1983).

Los ecosistemas de la línea de costa, considerados como los más productivos de la biosfera, están sometidos a intensa explotación por la diversidad de recursos bióticos y minerales, así como por su

potencial turístico. Como ecosistema, la zona costera es altamente productiva y compleja, susceptible al deterioro provocado por el inadecuado manejo de sus recursos, incluso por la contaminación y la marginación social de las poblaciones que subsisten de la pesca y la recolección (Saenger *et al.* 1983, Ramírez-García 1998).

En este sentido, en la península de Yucatán uno de los problemas que afectan de modo más severo a las comunidades de manglar, es la construcción de carreteras, vías ferroviarias y bordos, así como la construcción de obras portuarias que se desarrollan en la zona costera. Estas obras tienen graves consecuencias sobre los manglares y otras comunidades costeras inundables, debido a que eliminan o reducen los flujos de agua de los cuales depende el desarrollo de estas comunidades vegetales (Trejo-Torres *et al.* 1993).

La construcción de caminos que comunican las poblaciones costeras de la península entre sí y con los poblados de tierra adentro, cortan el flujo de las aguas superficiales que corren en las cuencas costeras inundables. El estancamiento de las aguas altera el intercambio gaseoso radicular y de los sedimentos, ocasiona la acumulación de toxinas y sales, y favorece la sedimentación. El resultado de estas alteraciones es el deterioro y la muerte de grandes extensiones de manglares, lo que provoca que se transformen en áreas pantanosas desprovistas de vegetación y frecuentemente con malos olores, o en zonas totalmente desertificadas (Trejo-Torres *et al.* 1993).

Hasta el año de 1992 en Yucatán existían 21 construcciones entre carreteras, vías ferroviarias y bordos perpendiculares a la costa; además de una carretera paralela a la costa que corre desde Celestún hasta Dzilam de Bravo, por lo que el daño ocasionado a los manglares por el cambio en el flujo de agua, se observaba principalmente en las partes más bajas de las cuencas costeras que constituyen las ciénagas y que se ubican por detrás de la barra costera arenosa (Trejo-Torres *et al.* 1993, Batllori 1997).

Por otra parte, los puertos de abrigo que se han construido en las últimas décadas en la costa de Yucatán, obstruyen totalmente la circulación del agua en las partes más bajas de la cuenca inundable. Los sedimentos que son removidos en la construcción de estas obras muchas veces son vertidos a las áreas cenagosas adyacentes, aumentando con esto el deterioro de los manglares (Trejo-Torres *et al.* 1993).

Con el desarrollo turístico de las costas, en forma de complejos hoteleros, condominios, restaurantes y tiendas, se han rellenado extensas áreas de manglar, eliminando completamente este ecosistema. Debido a que el desarrollo turístico del Caribe mexicano todavía no ha terminado, los manglares aún existentes están amenazados con planes de parques recreativos, rellenos de lagunas para edificios turísticos y para cultivo de camarón con objeto de abastecer el mercado de turistas (Trejo-Torres *et al.* 1993).

Una actividad económica más que ha tenido impacto sobre las zonas de manglares desde hace muchos años es la producción salinera, esta actividad se desarrolló de forma artesanal en las áreas de salitrales naturales, donde la vegetación en general es muy escasa e incluso en sitios que están totalmente desprovistos de vegetación que son conocidos como blanquizales. A lo largo de toda la costa de Yucatán hay salinas de tipo artesanal, que no tienen mayor impacto que el provocado por la siembra de troncos para dar soporte a los bordes de las charcas salineras. Sin embargo, recientemente el desarrollo industrial de esta actividad ha provocado la destrucción de grandes extensiones de manglares de franja lagunar, como sucede en los bordes de la ría de Lagartos. Se puede observar que la misma actividad llevada a cabo a nivel industrial, sí puede tener efectos devastadores sobre estas comunidades, por la sustitución de la vegetación de grandes áreas para destinarlas a charcas de evaporación (Trejo-Torres *et al.* 1993).

Con respecto a la actividad forestal al igual que en otras regiones costeras del mundo, los manglares de la península de Yucatán constituyen una fuente importante de recursos forestales para las poblaciones humanas de la costa. Su explotación aquí se realiza principalmente con fines de uso doméstico y se desarrolla de forma empírica (Trejo-Torres *et al.* 1993).

Los sitios de manglar que resultan más atractivos para el uso forestal son aquellos donde los individuos alcanzan mayores tallas, como es el caso de los manglares de franja y de los peténes. El efecto causado por la explotación forestal en los manglares es menos evidente y quizá menos severo que el ocasionado por otras actividades humanas. La intensidad de la explotación responde a la demanda social del recurso, esto puede tener efectos sobre las condiciones del manglar; sin embargo, bajo un uso planificado de este recurso la explotación forestal puede ser una alternativa adecuada (Trejo-Torres *et al. op cit*).

En situaciones donde las presiones económicas dictaminan la destrucción de los manglares se deben realizar todos los esfuerzos para aminorar las pérdidas, mediante la planeación cuidadosa, teniendo en cuenta la importancia de estos ecosistemas. Para el manejo adecuado de los manglares se requiere tener un conocimiento integral, que incluya tanto a los manglares como a los ecosistemas ligados funcionalmente a éstos, tales como el estuario o laguna costera adyacente, ríos, pastos marinos, arrecifes y ambientes terrestres circundantes (Flores-Verdugo 1989).

## 2.11 Deforestación

La deforestación es la conversión de los terrenos arbolados de bosques o selvas naturales a otros usos; los factores que la ocasionan pueden ser los desmontes, cambios de uso de suelo, incendios, plagas, tala ilegal y otros (SARH-UNAM 1994).

El proceso de destrucción de los bosques se ha dado por muchos milenios, probablemente desde el desarrollo de la agricultura (10,000 años). La deforestación en los países tropicales puede tener consecuencias locales y globales. Localmente el clima puede ser más extremo, los suelos pueden sufrir deterioro físico y químico y el balance hidrológico puede ser perturbado (Whitmore 1992).

En México la cifra oficial de la deforestación promedio anual de la Subsecretaría Forestal y de Fauna Silvestre se obtuvo con información disponible utilizando métodos directos e indirectos, con los cuales se ha ubicado hasta ahora, una tasa de deforestación anual para la década de 1980 a 1990 de 370 mil hectáreas por año (SARH - UNAM 1994), mientras que una evaluación de la deforestación realizada por la Food and Agricultural Organization (FAO) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) situaron a México en el tercer sitio de Latinoamérica con una tasa de 500,000 hectáreas de deforestación anual (Toledo 1988), misma que coincide con la que obtuvieron Masera *et al.* (1997) para bosques cerrados en el periodo de 1988 a 1994.

A pesar de su gran importancia ecológica, algunos estudios sugieren que, a escala global, los manglares afrontan un grado de destrucción significativa o, en el menor de los casos, alteración marcada. Estos ecosistemas han sido alterados en magnitudes considerables (Nuñez-Farfán *et al.* 1996).

En cuanto al ecosistema de manglar la mayoría de los países centroamericanos presentan tasas de deforestación significativas. En la reunión celebrada en 1994 sobre los manglares de América Latina se señaló que para Cuba, el 30% de los manglares había sido degradado, Ecuador, Colombia, Guatemala y El Salvador mostraban tasa de reducción del 20%. Si bien es cierto que la deforestación es un problema real, también es cierto que algunos países como Puerto Rico, aunque convirtió extensas áreas de manglar durante la primera mitad del siglo XX, a través de esfuerzos de reforestación, aumentó su extensión de manglar en un 45% entre 1970 y 1989 (Suman 1994).

En México son pocos los estudios que se han realizado para conocer el grado de deforestación del ecosistema de manglar. En el estudio realizado por Nuñez-Farfán en 23 localidades de manglar, 14 de estas perdieron aproximadamente el 50% de la cubierta vegetal de manglar y siete perdieron más del 80% de su cobertura original (periodo aproximado de 19 años). El promedio obtenido en este estudio indica que los manglares de México están siendo deforestados a una tasa de 7.93% por año.

Para el caso de Yucatán, la construcción de viviendas veraniegas es lo que principalmente ha contribuido al deterioro de la cubierta forestal, ya que este tipo de desarrollos siguen un patrón de

asentamiento horizontal sobre lo que constituyó la duna costera lo cual es totalmente desfavorable y una vez saturados los terrenos de la franja costera se continúa la expansión a terrenos de zona inundable de manglar (Flores *et al.* 1995).

## **2.12 Acciones de conservación y manejo de los manglares**

Tal vez porque el manglar ocupa tierras poco utilizables no se les ha dado la importancia apropiada y hasta hace poco tiempo se ha logrado entender y aceptar más su papel natural reconociéndose que su drenaje y relleno para usos urbanos, agrícolas e industriales puede resultar en una reducción real de la capacidad productiva de las costas tropicales, dada la estrecha relación existente entre numerosas especies marinas y los manglares (D'Croze y Kwiecinski 1980, Trujeque 1990).

La actitud con respecto a los manglares ha variado ampliamente, algunos datos indican que en Puerto Rico, durante la época precolombina, los indígenas vivieron en armonía con los manglares, aprovechándolos como fuente de buena madera y como áreas de pesca, ellos apreciaron sus bondades e incluso hubo la ocasión en que los protegieron; posteriormente, los españoles consideraron las zonas de manglar como pantanos malsanos (D'Croze y Kwiecinski 1980).

A escala internacional existen varios documentos que hablan sobre la integración de la sustentabilidad en la zona costera, uno de ellos se desarrolló en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CNUMAD) donde se integra el manejo y el desarrollo sustentable de las zonas costeras; en la Reunión de Río de Janeiro en Brasil, en junio de 1992, se elaboró la agenda XXI, de la cual el capítulo 17 se refiere a la protección de los océanos y de los mares de todo tipo, incluidos los mares cerrados y semicerrados así como de la zona costera aunado a la protección, utilización racional y desarrollo de sus recursos vivos. La agenda XXI contiene 27 principios que sirven de guía para las naciones e individuos de generaciones presentes y futuras. Existe además un Programa de Acción Mundial para la Protección del Medio Marino Frente a las actividades realizadas en Tierra (PNUMA 1995) y un Código de Conducta para la Pesca Responsable (FAO 1995).

La explotación irracional, la intensificación de la agricultura y la deforestación de algunos sistemas como los manglares, aumenta sin tomar en cuenta, que son muy importantes ecológica y económicamente (Comisión de Desarrollo y Medio Ambiente de América Latina y el Caribe 1991); es por esto que resulta de suma importancia implementar programas para el uso sostenido de estos recursos, así como para su conservación.

En América Latina, la legislación referente a los manglares necesita una reforma profunda, en muchos casos las Leyes Forestales no consideran explícitamente los bosques de mangle. Es de notar que muchas áreas quedan decretadas para su protección solamente en el papel debido a la falta de presupuesto



y personal de la institución gubernamental responsable (Suman 1994). Las normas existentes en muchos países favorecen la conversión de áreas de manglar a otros usos sin reflejar el verdadero valor del ecosistema, en Honduras por ejemplo se paga por concesión US \$0.13 por hectárea por año y en El Salvador se reciben US \$0.30 por árbol talado en área autorizada para el establecimiento de salineras o piscinas de acuicultura, de esta forma estos subsidios del Estado aumentan la degradación del ecosistema de manglar en diversos países (Suman *op cit.*).

La gran dificultad en la conservación y el manejo de áreas de manglar es la dependencia económica de sus pobladores cercanos, muchos de los cuales viven en estado de extrema pobreza. La protección efectiva del ecosistema no sólo será posible cuando las comunidades que explotan el manglar tengan alternativas novedosas y realistas que sustituyan su dependencia de este recurso (Suman 1994).

Sin embargo es necesario reconocer que las principales afectaciones son originadas por obras de infraestructura a gran escala, así como de actividades económicas a escala industrial, por lo que es en esta dirección donde se debe poner énfasis para la protección real de este tipo de ecosistemas. México cuenta con un marco regulatorio para el uso de los ecosistemas de manglar, la legislación incluye:

- Reglamento para el uso y aprovechamiento del mar territorial, vías navegables, playas, zona federal marítimo terrestre y terrenos ganados al mar.
- Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente y su reglamento en materia de Impacto Ambiental. (Transitorios: Delitos Ambientales Art. 416)
- Declaración de Areas Naturales Protegidas.
- Norma Oficial Mexicana (NOM-059-ECOL-1994), la cual incluye las cuatro especies de mangle presentes en México, dentro de la categoría de *Protección Especial*, es decir son especies sujetas a limitaciones o vedas en su aprovechamiento por tener poblaciones reducidas o una distribución geográfica restringida o para propiciar su recuperación y conservación) (DOF, 1994).
- Ley Forestal, en el reglamento de esta Ley en el Artículo 13 (Título Segundo, Capítulo I) se hace referencia a la planeación del uso de recursos forestales, donde una de las categorías es Zonas de Conservación y Aprovechamiento Restringido, en esta categoría entran las zonas de manglar o bosque mesófilo de montaña. Asimismo el Artículo 23 del Reglamento (Capítulo II, Sección I), hace referencia a los programas de manejo forestal, donde los manglares entran en la sección de Areas de Conservación y Aprovechamiento Restringido.
- Norma Oficial Mexicana (NOM-EM-001-RECNAT-1999), la cual establece las especificaciones para la preservación, conservación y restauración del manglar, en el caso de realizar el cambio de utilización de terrenos forestales en áreas de manglar (DOF, 1999).

Una acción más para la conservación y manejo de manglares es la posibilidad de reforestación para los que es necesario considerar algunos aspectos como (Lewis 1996):

- a) Determinar la causa o las causas por las cuales los manglares han desaparecido en el área de interés.
- b) Asegurarse de que se ha resuelto la situación crítica.
- c) Si se le va a quitar o añadir material de relleno a un sitio que se va a restaurar, el diseño y el nivel final del terreno debe ser monitoreado muy cuidadosamente. El error más común que se comete en la restauración de manglares es la falta de restablecer la hidrología correcta de la marea.
- d) Se deberá revisar las variaciones de la elevación del terreno de un grupo de manglares vivos cercanos al sitio y proyecte establecer variaciones muy similares a éstas.
- e) Construcción de canales para que el agua salada pueda entrar cuando suba la marea.
- f) Asegurar que el semilleo natural siga su proceso antes de sembrar semillas o plantas de manglares. La necesidad de sembrar semillas varía de sitio a sitio.

Evitar la deforestación de estos ecosistemas debería ser un punto importante de considerar, ya que con los gastos implicados en reforestar 50 ha se puede alimentar y mantener en un estado ambiental saludable varios cientos de hectáreas de manglares y seguir obteniendo sus beneficios (Flores-Verdugo 1989). Un programa de reforestación de manglares involucra costos elevados que dependen del material vegetal usado y de las instalaciones, estos gastos pueden ir desde US \$1,140 a US \$216,130 por hectárea (Lewis 1982).

### **2.13 Evaluación de los recursos naturales mediante percepción remota**

Para entender la estructura y funcionamiento del ecosistema de manglar en un contexto holístico, es necesario estudiar efectivamente estos sistemas. Para esto resulta conveniente el uso de técnicas rápidas y de bajo costo. El uso de sensores remotos (satélite, fotografía aérea y videografía) ofrece múltiples ventajas al respecto y ya se han usado como monitores de deforestación y actividades de acuicultura en este tipo de ecosistemas, así como en inventarios con propósito de mapeo y zonación, lo que ha resultado de gran utilidad como ha sido demostrado en trabajos realizados por de la Lanza y Ramírez-García (1993), Nuñez-Farfán *et al.* (1996) Ramírez-García *et al.* (1995) Mendoza (1997) y Ramírez-García *et al.* (1998) en México y Vogelmann (1995), Aschbacher *et al.* (1995), Ramsey III y Jensen (1996), Green *et al.* (1998), Rasolofoharinaro *et al.* (1998), y Gao (1998) en otras partes del mundo.

La percepción remota es un conjunto de técnicas que permiten la obtención de información de objetos sin necesidad de establecer contacto físico con ellos (Sabins 1987). La forma original de la percepción remota lo constituyen la fotografía aérea, sin embargo es a partir del inicio de la era espacial a principios de la década de los sesentas, que se relaciona más esta herramienta con el uso de imágenes

obtenidas a partir de sensores transportados en plataformas espaciales; es en este periodo cuando esta serie de técnicas aún incipientes, adquiere formalmente la definición de percepción remota. El año de 1972 marca el inicio del uso de los satélites con fines de cartografía y evaluación de los recursos naturales (Lira 1987, Chuvieco 1990).

El principio fundamental en el que se basa este conjunto de técnicas es que la energía electromagnética, al incidir en la materia experimenta un cambio en sus propiedades básicas (intensidad, dirección, longitud de onda, polarización y fase) (Chuvieco 1990).

Los distintos elementos presentes en la superficie de la Tierra tienen modos particulares en los cuales reflejan o emiten energía, por lo que, en teoría al interpretar debidamente estos patrones de emisión y/o reflexión en distintas regiones del espectro electromagnético, se podría discernir una cantidad importante de los componentes del paisaje. Al patrón característico de interacción de un objeto con la energía electromagnética se le conoce como *firma espectral*. Sin embargo en la práctica existe una serie de factores que dificultan la identificación de los distintos tipos de cubierta del suelo por medio de sus firmas espectrales (ángulo de iluminación solar, modificaciones que el relieve introduce en el ángulo de iluminación, influencia de la atmósfera, variaciones ambientales [asociaciones vegetales, etc.], ángulo de observación).

Un aspecto más que es importante a considerar, es que por la influencia de la atmósfera hay porciones del espectro que son más difíciles de registrar por los sensores, debido a que experimentan una mayor dispersión y/o absorción por parte de algunos de los componentes de la atmósfera. Las porciones del espectro electromagnético que experimentan un menor grado estos efectos se conocen como *ventanas atmosféricas*.

### 3. ANTECEDENTES

En el ámbito mundial los trabajos relacionados con manglares se han enfocado principalmente a la descripción general del ecosistema o a sus atributos más distintivos como zonación y adaptaciones morfológicas y fisiológicas como raíces, embrión y mecanismos de eliminación de sal; en los últimos quince años han tenido un enfoque hacia cuestiones de biomasa y productividad, por lo que los aspectos de estructura, suelos, silvicultura y manejo sustentable han tenido poca consideración.

Un trabajo importante en el contexto estructural es el de Lugo y Snedaker en 1974 con los bosques de manglar en Florida, Estados Unidos (Valdés, 1991).

Con respecto a los estudios realizados en México, el bosque de manglar cuenta con un número bajo de estudios que lo han considerado como propósito central de su investigación. El primer intento por mostrar la importancia de este ecosistema, lo presentó Sánchez en 1963, al abordar en forma general la distribución, características y especies de manglar en México; haciendo especial énfasis en la contribución de éste en el crecimiento y desarrollo de la flora y fauna estuarino-lagunar. Thom (1967) considerando aspectos de zonación, se constituye como el primero en exponer que la geomorfología influye decisivamente en la expresión de este atributo, así como en la distribución de las especies y en la dinámica ecológica de establecimiento y desarrollo de las mismas en Tabasco. Vázquez-Yanes (1971) explica la zonación de los manglares en función de la marea, topografía, salinidad del agua y del suelo, en Mandinga, Veracruz.

Rico Gray (1979) llevó a cabo una evaluación de la productividad neta del manglar de La Mancha, Veracruz y López-Portillo Guzmán (1982) determinó la producción de hojas y el patrón de zonación, relacionando la vegetación con parámetros de salinidad, nivel de inundación y oxigenación en la Laguna de Mecoacán, Tabasco; mientras que Flores Verdugo (1985) cuantificó el aporte de materia orgánica por los principales productores primarios (mangles, pastos marinos y fitoplancton) en el estero de El Verde, Sinaloa. En el mismo contexto Ramírez (1987) realizó un trabajo sobre la producción de hojarasca y metabolismo estuarino en el ecosistema de manglar de la Laguna de Agua Brava, Nayarit.

Con respecto a trabajos cuyo objetivo principal radique en el conocimiento de estos bosques para el desarrollo o mejoramiento de alguna actividad económica, Hernández Baca en 1945 propone el establecimiento de una Unidad de Explotación para las regiones mangleras de la barra del río Tonalá en Veracruz y Tabasco; Rollet (1974) realizó recorridos de análisis en Sinaloa, Nayarit, Oaxaca, Chiapas y Campeche, con el fin de definir el papel de los manglares en la producción acuícola, con particular énfasis en la camaronera.

Con respecto a trabajos relacionados con cuestiones de manejo, se encuentra el realizado por Ramírez (1992) quien elaboró un trabajo sobre impacto ambiental y estrategias de manejo para los bosques de manglar con especial énfasis a la Costa Pacífico del país.

Estudios de carácter esencialmente estructural en el ecosistema de manglar son los de Lot-Helgueras *et al.* (1975) atribuyeron los cambios fisonómicos y florísticos de las especies de mangles y asociadas, al clima y a las corrientes de agua dulce en Tamaulipas y Veracruz, otros trabajos relacionados son los elaborados por Menéndez (1976) quien elaboró perfiles diagramáticos del manglar de la Laguna de Sontecomapan, Veracruz, ubicando en ellos la altura, distribución y nombre de las plantas que lo integran y Gallegos (1986) describe la estructura del río Tonalá en Veracruz y Tabasco, relacionándola con el nivel de hidrocarburos presentes en la zona.

Uno de los trabajos más recientes que involucra a la flora de Yucatán es la elaboración del Inventario Nacional Forestal Periódico 1992 - 1994, en el cual se puede observar mediante cartas los diferentes tipos de vegetación, así como la zonificación forestal para cada uno de los estados de la República; en este trabajo se reporta para el estado de Yucatán una cobertura forestal de 2 481 442 ha, de las cuales 85 930 ha (3.46%) corresponden a vegetación de manglar (SARH-UNAM 1994).

La extensión de los manglares de la península de Yucatán es pequeña sin embargo son diversos en cuanto a estructura y condiciones ambientales en que pueden desarrollarse, existen pocas referencias sobre estudios en los manglares de la península (Trejo 1986, Trujeque 1990).

Aun cuando pequeños en extensión, los manglares de la península son muy diversos en cuanto a su estructura y a las condiciones ambientales en que pueden desarrollarse. Sin embargo existe un número reducido de referencias acerca de estudios específicos sobre los manglares de la península (Trejo 1986, Trujeque 1990), los trabajos que consideran de manera general a los manglares del estado de Yucatán son: Zizumbo (1989), Trejo-Torres (1993) y Trejo-Torres, *et al.* (1993).

#### **4. JUSTIFICACIÓN**

En la península de Yucatán, los manglares son hábitat para numerosas especies que se encuentran bajo algún grado de protección. Aunado a esto, la mayor parte de la península de Yucatán no tiene flujos de agua superficial, la lluvia se infiltra rápidamente a través del material calcáreo que la conforma y corre de forma subterránea hacia el mar. Esto confiere a los manglares de la región, una estructura y una dinámica muy diferente de los manglares del resto del país. Además el desarrollo turístico y urbano de la península, durante los últimos 20 años, ha tenido un efecto negativo sobre el estado de conservación de los manglares. Los caminos y carreteras que recorren la zona costera, son construidos sin considerar los flujos de agua que alimentan a los manglares, así como la construcción de hoteles y restaurantes a lo largo de la costa han dañado y/o destruido por completo estos hábitats en algunos sitios de Yucatán y Quintana Roo (Trejo-Torres *et al.* 1993).

Dada la importancia ecológica y económica del ecosistema de manglar y a que los manglares de la península yucateca poseen características peculiares debido al sistema de circulación hidrológica que existe en esta región, además de la gran diversidad biológica y finalmente a la velocidad con que las actividades antropogénicas están disminuyendo y deteriorando estos hábitats en el estado, se planteo como un proyecto de gran relevancia el analizar los patrones de deforestación, así como la estructura fisonómica de los manglares de las comunidades de Celestún y Ría Lagartos. A su vez este proyecto se desarrolló dentro de un programa más amplio que tuvo como objetivo obtener un diagnóstico bio-socio-económico de las comunidades pesqueras del estado de Yucatán, el cual se elaboró en la Dirección General de Investigación en Procesos para el Desarrollo Sustentable del Instituto Nacional de la Pesca.

#### **5. OBJETIVOS**

##### Objetivo General

Determinar la estructura fisonómica de los manglares de Celestún y Ría Lagartos y determinar la tasa de deforestación, mediante el empleo de técnicas de percepción remota.

##### Objetivos Específicos

- Conocer la estructura de la comunidad de manglar a través de las variables de densidad, frecuencia y dominancia de cada una de las especies de manglar en Celestún y Ría Lagartos.
- Calcular el valor de importancia de las especies de manglar en Celestún y Ría Lagartos.
- Construir el perfil vegetacional del ecosistema de manglar para cada localidad.
- Obtener la cobertura forestal para distintos años y establecer la tasa de deforestación de los manglares de Celestún y Ría Lagartos, mediante el empleo de fotografías aéreas de la década de los ~~set~~ setentas y noventas.

## 6. ZONA DE ESTUDIO

### 6.1 CELESTÚN

Su nombre significa en la etimología maya "piedra pintada"; el pueblo de Celestún fue fundado en 1718 como un lugar de abastecimiento de productos marinos. A partir de 1927 se volvió una actividad importante la extracción de sal, que era enviada a Veracruz y al extranjero. Sin embargo en 1937 el área se vio afectada por un fuerte temporal que provocó la caída de esta actividad. A partir de 1980 el turismo cobró gran relevancia. Esta zona de estudio queda ubicada dentro de la Reserva Especial de la Biosfera Ría Celestún (antes Refugio Faunístico y actualmente en recategorización). Esta fue decretada en 1982 y posee una superficie de 59 130 ha. La reserva es considerada como humedal prioritario por el North American Wetlands Conservation Council (Figura 5) (Gómez-Pompa y Dirzo 1995; INEGI 1994).

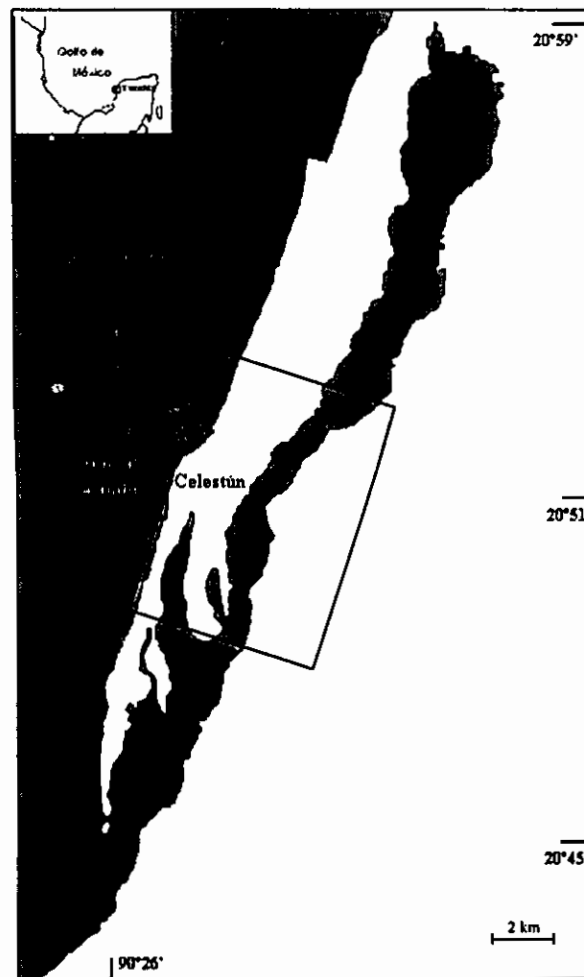


Figura 5. Mapa de ubicación de Celestún, Yucatán.  
(Tomado de Castañeda y Contreras 1995)

### 6.1.1 Clima

El clima de la región es BS1(h') w (i')g, es decir, un clima del grupo seco, con un cociente de precipitación/temperatura (P/T) mayor de 22.9; la temperatura media anual se encuentra por arriba de los 22°C. Presenta un régimen de lluvias de verano, por lo menos 10 veces mayor cantidad de lluvia en el mes más húmedo que en el más seco, con respecto a la oscilación anual de temperaturas medias mensuales esta es muy poca (entre 5 y 7°C). El mes más caliente se presenta antes del solsticio de verano (antes de junio) (García 1988) (Figura 6).

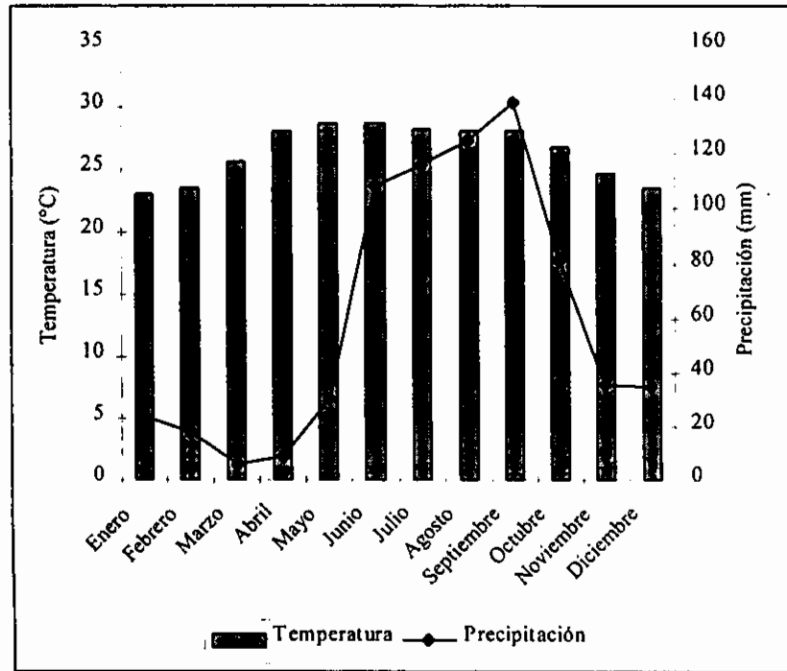


Figura 6. Gráfica que muestra el comportamiento anual de la temperatura y precipitación de Celestún, Yucatán. (García 1988).

Los vientos dominantes son del sureste y de baja intensidad (de 0 a 5 km/h), de noviembre a febrero se presentan temporales caracterizados por fuertes precipitaciones y vientos (50 a 60 km/h) asociados con frentes polares conocidos como nortes. Estas características climáticas son importantes, ya que en esta región las variaciones de temperatura son poco acentuadas por que las estaciones de secas, lluvias y nortes marcan el régimen climático de la región (Perdomo 1996).



### 6.1.2 Laguna

La laguna de Celestún se encuentra en el extremo noroeste de la Península de Yucatán, a 85 km al oeste de la ciudad de Mérida su porción norte forma parte del municipio de Celestún (Yucatán) y la porción sur del municipio de Calkini (Campeche); se localiza entre los paralelos 20°45'00'' y 20°58'00'' de latitud norte y los meridianos 90°15'00'' y 90°25'00'' de longitud oeste (Valdéz *et al.* 1988, Perdomo 1996).

Las características geológicas de la zona donde se encuentra esta laguna influyen directamente en su singular comportamiento hidrológico, ya que el aporte de agua dulce es por manantiales y no por ríos como en la mayoría de las lagunas costeras.

Este sistema costero es definido por Lankford (1977) dentro del tipo III - A, es decir, es una laguna de tipo plataforma de barrera interna (tipo III) con depresiones inundadas en los márgenes internos y al que protegen del mar barreras arenosas producidas por corrientes y olas. Batimétricamente los sistemas lagunares con esta clasificación son muy someros, excepto en los canales erosionados, modificados principalmente por procesos litorales como actividad de huracanes o vientos. La A hace referencia a que se trata de una laguna de Barrera del tipo Gilbert Beaumont, es decir, presenta una barrera arenosa externa, ocasionalmente múltiple, escurrimiento ausente o muy localizado; presenta forma y batimetría modificadas por acción de las mareas, oleajes tormentosos, arena traída por viento y presencia de corrientes locales que tienden a segmentar las lagunas, energía relativamente baja, excepto en los canales y durante condiciones de tormenta, la salinidad es variable (Contreras 1993)

La laguna de Celestún tiene una extensión aproximada de 22.5 km y un ancho medio de 1.25 km, presenta un área aproximada de 28 km<sup>2</sup>. En su parte media cruza un puente que comunica al puerto de Celestún con la carretera a Mérida. La comunicación de la laguna con el mar es permanente a través de una boca cuyo ancho es de 460 m, situada en la parte sur de la misma. Su forma es rectangular con orientación NE - SE, es somera con profundidades que van de 0.5 m en la zona interna a 3.5 m en la boca, con un promedio de 1.5 m. Un canal de mareas la recorre a todo lo largo, dicho canal es la zona navegable, en los bordes se extienden las zonas más someras que durante las mareas más bajas llegan a quedar expuestas (Batllori 1988).

La temperatura superficial es una variable sin fluctuaciones importantes durante casi todo el año, lo cual va de acuerdo al comportamiento de los cuerpos de aguas someras tropicales. Los valores mínimos corresponden a marzo (25° C) y los máximos en julio y agosto (31° C) (Valdéz *et al.* 1988).

En la laguna de Celestún se presentan fluctuaciones importantes de salinidad tanto espacial como temporalmente, debido a la comunicación permanente que existe con el mar a través de la boca, en la época de estiaje (marzo-junio) Valdéz *et al.* (1988) detectó valores altos de salinidad superficial en la parte más cercana al mar que van desde 20 partes por mil (o/oo) hasta 37o/oo frente a la boca de Celestún, e incluso valores de 10 o/oo en la época de lluvias y de 0 y 5 o/oo en aquellas zonas donde se manifiesta la entrada de

manantiales y al aporte permanente de agua dulce por el afloramiento de manantiales. Debido a la variabilidad tan marcada en este sistema la flora y la fauna deben tener un alto nivel de adaptación a las cambiantes condiciones ambientales que se originan a partir de fuentes marinas, dulceacuicolas y terrestres. El pH es neutro o ligeramente alcalino, fluctúa entre 7.6 y 9.0 y la alcalinidad total en términos generales es alta debido a los bicarbonatos y carbonatos introducidos a la laguna por los manantiales. El oxígeno disuelto presenta un amplio intervalo de variaciones desde menos de 20% a más de 170% de saturación (Valdéz 1988, Contreras 1993)

El comportamiento tan fuera de lo común en la laguna de Celestún está determinado principalmente por dos procesos físicos: el afloramiento de manantiales y la precipitación pluvial. El primero de ellos aporta a la laguna agua rica en bicarbonatos y carbonatos por el hecho de provenir de un subsuelo calcáreo lo cual hace que sea agua con elevada alcalinidad y carbonatos totales. Por otro lado está el proceso de precipitación pluvial el cual hace bajar la alcalinidad y carbonatos totales por simple dilución además de que provoca la entrada a la laguna de los ácidos (substancias húmicas y taninos) producto de la descomposición de la materia orgánica de los manglares y pantanos. (Herrera y Trejo 1991).

En cuanto a la vegetación subacuática de la laguna, según Batllori (1988) el macrofitobentos ocupa el 80% de la superficie de la misma, Las macroalgas tienen la dominancia con más del 70% de la biomasa; mientras que los pastos marinos reúnen aproximadamente el 10% de la biomasa presente.

Los productores primarios más importantes son las macrofitas. En la distribución de los pastos se puede observar a *Chara fibrosa* y *Batophora oersterdi* en la parte interna de la laguna, el resto de ésta se encuentra cubierta por densos y extensos parches de *Hulodule wrightii* y *Chaetomorpha linum* y en la parte de la boca a *Thalassia testudinum* y algas como *Caulerpa* sp. El fitoplancton está representado por *Chaetoceros* sp., *Fragillaria* sp., *Nitzschia* sp., *Globigerina* sp., estas últimas tres, se localizan principalmente hacia la boca (Perdomo 1996).

La laguna está rodeada por bosques de manglar, la producción promedio de hojarasca es de 495.2 g/m<sup>3</sup> /año y la hojarasca exportada se calcula en 344.77 g/ m<sup>3</sup> /año. La productividad primaria fitoplanctónica varía de 100 a 847 mgC/ m<sup>3</sup> /día, registrándose estos últimos durante la época de lluvias en la parte media de la laguna. (Herrera y Trejo 1991).

Con lo que respecta a la fauna del ecosistema existe una gran diversidad dentro del zooplancton, los copépodos más abundantes pertenecen al género *Acartia* (Batllori 1988). La macrofauna bentónica está representada por moluscos, crustáceos, anélidos y peces; de éstos últimos los más abundantes son: *Archosargus rhomboidalis*, *Lagodon rhomboides* y *Orthopristis cryoptera* entre otros; mientras que en la zona de manglar las especies abundantes son de la familia *Engraulidae* y *Gerridae* (Perdomo 1996).

### 6.1.3 Flora y Fauna

Celestún contiene una gran variedad de humedales; es una de las más grandes áreas de manglar en buen estado de conservación del Golfo de México; la importancia de este lugar deriva de ser un espacio de alimentación y descanso de un elevado número de aves migratorias, así como por ser uno de los sitios en México donde anida, se alimenta y reproduce el flamenco rosa, además representa un sitio clave para algunas tortugas marinas y el cocodrilo de pantano (Secretaría de Pesca 1988 y Gómez-Pompa y Dirzo 1995).

La vegetación de este sitio es en extremo compleja y diferente a la del litoral del Golfo de México. Existe una mezcla de especies halófitas, de vegetación subacuática y de bosque tropical caducifolio, con la influencia de la flora antillana y de la península de Florida; destacan los tipos de vegetación de duna costera, los peténes, tulares, pastizales y manglar donde se encuentran presentes las cuatro especies reportadas para México: *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erecta* (Gómez-Pompa y Dirzo 1995).

El manglar que se establece en la barrera se ve afectado por la competencia con la vegetación de dunas que se establece en todo el litoral aún en los rebordes de la laguna. En esta zona se presenta una comunidad de *A. germinans* con un gradiente de estructuración que tiende a disminuir hacia la boca de la laguna (Perdomo 1996); en este sitio se han identificado varios tipos de manglares: de franja marina y de lagunar, manglar de salitales, de cuenca alta, de ciénaga baja y manglares de petén; entre el 80 y 90% de la reserva está conformada por este tipo de vegetación; otro tipo de vegetación es la selva baja caducifolia, el cual resulta el tipo de vegetación más afectada por las actividades agropecuarias y desafortunadamente es el ecosistema con menor superficie en la reserva; otros tipos son la vegetación subacuática y selvas bajas inundables (Gómez-Pompa y Dirzo 1995).

Algunas especies vegetales importantes por ser endémicas o por encontrarse en algún grado de amenaza son: *Matelea yucatanensis*, *Exostema caribaeum* y *Spermacoce confusa* (que son especies que se encuentran en la duna costera solamente en Celestún); palmas como el Chi'it (*Thrinax radiata*), palma nakax (*Coccothrinax readii*), *Sabal gretheridae* y palma Kuka (*Pseudophoenix sargentii*); de las agavaceas *Beaucamea pliabilis* (considerada como amenazada a nivel regional) y finalmente el siricote (*Cordia dodecandra*) (Gómez-Pompa y Dirzo 1995).

Con respecto a la fauna de la región se conocen 107 especies de peces, 33 de mamíferos, 77 de aves, cinco de reptiles y 104 de malacofauna. De esta fauna destacan: mono araña (*Ateles geoffroyi*), tigrillo (*Leopardus wiedii*), ocelote (*L. pardalis*), jaguar (*Panthera onca*), flamenco (*Phoenicopterus ruber roseus*), boa (*Boa constrictor*), cocodrilo de río (*Crocodylus acutus*), cocodrilo de pantano (*C. moreleti*), loro yucateco (*Amazona xantholora*), garza rojiza (*Egretta rufescens*), zopilote cabeza amarilla (*Cathartes burrovianus*), cigüeña coco o Gaytan (*Mycteria americana*), halcón peregrino (*Falco peregrinus*), tucán

grande (*Ramphastos sulfuratus*), golondrina marina menor (*Sterna antillarum*), ratón cuellirifo (*Aramides axillaris*), calandria turpial (*Icterus gularis*), loro cariamarillo (*Amazona autumnalis*) y loro frentiblanca (*A. albifrons*). También destacan los moluscos terrestres de la isla de Barrera: *Polygyra cereulus carpentereana*, *Drymaeus multilineatu* y *Limulus polyphemus* (Gómez-Pompa y Dirzo 1995).

#### **6.1.4 Amenazas**

Las principales amenazas antropogénicas en la región son la contaminación de las aguas superficiales y del manto freático, ya que muy pocas casas cuentan con fosa séptica o sumideros. Los caminos y diques, así como el puente que cruza la laguna, bloquean el flujo de agua que provoca la muerte de grandes extensiones de manglares, eutroficación y azolve del estero, así como también afecta a la población de flamencos, ya que es un área de alimentación de esta especie. También resultan importantes las amenazas potenciales de contaminación por petróleo (accidentes durante carga y descarga, transporte y/o descarga de crudo), disturbios por actividades pesqueras o por extracción de sal y disturbios por accidentes turísticos. Un problema más que existe es el saqueo de huevos de tortuga y plantas (principalmente palmas) el pastoreo y la cacería furtiva (Secretaría de Pesca 1988 y Gómez-Pompa y Dirzo 1995).

#### **6.1.5 Socioeconomía**

En Celestún existen aproximadamente 4 500 habitantes, cuyo crecimiento urbano se ha dado principalmente sobre la duna costera. Las principales actividades económicas que se desarrollan en Celestún son la pesca de escama, que en 1990 absorbió el 62% de la población económicamente activa, también se realiza la producción de harina de pescado, la extracción de sal y el fileteo de pescado; en menor grado se realiza el cultivo de henequén y secundariamente el maíz y los cítricos. En cuanto a la ganadería, se desarrolla la de ganado bovino, seguido por el porcino, cría de aves de corral y complementariamente la apicultura; la producción de coco ya no puede considerarse como actividad económica importante ya que se ve afectada gravemente casi en todo el litoral yucateco por la enfermedad del amarillamiento letal. En la zona de influencia de la reserva se realiza la captura de aves ornamentales y la cacería de subsistencia (Gómez-Pompa y Dirzo 1995, Flores *et al.* 1995).

La industria de la construcción tiene un mayor desarrollo en función de la infraestructura portuaria y la arquitectura residencial de verano, la industria turística no se ha desarrollado plenamente, sin embargo recibe cierta influencia de Mérida como gran urbe y cuenta con prestadores de servicios y hospedaje. Existe un desarrollo básico de actividades ecoturísticas dentro del estuario cuyo principal atractivo son los flamencos, la avifauna en general y las visitas (Gómez-Pompa y Dirzo 1995).

## 6.2 RÍA LAGARTOS

Este territorio perteneció al cacicazgo de Ecab durante la época prehispánica, en lo que fue la provincia de Chikinchel, una de las más pobladas y ricas de la zona pues tenía el control de las salinas del estero de Ría Lagartos. Este sitio era un puerto de Chichén Itza que mantenía el intercambio de mercancías con el centro de México, Guatemala y otros puntos de Centroamérica (Figura 7) (INEGI 1994).



Figura 7. Mapa de ubicación de Ría Lagartos, Yucatán.  
(Tomado de Castañeda y Contreras 1995)

Esta zona de estudio queda ubicada dentro de la Reserva Especial de La Biosfera Ría Lagartos (antes Refugio Faunístico, actualmente en recategorización), fue decretada en 1982, con una superficie de 47 840 ha, que ocupan las localidades de San Felipe, Ría Lagartos, Las Coloradas y El Cuyo. La reserva tiene reconocimiento internacional desde 1986 por parte de la Convención sobre Humedales (Convención Ramsar); con esto Ría Lagartos pasa a formar parte de los seis humedales mexicanos (Cuatro Ciénegas, Humedales del Río Colorado, Marismas Nacionales, Pantanos de Centla y La Encrucijada) de la lista de humedales de importancia internacional que maneja la Oficina Internacional para el Estudio de Humedales y Aves Acuáticas (IWWRB) y la Unión Internacional para la Conservación de la naturaleza (UICN) (Gómez-Pompa y Dirzo 1995, Convención sobre Humedales 1971). Ría Lagartos queda localizado entre los 21° 32' y 21° 34' de latitud norte y 87° 35' y 88° 15' de longitud oeste.

### 6.2.1 Clima

El clima de la región es BSo (h')w (x')iw'', es decir, un clima del grupo seco o árido, con un cociente de precipitación/temperatura (P/T) menor de 22.9; la temperatura media anual cálida se encuentra por arriba de los 22°C y la temperatura media del mes más frío se encuentra por arriba de los 18°C. Presenta un régimen de lluvias de verano, es una región isotermal (menor de 5°C), con presencia de canícula o sequía de medio verano, (García 1988) (Figura 8).

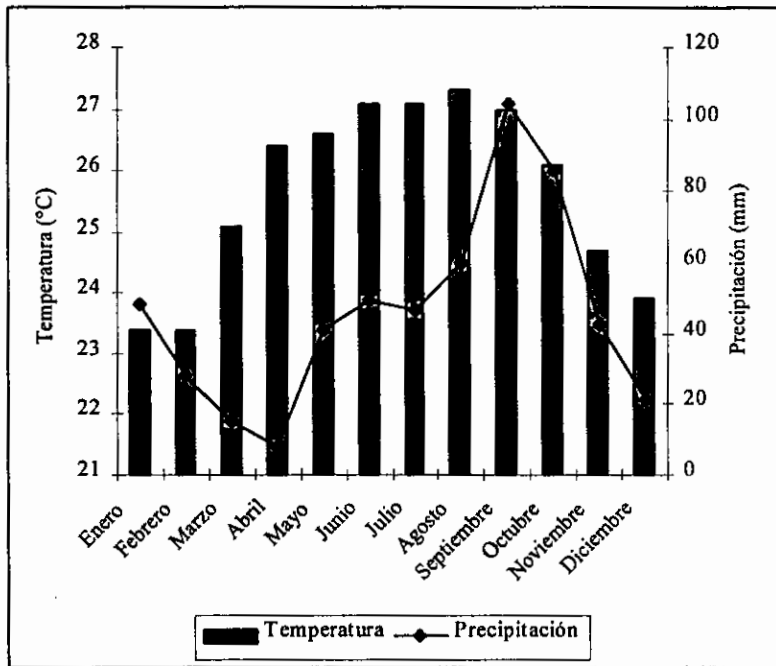


Figura 8.- Gráfica que muestra el comportamiento anual de la temperatura y precipitación de Ría Lagartos, Yucatán (García 1988).

### 6.2.2 Laguna

La laguna de Ría Lagartos se ubica, al noreste de la península de Yucatán, es una zona cárstica en la que la evaporación es casi el triple que la precipitación pluvial, por este motivo es una gran cuenca de evaporación de agua de mar, lo cual se refleja en las altas salinidades que prevalecen en su interior (Valdés y Real 1995).

La longitud del estero es de aproximadamente 80 km y su borde norte esta formado por una clásica isla de barrera producto de la depositación sedimentaria provocada por la acción de las olas y de las corrientes marinas asociadas al litoral. El borde sur y el fondo de la laguna están constituidos por el margen de la península, formado por material rocoso de carbonato sometido a procesos cársticos. El aporte de agua dulce se realiza a través del manto freático y de algunas fuentes surgentes en el fondo del estero, se comunica con el mar de manera natural a través de la boca de San Felipe y artificialmente por un canal abierto frente a la población de Ría Lagartos.

Se trata de una laguna tipo III según Lanckford, en general es somera de 0.5 a 3.0 m y por su restringido grado de comunicación con el mar tiene una escasa renovación de aguas internas, esta laguna presenta una serie de cuencas: Ría Lagartos, Las Coloradas y El Cuyo, comunicadas entre sí por los estrechos naturales de El Puente y La Angostura. En un estudio realizado por Valdés y Real entre 1994 y 1995 se observó que aún cuando el rango de marea es pequeño (46 cm) y el área transversal de la única boca es reducida (100m<sup>2</sup>), el intercambio de materiales que observaron fue de gran magnitud, ya que los

resultados indicaron que en promedio entraron diariamente a Río Lagartos  $12 \times 10^6 \text{m}^3$  de agua,  $4.5 \times 10^5$  toneladas de sal y 276 toneladas de sólidos suspendidos, el oxígeno disuelto en promedio tuvo una entrada neta a la laguna de  $39 \times 10^3 \text{m}^3/\text{día}$ , indicando un importante consumo de oxígeno en la laguna tanto en procesos de respiración como de oxidación.

En la región es típica la presencia de fuertes vientos (nortes) que ocurren de noviembre a abril, esto provoca un mayor flujo de agua menos salina dentro de la laguna, un mayor enfriamiento del agua y una mayor oxigenación (Flores *et al.* 1995).

La laguna de Río Lagartos se encuentra bajo la presión de diferentes procesos naturales y actividades humanas que combinadas con las características del clima (poca lluvia) y la geología (región cárstica), la hacen vulnerable a la eutroficación, es decir a un aumento en la disponibilidad de nitrógeno y fósforo para los productores primarios que podría acarrear efectos negativos como la anoxia (Valdés y Real 1995).

### 6.2.3 Flora y Fauna

De acuerdo con Flores *et al.* (1995) la región presenta una diversidad biológica importante que se explica por la heterogeneidad ambiental. Su situación como estación de paso y reproducción para animales migratorios aunado a su alta productividad primaria ( $1.72 \text{ g C}/\text{m}^3/\text{día}$ ). La conjunción del clima y sus características hidrológicas han conformado este sitio como un importante hábitat de aves palustres y marinas además de ser la principal zona de anidación del flamenco en México junto con Ría Celestún (Gómez-Pompa y Dirzo 1995).

Ría Lagartos es un lugar de gran interés biológico y ecológico, los resultados parciales de algunos estudios reportan más de 450 especies de vertebrados y cerca de 100 plantas vasculares, incluyendo muchas especies que se encuentran bajo protección oficial. Además es una zona ecológica crítica para la reproducción de 280 especies de aves. En la parte sur de la reserva existen algunos petenes y manantiales, que ha influido en los asentamientos de la población (Gómez-Pompa y Dirzo 1995).

De acuerdo con Rzedowski (1994) éste lugar pertenece a la provincia florística península de Yucatán, región caribeña del reino neotropical, la flora de esta región es de influencia antillana y de la península de Florida.

La fisiografía del área permite la existencia de varios tipos de hábitat caracterizados por su proximidad al mar, a la laguna o a tierra firme; con base en esta característica, la vegetación se agrupa de la siguiente forma: vegetación sumergida, duna costera, manglar, selva baja caducifolia, tular-carrizal-pastizal y petenes (Gómez-Pompa y Dirzo 1995).

En cuanto a los manglares, esta vegetación es abundante y presenta una zonación específica desde sitios más húmedos dominados por mangle rojo (*R. mangle*) y mangle blanco (*L. racemosa*), hasta menos húmedos con el mangle negro (*A. germinans*) y el mangle botoncillo (*C. erectus*). La distribución del manglar en el estero está segmentada por agrupaciones de tular-pastizal-carrizal, de selva baja caducifolia inundable, vegetación de duna costera y peténes; estas variaciones promueven el incremento de la biodiversidad (Gómez-Pompa y Dirzo 1995).

Dentro de las especies vegetales reportadas como endémicas de la Península de Yucatán, se encuentran: *Cephalocereus gaumeri*, *Mammillaria gaumeri*, *Nopalea gaumeri*, *Enriquebeltrania crenatifolia*, *Eragrostis yucatanana*, *Coccothrinax readii*, *Pseudophoenix sargentii* y *Acacia gaumeri*. Las especies vegetales que se encuentran amenazadas en la reserva son: una orquídea (*Rhynchoaelia digbyana*), las palmas nakax (*Coccothrinax readii*), chit (*Thrinax radiata*) y kuká (*Pseudophoenix sargentii*) (Gómez-Pompa y Dirzo 1995).

En cuanto a la fauna, de las 391 especies de vertebrados de la reserva, 142 son endémicas de Mesoamérica, 15 son endémicas de México y una de Yucatán. El hábitat de la mastofauna corresponde principalmente a la selva baja y selva mediana caducifolia, la cual se ha reducido del 24% de la superficie original a un 5% en la actualidad, los mamíferos que destacan en la reserva son: jaguar (*Panthera onca*), ocelote (*Leopardus pardalis*), tigrillo (*L. wiedii*), jaguarundi (*Herpailurus yagouaroundi*), mono araña (*Ateles geoffroyi*) y saraguato negro (*Alouatta pigra*) (Gómez-Pompa y Dirzo 1995).

Para la reserva se reportan 315 especies de aves, 72 de ellas migratorias y el resto residentes; esta reserva protege la zona de anidación de la mayor parte de la población de flamenco rosado (*Phoenicopterus ruber roseus*), de México. De las aves destacan: jabirú (*Jabiru mycteria*), halcón peregrino (*Falco peregrinus*) y tucán real (*Rhamphastos sulfuratus*) (Gómez-Pompa y Dirzo 1995).

En cuanto a la herpetofauna existen 50 especies definidas como abundantes en el área de las cuales destacan: serpiente mocasín (*Agkistrodon bilineatus*), boa (*Boa constrictor*) y cocodrilos (*Crocodylus acutus* y *C. moreletii*); hay cuatro especies de tortuga que arriban para desovar en la costa: tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*), caguama (*Caretta caretta*), verde (*Chelonia mydas*) y laúd (*Dermochelys coriacea*); las cuatro bajo protección especial (Gómez-Pompa y Dirzo 1995).

La ictiofauna reviste gran importancia por su valor comercial con especies como: bagre (*Arius melanopus*), posta (*Archosargus rhomboidalis*), mojarra prieta (*Cichlasoma urophthalmus*), armado (*Orthopristis crysoptera*), lisa (*Mugil* sp.) y robalo (*Centropomus ronchus*) (Gómez-Pompa y Dirzo 1995).



#### **6.2.4 Amenazas**

Las principales amenazas que se presentan en la reserva a corto plazo son el pastoreo, que ocupa aproximadamente 7 000 ha y se sigue extendiendo; mientras que las modificaciones al paisaje de la reserva derivan de la industria salinera, que entre otras acciones talan los manglares para obtener combustible para calentar las calderas; la construcción de evaporadores ha reducido las áreas de crianza de varias especies de peces y los sitios de anidación de aves (por lo tanto se disminuye la fertilización de las aguas y por consiguiente la productividad del estero). Se calcula que la actividad salinera ha destruido al menos 3 000 ha de manglar. Otras amenazas que se presentan son la cacería furtiva, el depósito de basura al aire libre y la ausencia de drenaje en los poblados interiores. El envenenamiento del flamenco y posiblemente de otras aves se da a causa de la ingestión de perdigones de plomo utilizados en la cacería de patos, además se produce la muerte de flamencos por el cableado eléctrico. El crecimiento de los poblados de San Felipe y Ría Lagartos ejercen presión sobre zonas inundables propiciando el relleno de éstas y la destrucción de zonas de manglar. Se presentan también disturbios por actividades pesqueras y turísticas (Secretaría de Pesca 1988, Gómez-Pompa y Dirzo 1995).

#### **6.2.5 Socioeconomía**

En Ría Lagartos el 63.8% de la población se ocupa en actividades del sector primario, el 11.1% al sector secundario (manufactura y producción industrial de sal) y el 20.7% al sector terciario. La pesca ribereña es la actividad económica más importante, pues proporciona ingresos a 1 000 familias aproximadamente, las especies comerciales objeto de captura son: mero, huachinango, tiburón, mojarra, chac-chi, carito, jurel, robalo, corvina, caracol, pulpo, langosta y camarón. Este tipo de pesca se realiza aproximadamente 100 días al año utilizando embarcaciones de cinco a ocho metros de eslora, con motores fuera de borda y en áreas cercanas a la costa (Gómez-Pompa y Dirzo 1995, Flores *et al.* 1995).

En esta región también se realizan algunas actividades apícolas; la ganadería ha crecido a expensas de la transformación de las selvas en potreros, aunque los terrenos sean de propiedad federal. En menor grado se establece la agricultura de temporal sobre la playa, los cocales ya se encuentran abandonados debido a la enfermedad del amarillamiento letal, registrado a partir de 1985 y que hacia 1987 casi el 80% de la plantación estaba destruida costa (Gómez-Pompa y Dirzo 1995, Flores *et al.* 1995).

## 7. MÉTODO

### 7.1 Estructura de la vegetación

#### 7.1.1. Selección de sitios

Debido a los atributos propios de este tipo de vegetación y de las condiciones particulares en que este se desarrolla además del recorrido preliminar que se realizó; el procedimiento de muestreo que se aplicó fue preferencial. La ubicación de los sitios de muestreo obedeció principalmente a: a) presencia de vías de comunicación terrestre, acuática o ambas y b) cobertura relativamente completa de la distribución de manglar cercanas al sistema lagunar (Figuras 9 y 10).

#### 7.1.2. Muestreo de la vegetación

Aunque gran parte de los trabajos realizados en este tipo de vegetación utilizan el método de "cuadrantes centrados en un punto" propuesto por Cottam y Curtis (1956) (ver Ramírez 1987, Valdez 1991, Segura 1997) en éste trabajo se utilizó el método de "Transectos Tipo Gentry", debido a que en el recorrido preliminar se aplicaron los dos métodos antes mencionados y hubo una diferencia importante en cuanto al tiempo invertido y en la actualidad se hace necesaria la aplicación de métodos más rápidos que permitan optimizar los recursos para generar el conocimiento básico de algunas áreas, cabe mencionar que los dos métodos permiten obtener las mismas medidas de desempeño ecológico como son densidad, dominancia y frecuencia relativa.

Este método (Gentry 1982) consiste en la realización de transectos de 50 m de largo con 1 m a cada lado de la línea del transecto, lo que da por resultado un área evaluada de 100 m<sup>2</sup> para cada uno. Se realizaron 10 transectos en cada una de las zonas de estudio, ya que la utilización de este método sugiere evaluar al menos la décima parte de una hectárea. La dirección de los transectos se realizó siempre perpendicularmente con relación al cuerpo de agua, tanto en la zona de barrera, como en la continental.

Las características dendrométricas que fueron evaluadas son el diámetro a la altura del pecho (DAP) es decir a una altura de 1.3 m (este atributo fue cuantificado 30 cm por arriba de la altura de las raíces "zancos" de *R. mangle*, cuando su dimensión no permitió medirlos a 1.3 m). Se registraron todos los árboles mayores a 1 cm de diámetro. Se convirtió el perímetro registrado en campo mediante el empleo de una cinta métrica a diámetro, utilizando la fórmula:

$$d = p/\pi$$

Donde:

d = diámetro

p = perímetro registrado en campo

$\pi = 3.14159$

Posteriormente estos datos se manejaron para obtener el área basal, utilizando la fórmula:

$$a = \pi d^2 / 4$$

Donde:

a = área basal

$\pi = 3.14159$

d = diámetro al cuadrado

En aquellos árboles que a la altura de 1.3 m tenían más de una rama con diámetro mayor o igual a 1 cm, se tomaron los datos de cada una de las ramas y se les dio el mismo procesamiento individual. Al tener el área basal de cada rama se realizó la suma de todas las ramas, para obtener un sólo dato de área basal para el árbol.

De manera consecutiva se realizó la separación de los datos por especies para obtener la sumatoria de área basal por especie.

Las fórmulas que se utilizaron para conocer la frecuencia, densidad y dominancia de las cuatro especies de mangle presentes en el ecosistema son las siguientes (Gentry *et al.* 1993).

$$\text{Frecuencia} = \frac{\text{número de transectos en los que ocurre una especie}}{\text{numero total de ocurrencias de todas las especies}}$$

$$\text{Densidad} = \frac{\text{número de individuos de una especie}}{\text{numero total de individuos de todas las especies}}$$

$$\text{Dominancia} = \frac{\text{área basal de una especie}}{\text{área basal total de todas las especies}}$$

Para obtener la frecuencia, densidad y dominancia relativas el resultado de la división se multiplica por 100.

El valor de importancia (V. I.) se obtiene al realizar la suma de la densidad, frecuencia y dominancia.

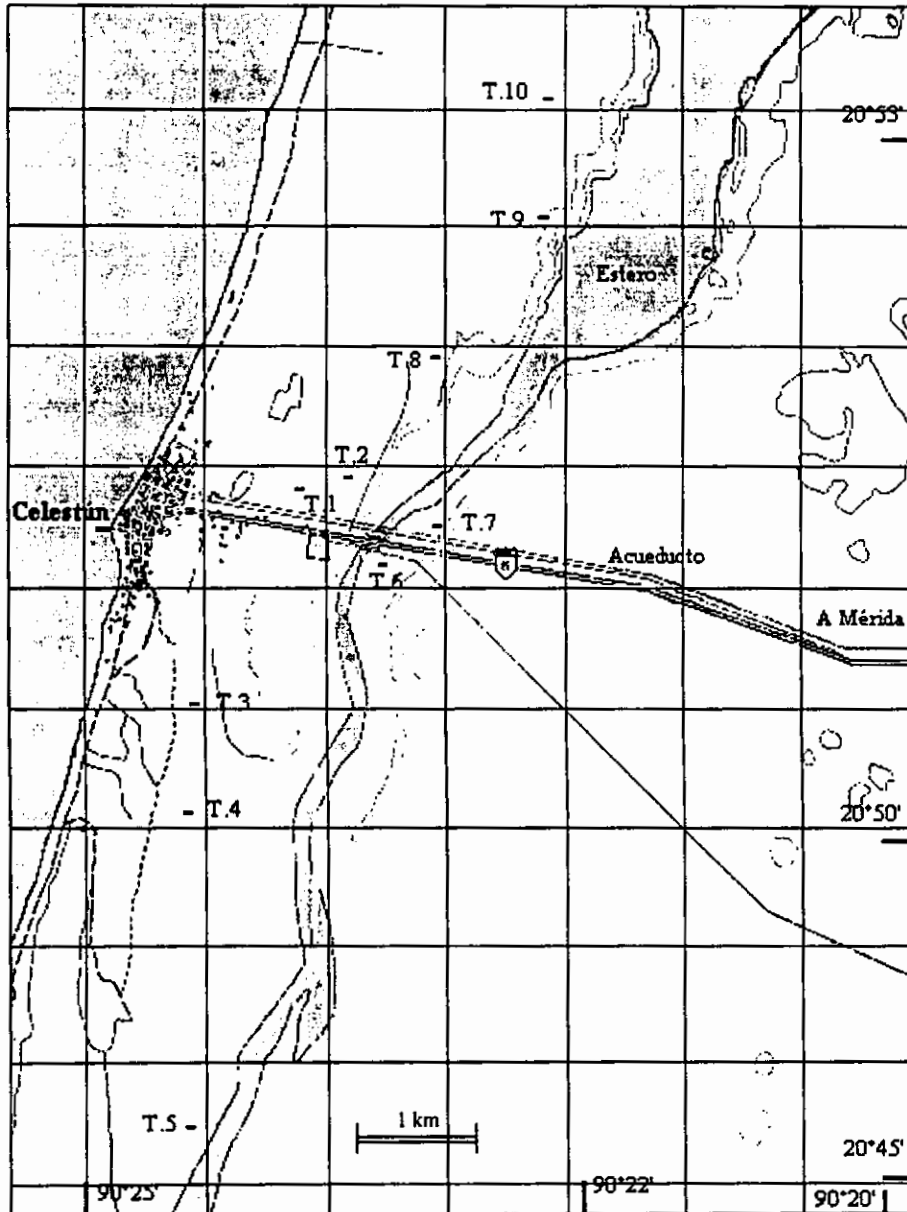


Figura 9. Ubicación de los transectos (T) que se realizaron en Celestún, Yucatán.

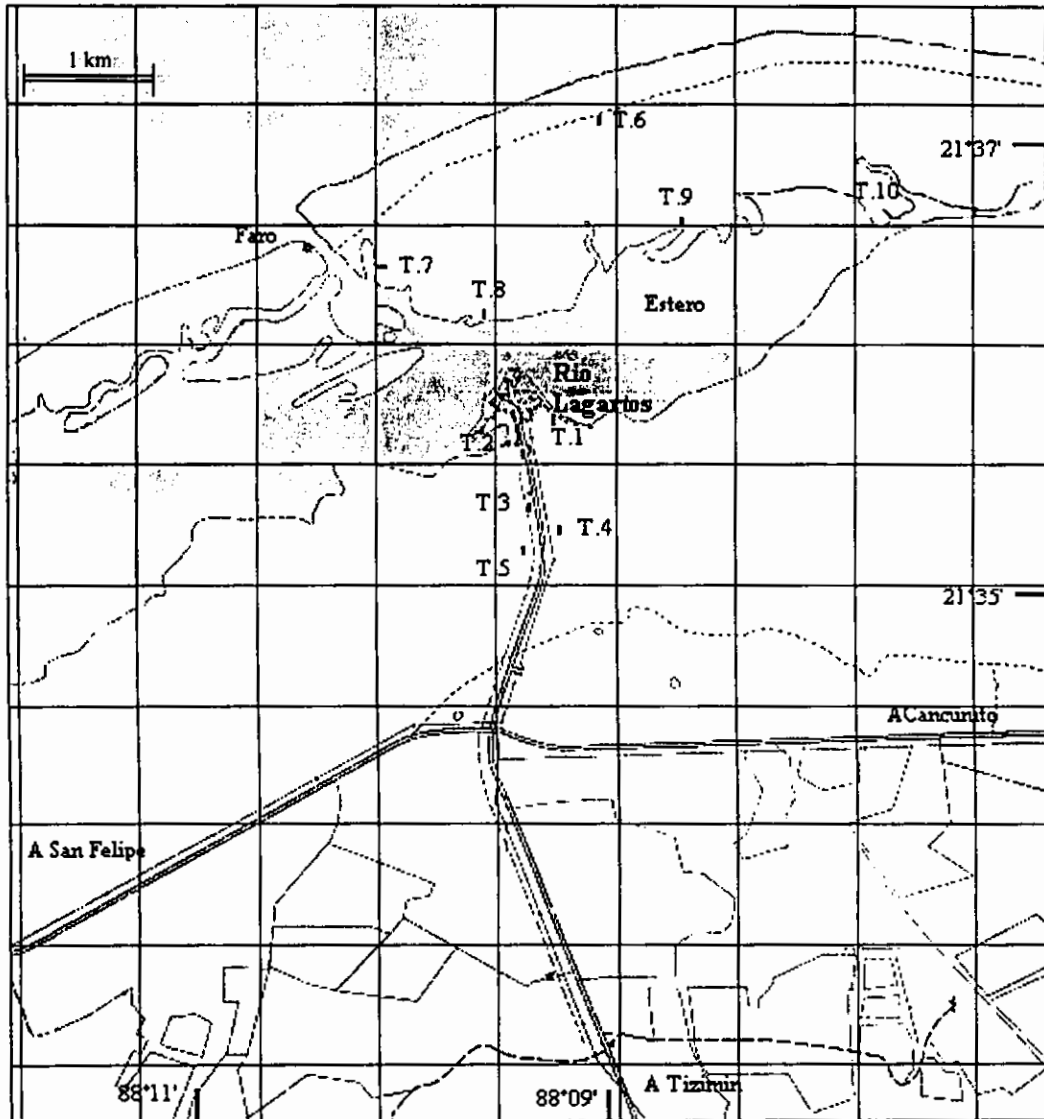


Figura 10. Ubicación de los transectos (T) que se realizaron en Ría Lagartos, Yucatán.

### **7.1.3. Representación gráfica de la estructura del manglar**

Para determinar la estructura fisonómica del bosque de mangles a nivel de sitios, se consideró el método de *Sistema de descripción fisonómico-estructural (diagrama de perfil semirealista)*: el cual es una representación donde se indican básicamente estratos, especies, altura, espaciamiento y apariencia externa de las mismas.

## **7.2. Evaluación del ecosistema mediante técnicas de percepción remota**

### **7.2.1. Material fotográfico**

Para Celestún se utilizó el juego de fotografías aéreas (23x23 cm) de 1978 con escala 1:75 000 para obtener el área inicial y las fotografías de 1998 con escala 1: 75 000 para obtener el área final. Esta caracterización se realizó mediante técnicas fotogramétricas en base al tono y textura de la fotografía, esta fotointerpretación se apoyo también con la carta topográfica F15-D58 1: 50 000, el espaciograma de Puerto Progreso F16-7 con escala 1:250 000, además de material fotográfico aéreo de la región y un recorrido preliminar por esta zona de estudio. Todo este material es elaborado por el INEGI.

Para Ría Lagartos se utilizaron las fotografías aéreas de 1971 con escala 1: 50 000 para calcular el área inicial cubierta por manglar y las de 1996 con escala 1: 75 000 para obtener el área final. La caracterización estereoscópica se apoyo con la carta topográfica F16-C26 1:50 000, el mismo espaciograma empleado para Celestún, material fotográfico aéreo y el recorrido preliminar.

### **7.2.2. Digitalización del área de manglar**

La digitalización del área de manglar se realizó sobre ampliaciones de las fotografías antes mencionadas (46x46 cm), las cuales tenían delimitada la zona de manglar en cada una, en un área de 5 km tomando como centro el asentamiento humano principal, esto con el objeto de tener áreas comparables en las fotografías. Posteriormente estas fotografías se colocaron en una tableta digitizadora (Sumagraphic) conectada a una computadora cargada con el programa ILWIS (Integrated Land and Water Management Information System, versión 1.3) que fue el que se empleo para obtener la cobertura de manglar.

En los mapas topográficos se seleccionaron diez puntos que pudieran ser localizados también en las fotografías, de los cuales se emplearon cuatro (los que en su combinación dieran la escala más aproximada a la real) para hacer la corrección geográfica de las mismas, estos puntos se registraron en UTM (Proyección Transversa de Mercator).

Estos datos se registraron como puntos de control, para comenzar a digitizar la zona de manglar de cada fotografía. Primero se crearon segmento, todos ellos bajo el nombre de manglar, ya que para efectos prácticos y suficientes para cumplir los objetivos de trabajo sólo se digitizaron las áreas de manglar.

Después de que se terminaron de digitizar todas las áreas de manglar, se procedió a verificar los segmentos antes de comenzar a poligonizar. El programa automáticamente verifica los segmentos, los cuales pudieran estar abiertos, sobrepuestos, dobles, etc. Después de que los segmentos fueron verificados se comenzó a crear y nombrar polígonos, estos fueron clasificados sólo en dos categorías: manglar y no manglar.

Una vez que las fotografías fueron digitizadas, las cuales tenían formato vectorial (cada línea y punto se almacenan como coordenadas) este fue convertido a formato raster (matriz de celdas). Posteriormente se calcula el área de manglar, el programa lo hace realizando la sumatoria de todos los polígonos que pertenezcan a una misma categoría (Palacio y Luna 1993).

### 7.2.3. Cálculo de la deforestación

Después de obtener las áreas iniciales y finales cubiertas por manglar para cada localidad, estos datos se utilizaron para calcular la tasa de deforestación del ecosistema, mediante el empleo de la fórmula propuesta por Dirzo y García (1992):

$$r = 1 - \left(1 - \frac{A1 - A2}{A1}\right)^{1/t}$$

Donde:

A1= Área de bosque en la primera fecha

A2= Área de bosque para la segunda fecha

t= Número de años entre las dos fechas

## 8. RESULTADOS

### 8.1. Estructura de la vegetación

#### 8.1.1. Celestún

El número total de individuos que se registraron en esta zona de estudio (10 transectos = 1000 m<sup>2</sup>) fue de 513 árboles, de los cuales 56 fueron menores a 1 cm de diámetro, 398 resultaron mayores a 1 cm de diámetro y 59 estaban cortados. De los árboles mayores a 1 cm de diámetro, la mayor proporción correspondieron a la especie *Avicennia germinans* con 192 árboles y *Rhizophora mangle* con 141, las otras especies se registraron en menor proporción (Tabla 1).

Los valores de densidad relativa que se obtuvieron fueron de 48.24 para *A. germinans*, 35.43 para *R. mangle* y de 10.8 para *L. racemosa*. La frecuencia relativa por especies fue de 40 para *A. germinans* y 24 para *R. mangle* al igual que para *L. racemosa*. Los valores de dominancia relativa siguieron el mismo patrón con valores de: 63.52, 28.87 y 6.92 para las mismas especies (Tabla 1).

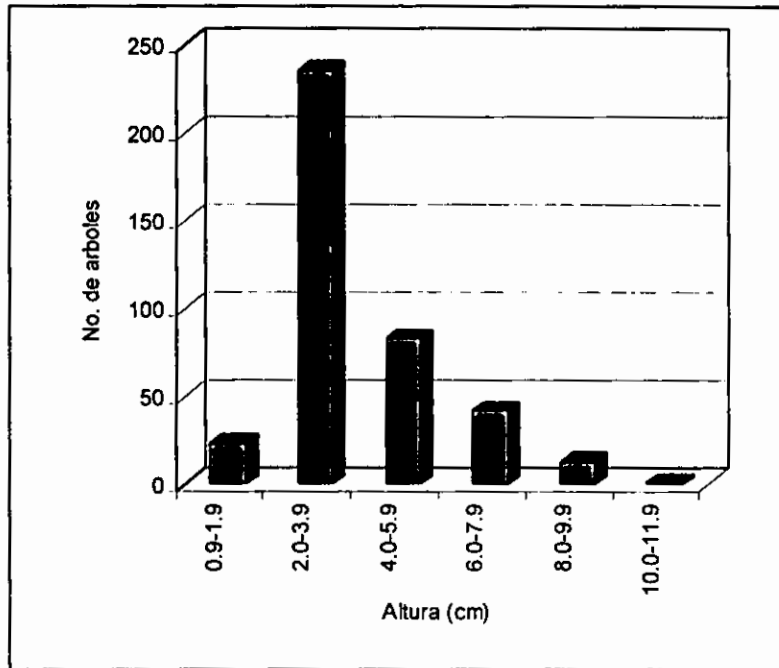
PARAMETROS ESTRUCTURALES DEL MANGLAR DE CELESTUN									
ESPECIE	NO. DE INDIVID. (0.1 ha)	ALTURA PROMEDIO (m)	DIAMETRO PROMEDIO (cm)	AREA BASAL (cm <sup>2</sup> )	DENS. REL.	FREC. REL.	DOM. REL.	V.I.	
									%
<i>A. germinans</i>	192	3.4	7.7	12215.11	48.24	40	63.52	151.76	50.58
<i>R. mangle</i>	141	4.0	5.9	5552.38	35.43	24	28.87	88.30	29.43
<i>L. racemosa</i>	43	3.2	4.6	1330.43	10.80	24	6.92	41.72	13.91
<i>C. erectus</i>	7	3.2	4.4	74.56	1.76	4	0.39	6.15	2.05
<i>B. tubiflora</i>	14	2.7	2.0	37.40	3.52	4	0.19	7.71	2.57
<i>P. keyense</i>	1	2.5	7.0	19.89	0.25	4	0.10	4.35	1.45
<b>Total</b>	<b>398</b>	<b>3.56</b>	<b>6.48</b>	<b>19229.77</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>300</b>	<b>100</b>

Tabla 1. Muestra los valores obtenidos de los parámetros estructurales de la comunidad de manglar de Celestún, Yucatán.

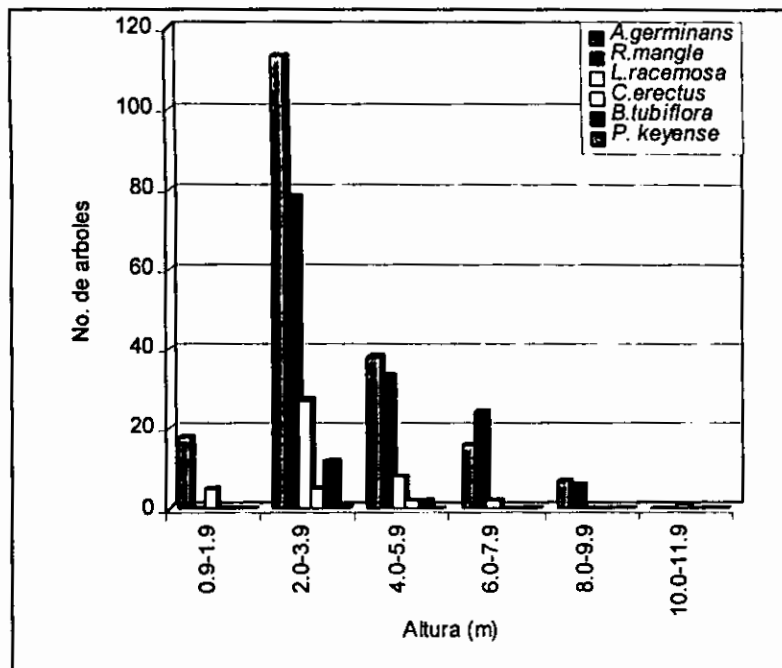
La altura promedio de los árboles para este sitio fue de 3.5 m, aunque la mayoría alcanzaron una altura entre 2.0 y 3.9 m (Gráfica 1 y 2).

Con respecto a los diámetros de los árboles del sitio, se encuentran en un rango entre 1.1 y 55.4 cm, aunque la mayoría de ellos tuvieron un diámetro entre 2.5 y 5 cm (Gráfica 3 y 4).

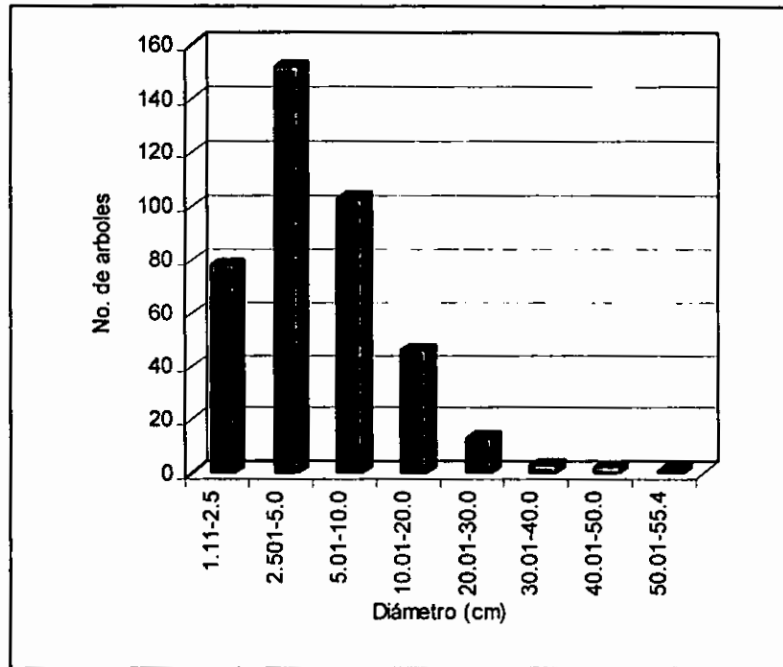




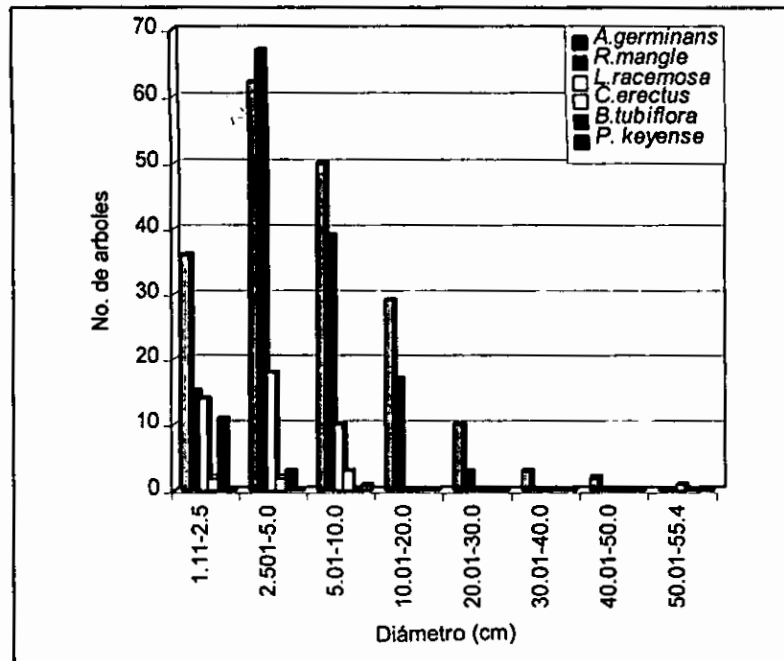
Gráfica 1.- Distribución de la altura de los árboles de Celestún, Yucatán.



Gráfica 2.- Distribución de la altura de los árboles, por especie en Celestún, Yucatán.

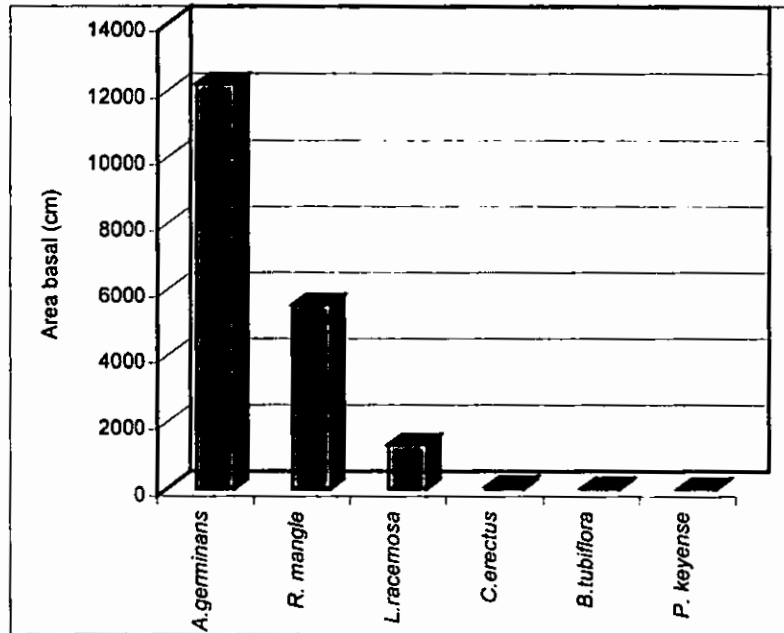


Gráfica 3.- Distribución de los diámetros de los árboles de Celestún, Yucatán.



Gráfica 4.- Distribución de los diámetros de los árboles por especie de Celestún, Yucatán

Con respecto al área basal (AB) para las especies registradas en este sitio, las tres especies con mayor área basal fueron *A. germinans*, *R. mangle* y *L. racemosa* con valores de 12215.11, 5552.38 y 1330.43 cm<sup>2</sup> respectivamente (Gráfica 5).



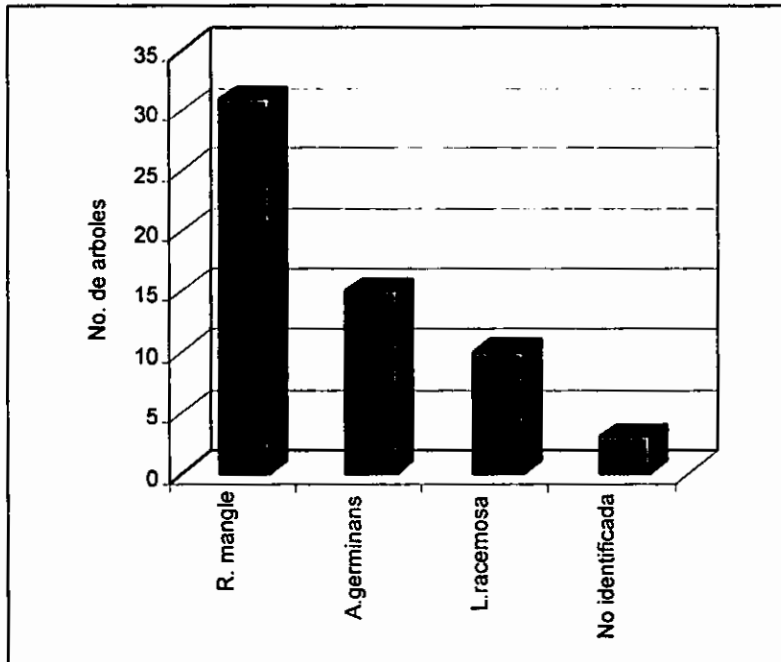
Gráfica 5.- Distribución del área basal total, por especie para Celestún, Yucatán.

Al menos en cinco transectos quedaron registradas tres especies de manglar: *A. germinans*, *R. mangle* y *L. racemosa*. Sólo en uno de los transectos se registraron seis especies: cuatro de mangle, una especie de la familia Acanthaceae (*Bravaisia tubiflora*) y una leguminosa (*Pithecellobium keyense*) (Tabla 2).

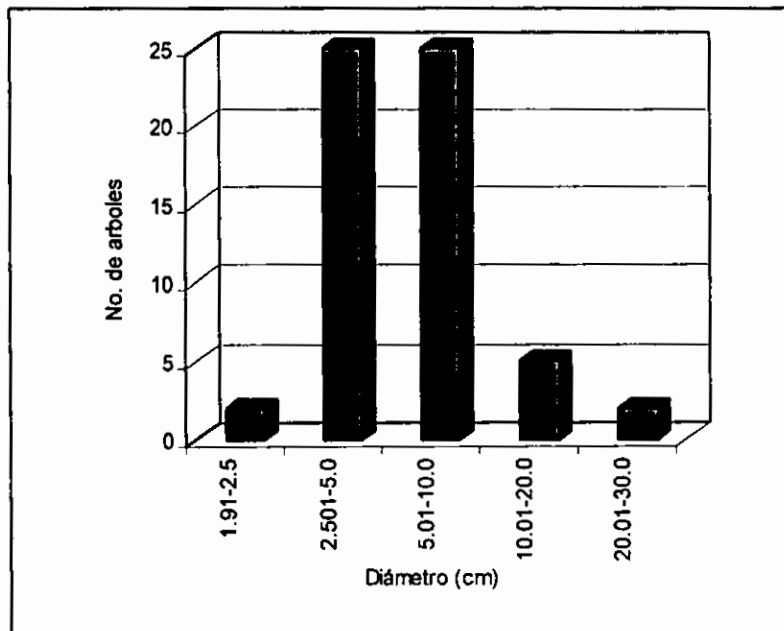
ESPECIE	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	TOTAL
<i>A. germinans</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	10
<i>R. mangle</i>	X	X				X	X	X	X		6
<i>L. racemosa</i>	X	X					X	X	X	X	6
<i>C. erectus</i>									X		1
<i>B. tubiflora</i>									X		1
<i>P. keyense</i>									X		1
TOTAL	3	3	1	1	1	2	3	3	6	2	25

Tabla 2.- Muestra las especies que se registraron en cada transecto. (se consideran sólo los árboles mayores de 1 cm de diámetro)

Otros datos que se obtuvieron son algunos valores preliminares sobre la extracción de árboles. En este sitio se registraron 59 árboles cortados, de los cuales la mayor parte correspondieron a *R. mangle* con 31 árboles (Gráfica 6). La mayor parte de ellos presentaron un diámetro entre 2.5 y 10 cm de diámetro (Gráfica 7).

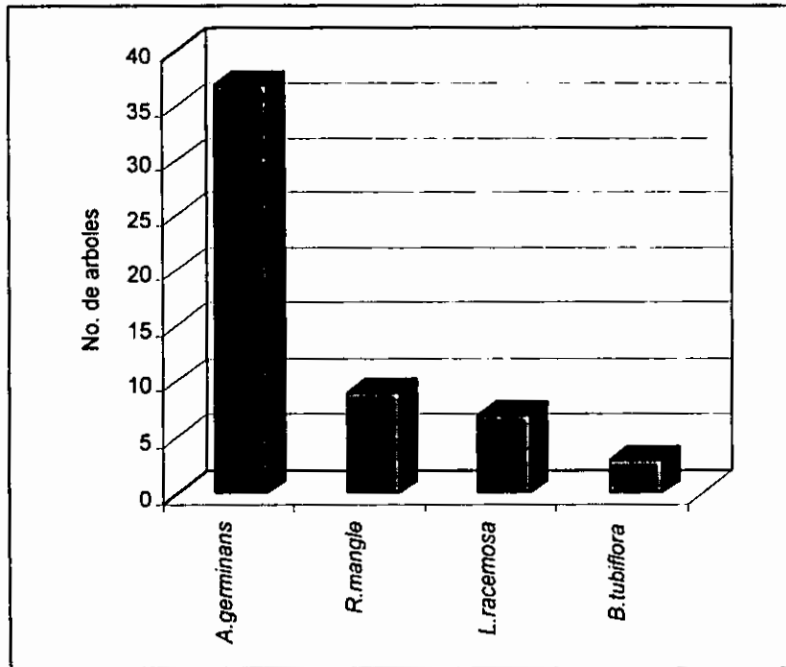


Gráfica 6.- Número de árboles extraídos por corte, por especie en Celestún, Yucatán.



Gráfica 7.- Distribución de los diámetros de los árboles extraídos por corte, Celestún, Yucatán.

Así mismo en cada transecto se registraron también árboles menores a 1 cm de diámetro, con el objeto de conocer que especies están participando en la regeneración del bosque de manglar. En este sentido se registraron 56 árboles con esta categoría, de los cuales 37 corresponden a la especie *A. germinans* (Gráfica 8).



**Gráfica 8.-** Número de árboles por especie menores a 1 cm de diámetro que se registraron en los transectos realizados en Celestún, Yucatán.

### 8.1.2. Ría Lagartos

Para esta zona de estudio, el número total de individuos que se registraron fue de 615 árboles, de los cuales 24 fueron menores a 1 cm de diámetro, 552 resultaron mayores a 1 cm de diámetro y 39 estaban cortados. De los árboles mayores a 1 cm de diámetro, la mayor proporción correspondieron a la especie *Avicennia germinans* con 272 árboles, *Rhizophora mangle* con 165 y *Laguncularia racemosa* con 109 árboles (Tabla 3).

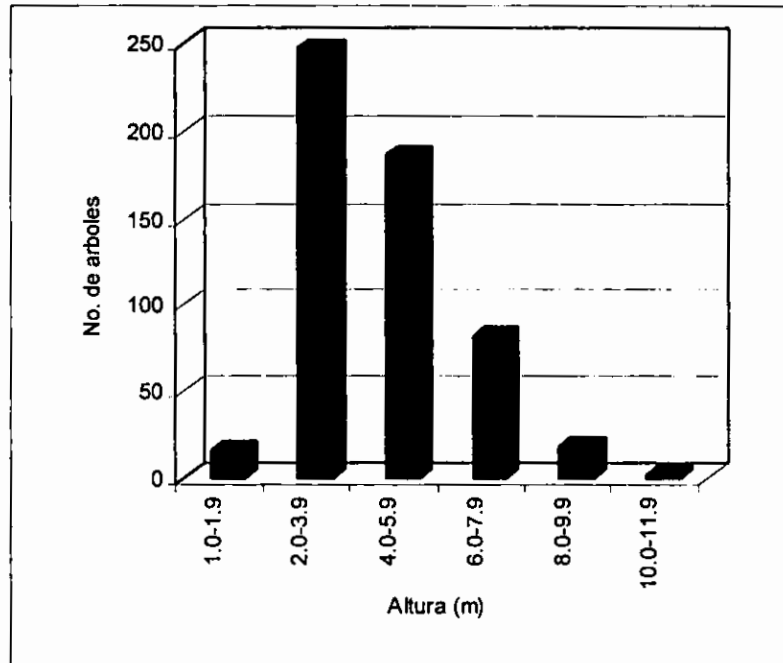
Los valores de densidad relativa que se obtuvieron fueron de 49.27 para *A. germinans*, 29.89 para *R. mangle* y de 19.74 para *L. racemosa*. La frecuencia relativa por especies fue de 34.62 para *A. germinans* y 26.92 para *R. mangle*, *L. racemosa* obtuvo un valor de 30.77. Los valores de dominancia relativa tuvieron valores de: 44.46, 27.89 y 27.55 para las mismas especies, en el mismo orden (Tabla 3).

PARAMETROS ESTRUCTURALES DEL MANGLAR DE RIA LAGARTOS									
ESPECIE	NO. DE INDIVID.	ALTURA PROMEDIO (m)	DIAMETRO PROMEDIO (cm)	AREA BASAL (cm <sup>2</sup> )	DENS. REL.	FREC. REL.	DOM. REL.	V.I.	
									%
<i>A. germinans</i>	272	3.78	7.78	12935.062	49.27	34.62	44.46	128.34	42.78
<i>R. mangle</i>	165	2.1	6.98	8115.052	29.89	26.92	27.89	84.70	28.23
<i>L. racemosa</i>	109	4.44	8.37	8015.779	19.74	30.77	27.55	78.06	26.02
<i>F. maxima</i>	5	2.0	1.85	13.767	0.91	3.85	0.05	4.81	1.60
<i>J. aurantiaca</i>	1	2.1	3.82	11.459	0.18	3.85	0.04	4.07	1.36
<b>Total</b>	<b>552</b>	<b>4.0</b>	<b>7.60</b>	<b>29091.119</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>300</b>	<b>100</b>

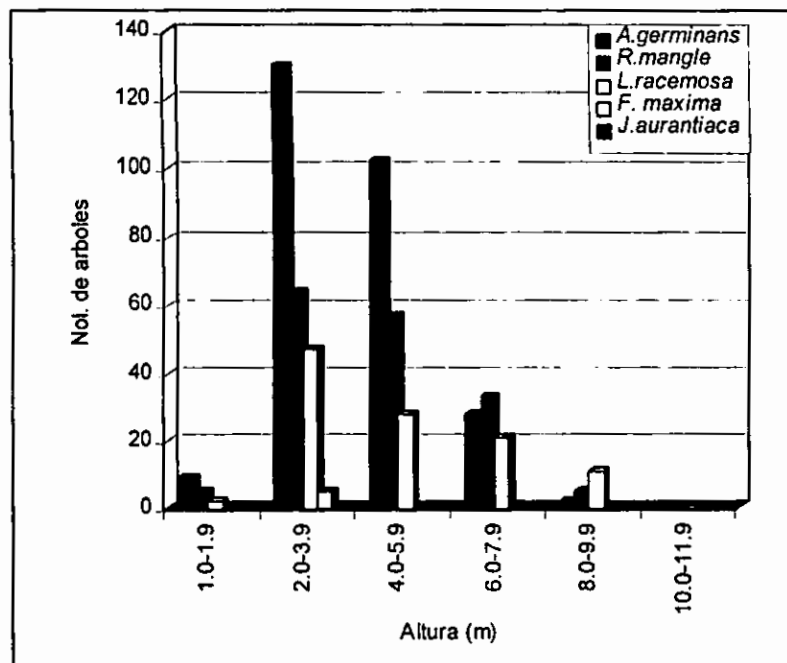
**Tabla 3.** Muestra los valores obtenidos de los parámetros estructurales de la comunidad de manglar de Ría Lagartos, Yucatán.

La altura promedio de los árboles para este sitio fue de 4.03, aunque la mayoría de alcanzaron una altura entre 2.0 y 3.9 m (Gráfica 9 y 10).

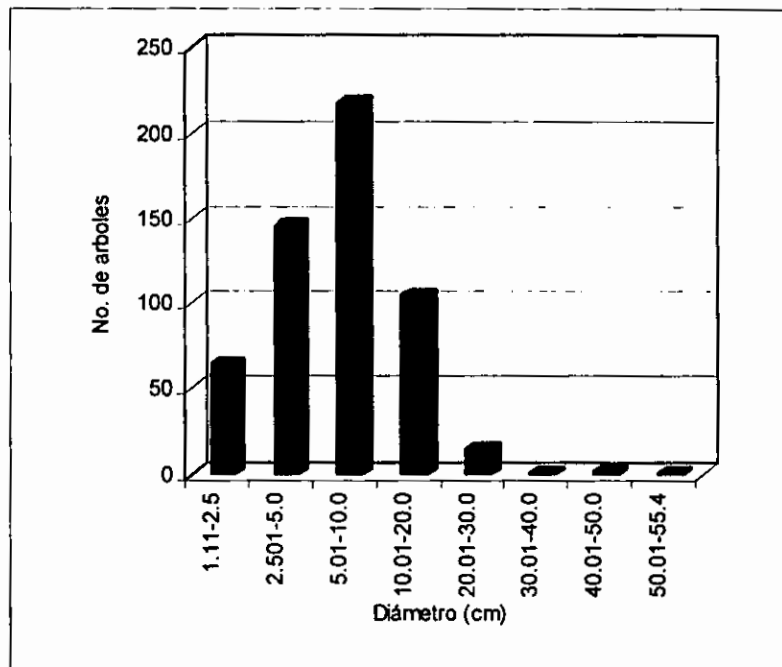
Con respecto a los diámetros de los árboles del sitio, se encuentran en un rango entre 1.1 y 55.4 cm, aunque la mayoría de ellos tuvieron un diámetro entre 5.01 y 10 cm (Gráfica 11 y 12).



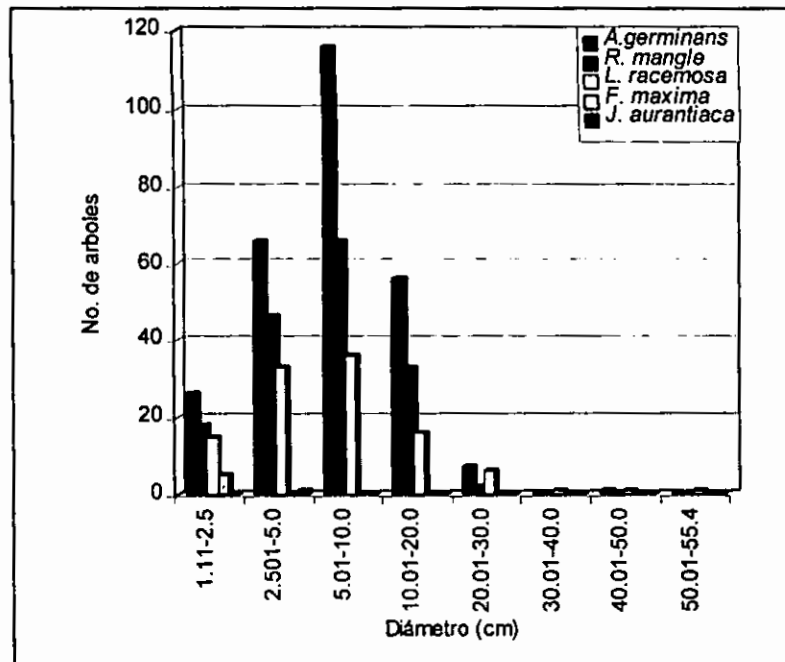
Gráfica 9.- Distribución de la altura de los árboles en la localidad de Ría Lagartos.



Gráfica 10.- Distribución de la altura de los árboles, por especie en Ría Lagartos, Yucatán.



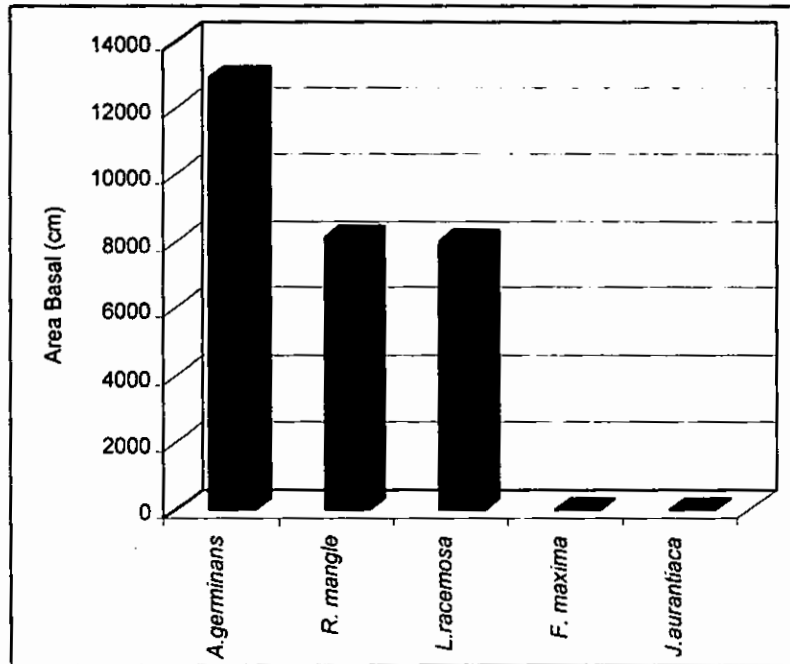
Gráfica 11.- Distribución de los diámetros de los árboles de Ría Lagartos, Yucatán



Gráfica 12.- Distribución de los diámetros de los árboles, por especie de Ría Lagartos, Yucatán



Con respecto al área basal (AB) para las especies registradas en este sitio, las tres especies con mayor área basal fueron *A. germinans*, *R. mangle* y *L. racemosa* con valores de 12935.06, 8115.05 y 8015.77 respectivamente (Gráfica 13).



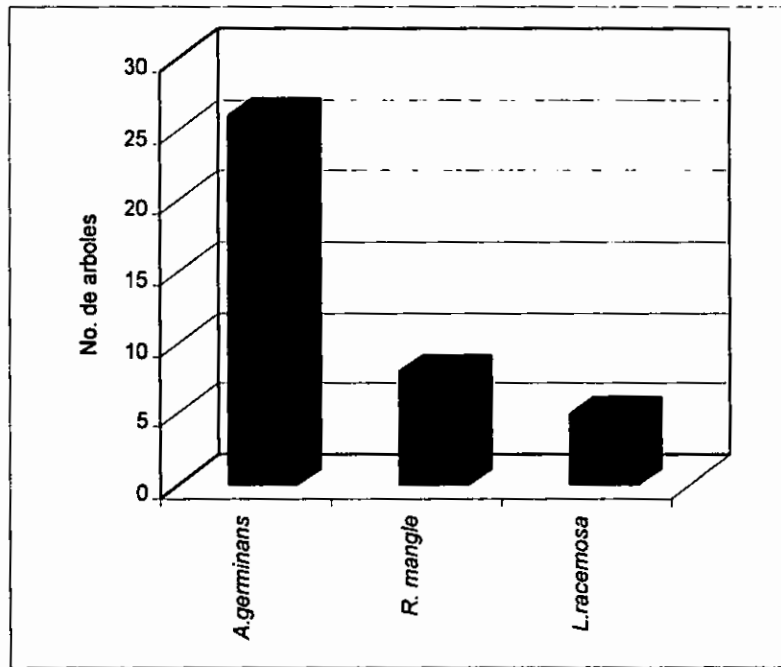
Gráfica 13.- Distribución del área basal total, por especie para Ría Lagartos, Yucatán

En seis de los diez transectos quedaron registradas tres especies de manglar: *A. germinans*, *R. mangle* y *L. racemosa*. Sólo en uno de los transectos se registraron cinco especies: tres de mangle, una especie de la familia Moraceae (*Ficus maxima*) y una de la familia Theophrastaceae (*Jacquinia aurantiaca*) (Tabla 4).

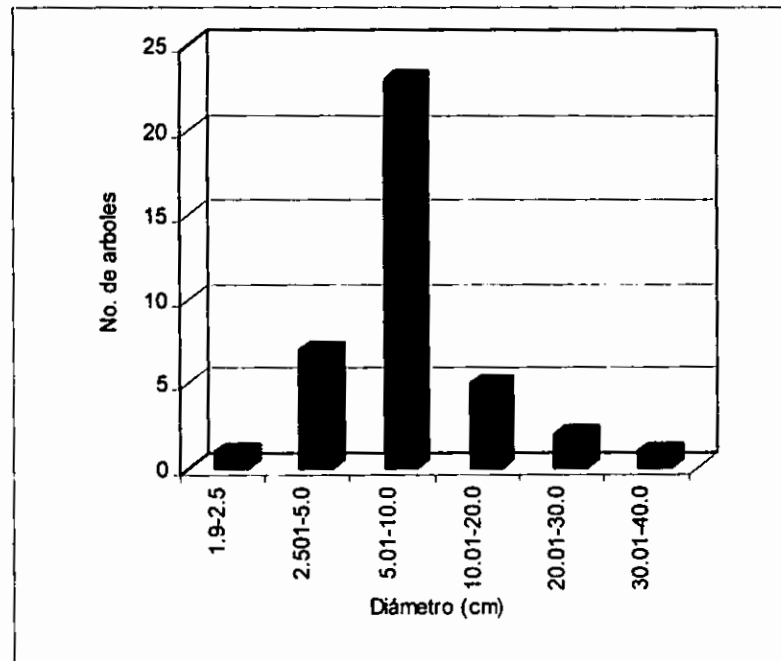
ESPECIE	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	TOTAL
<i>A. germinans</i>	X	X	X	X	X	X	X	X		X	9
<i>R. mangle</i>		X		X	X	X	X	X	X		7
<i>L. racemosa</i>		X	X	X	X	X	X	X	X		8
<i>F. maxima</i>					X						1
<i>J. aurantiaca</i>					X						1
TOTAL	1	3	2	3	5	3	3	3	2	1	26

Tabla 4.- Muestra las especies que se registraron en cada transecto. (se consideran sólo los árboles mayores de 1 cm de diámetro)

Al igual que en Celestún, otros datos que se obtuvieron son algunos valores preliminares sobre la extracción de árboles. En este sitio se registraron 39 árboles cortados, de los cuales la mayor parte correspondieron a *A. germinans* con 26 árboles (Gráfica 14). La mayor parte de ellos presentaron un diámetro entre 5.01 y 10 cm de diámetro (Gráfica 15).

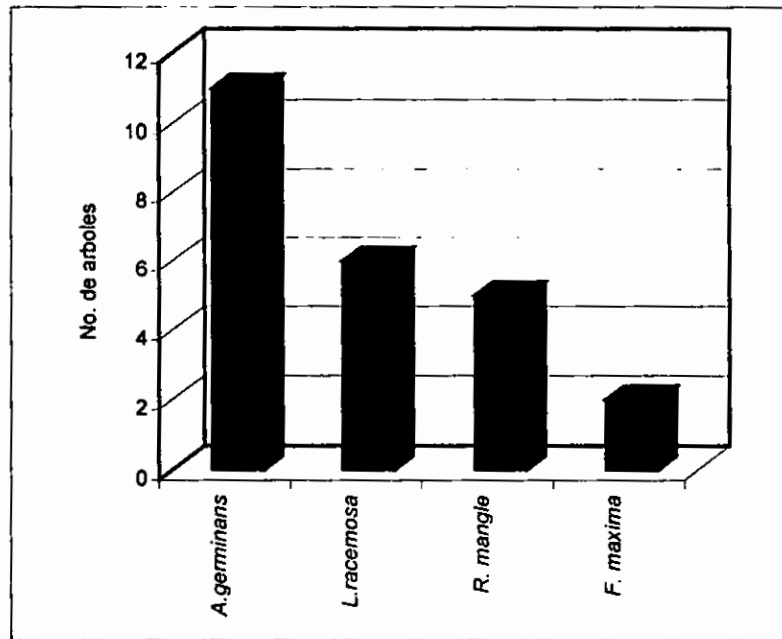


**Gráfica 14.-** Número de árboles extraídos por corte, por especie en Ría Lagartos, Yucatán.



**Gráfica 15.-** Distribución de los diámetros de los árboles extraídos por corte, Ría Lagartos, Yucatán.

Los árboles registrados menores a 1 cm de diámetro fueron 24 de los cuales 11 corresponden a la especie *A. germinans* (Gráfica 16).



**Gráfica 16.-** Número de árboles por especie menores a 1 cm de diámetro que se registraron en los transectos

Con los datos obtenidos en los transectos, se elaboraron dos diagramas de perfil semirrealista para cada localidad, los cuales se presentan a continuación (Fig. 11 a la 15).



*Avicennia germinans*



*Rhizophora mangle*



*Laguncularia racemosa*



*Conocarpus erectus*



*Bravaisia tubiflora*



*Pithecellobium keyense*



*Ficus maxima*

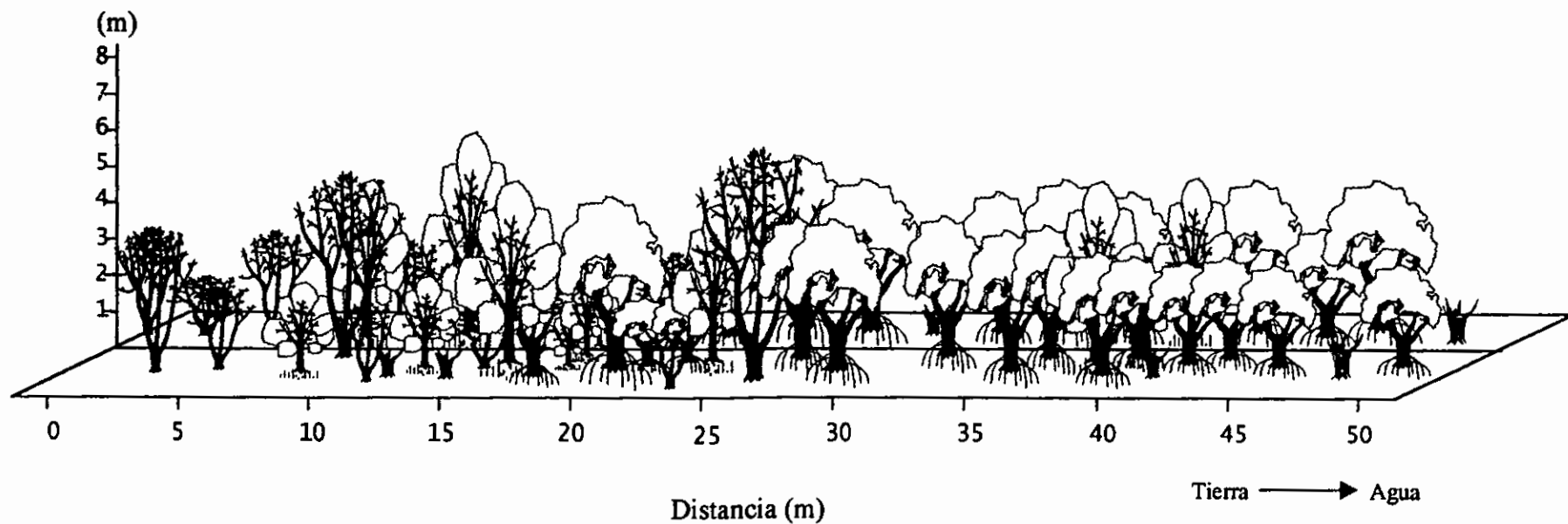


*Jacquinia aurantiaca*

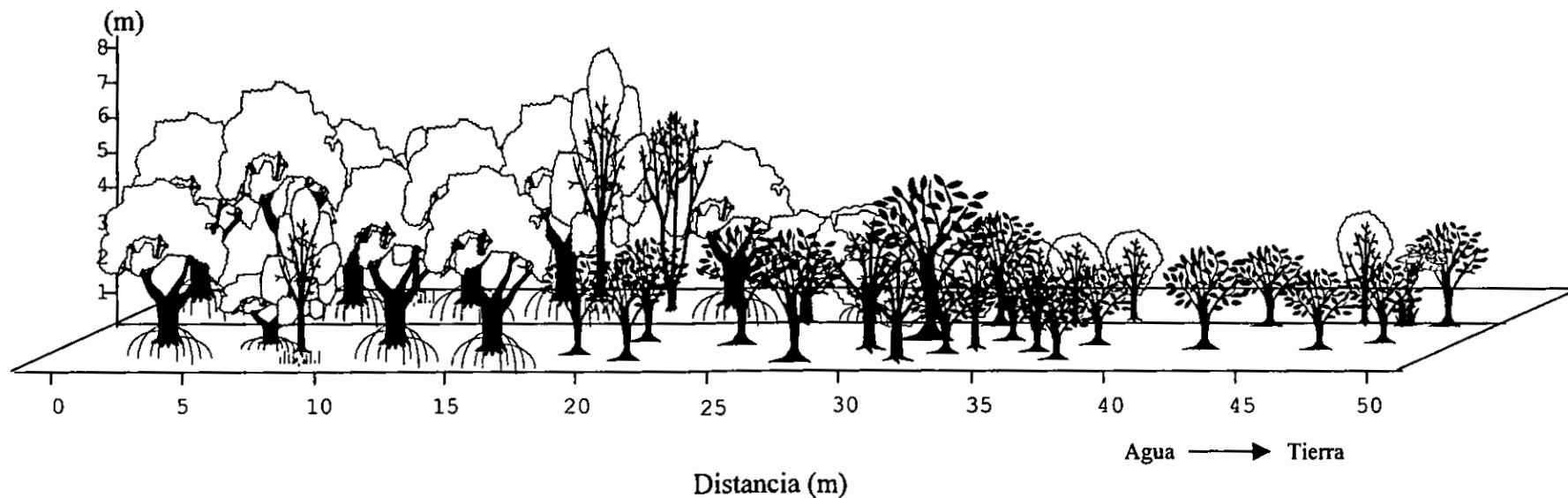


Arbol cortado

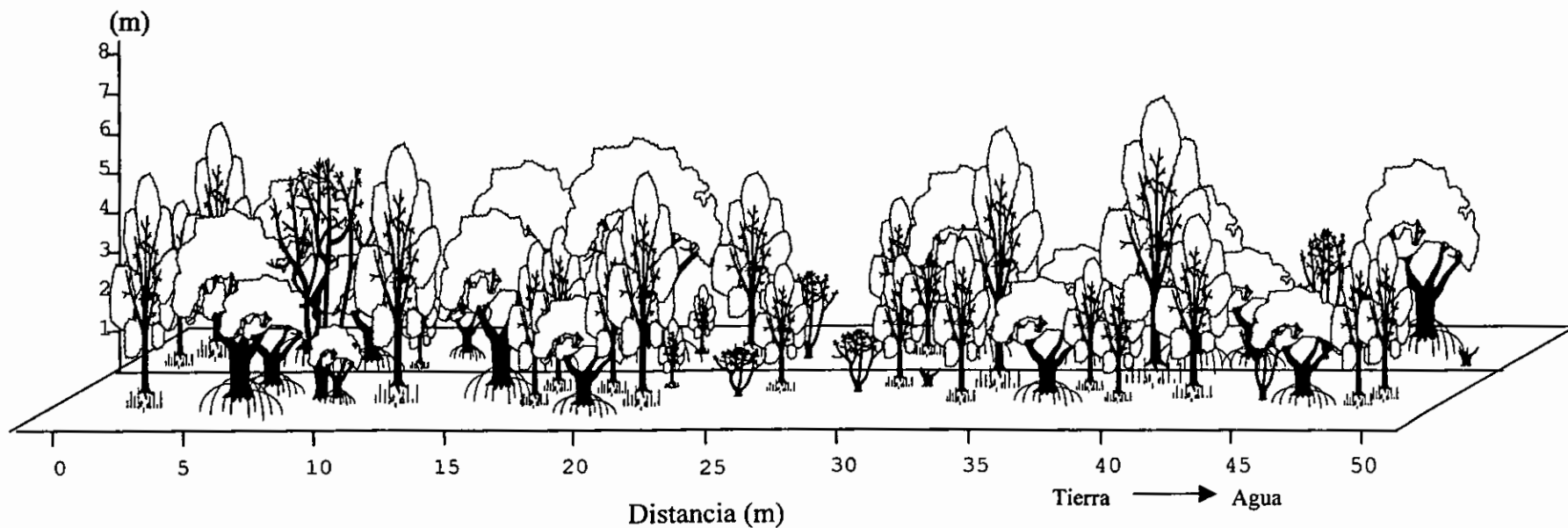
**Fig. 11.-** Símbolos utilizados para representar las especies en los transectos



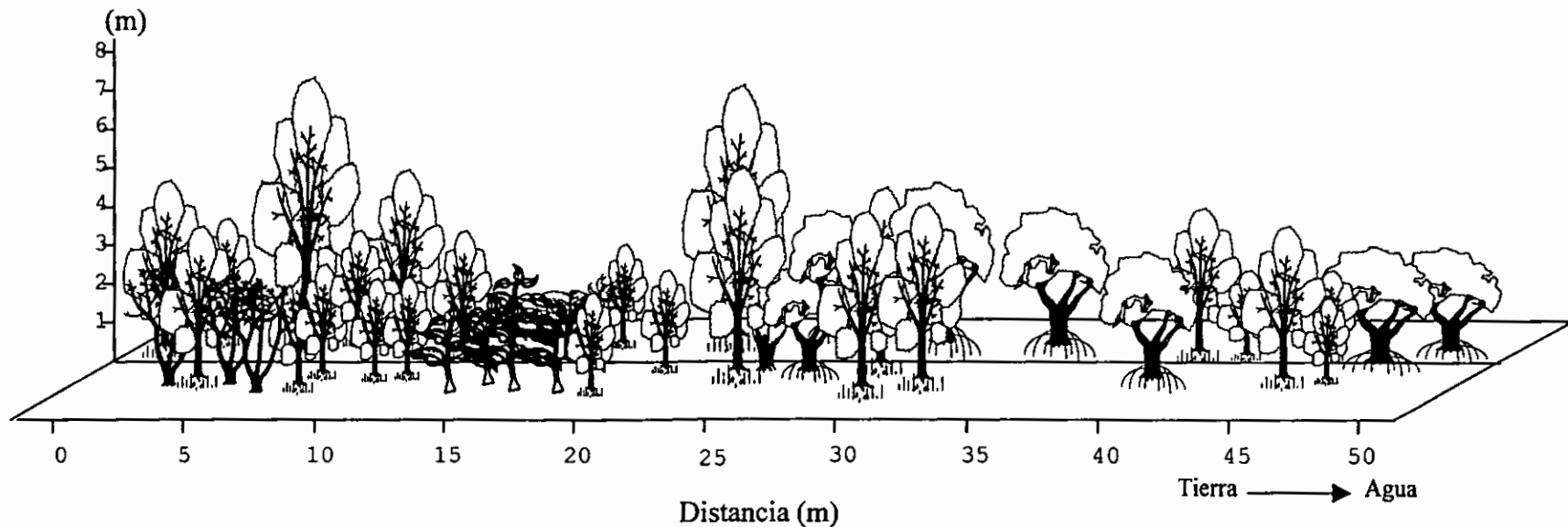
**Fig. 12.-** Transecto No. 7 de Celestún, ubicado en la parte continental. La altura promedio de los arboles en este lugar fue de 2.6 metros. En este transecto se observan tres especies de manglar de distintas alturas y algunos arboles cortados. Se puede observar una región entre los 20 y 45 metros de abundantes arboles de *R. mangle*.



**Fig. 13.-** Transecto No. 9 de Celestún, ubicado en la parte continental de la ría. La altura promedio de los arboles de este sitio fue de 3.9 metros. En este transecto se registraron las seis especies. Se observa primero una región compuesta básicamente por *R. mangle*, debido a la cercanía del cuerpo de agua, enseguida se presenta una región compuesta por *C. erectus* y *B. tubiflora*. Se observa una menor densidad a partir de los 35 m del transecto.



**Fig. 14.-** Transecto No. 4 de Ría Lagartos, ubicado en la parte continental de la ría. La altura promedio de los arboles en este lugar fue de 6.5 metros. En este transecto se observan tres especies de manglar de distintas alturas y algunos arboles cortados. No se observa ninguna distribución en especial.



**Fig. 15.-** Transecto No. 5 de Ría Lagartos, ubicado también en la parte continental de la ría. La altura promedio de los arboles de este sitio fue de tres metros. En este transecto se observan las tres especies de manglar de distintas alturas, algunos arboles cortados, *F. maxima* y *J. aurantiaca*. Tampoco se observa ninguna distribución en especial.



## 8.2. Evaluación de la deforestación

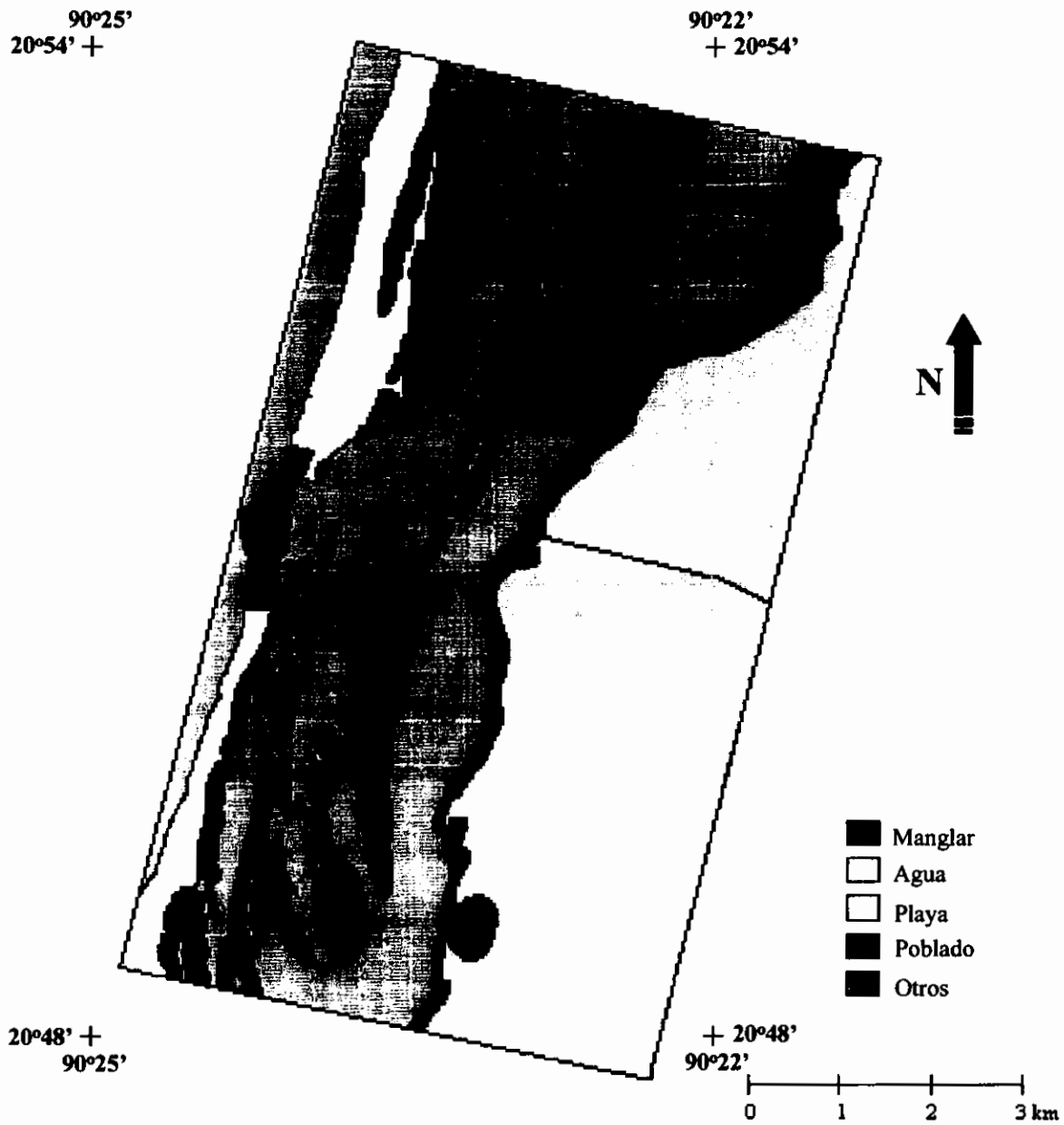
Después de digitalizar las fotografías aéreas de Celestún y Ría Lagartos en el programa ILWIS se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 5.-** Datos de cobertura de manglar en dos distintas fechas y tasa de deforestación para las localidades de Celestún y Ría Lagartos, Yucatán.

SITIO	FECHA	INTERVALO (AÑOS)	AREA CON MANGLAR (m <sup>2</sup> )	AREA CON MANGLAR (ha)	TASA DE DEFORESTACION (%)
CELESTUN	1978	20	9,670,000	967	1.49
	1998		7,160,000	716	
RIA LAGARTOS	1971	25	11,300,000	1,130	0.62*
	1996		12,200,000	1,220	

\*Este valor no representa una tasa de deforestación para Ría Lagartos ya que al menos en el área evaluada se registró un incremento del área cubierta por manglar.

Los imágenes digitalizadas a partir de las fotografías aéreas se muestran en las siguientes figuras (Fig. 16 - Fig. 19).



**Figura 16.-** Distribución del ecosistema de manglar en la localidad de Celestún en 1978.

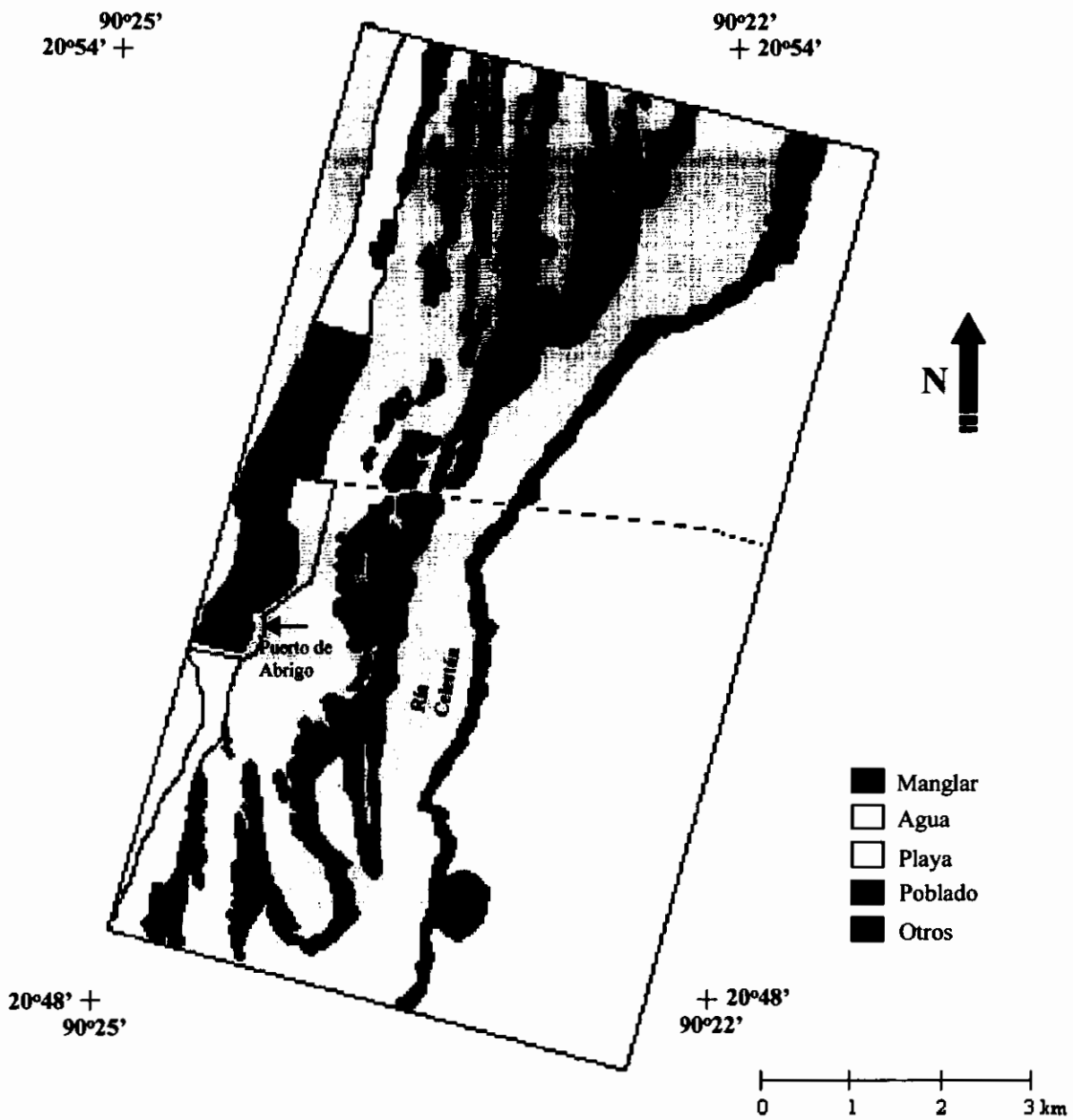
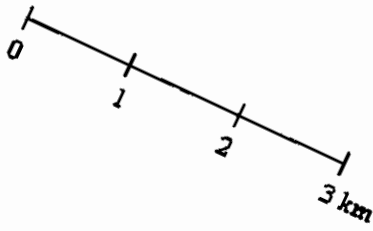


Figura 17.- Distribución del ecosistema de manglar en la localidad de Celestún en 1998.

88°11'  
21°38' +



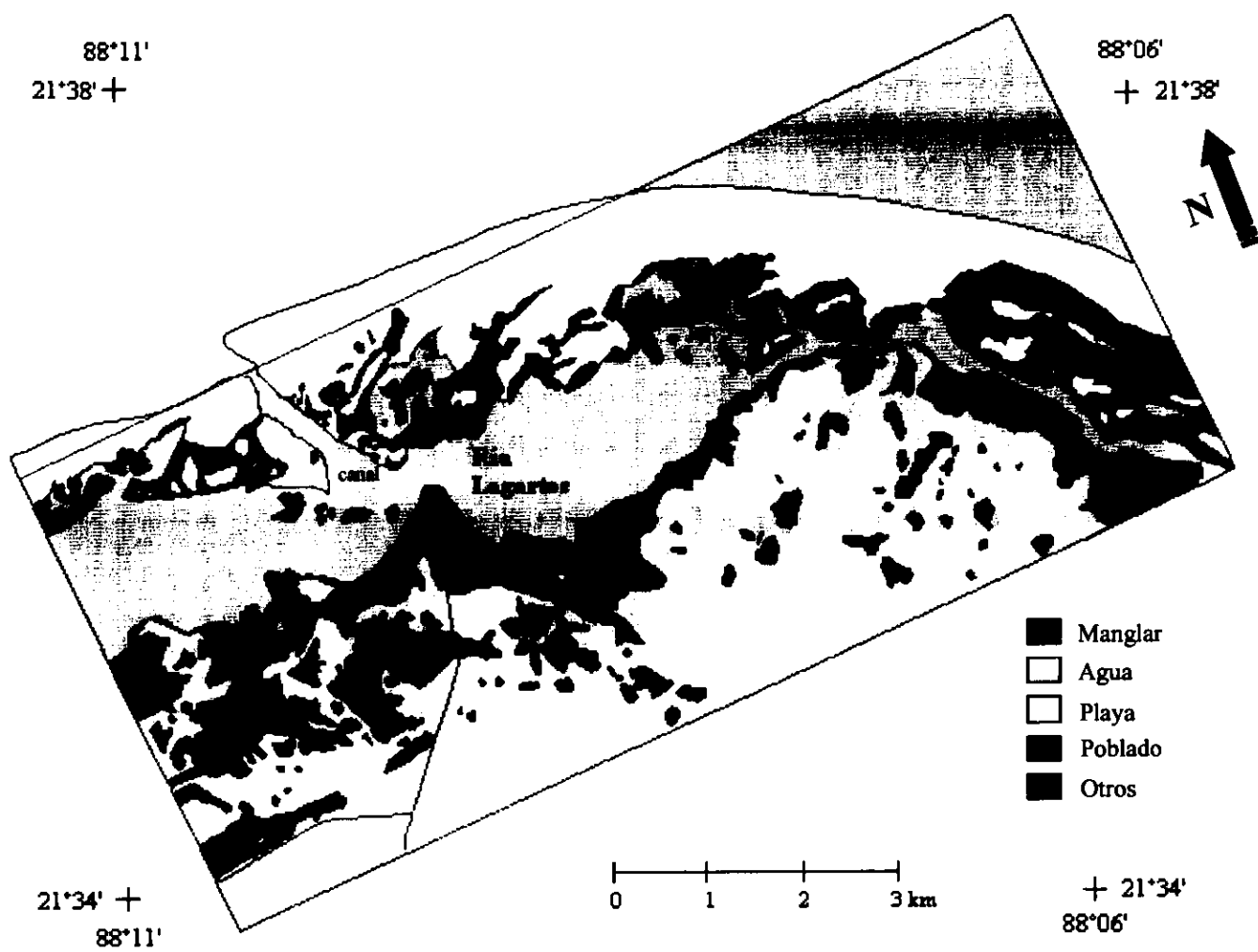
21°34' +  
88°11'



- Manglar
- Agua
- Playa
- Poblado
- Otros

+ 21°34'  
88°06'

Figura 18.- Distribución del ecosistema de manglar en la localidad de Río Lagartos en 1971.



**Figura 19.-** Distribución del ecosistema de manglar en la localidad de Ría Lagartos en 1996.

## 9. DISCUSION

### 9.1 Estructura vegetal del ecosistema de manglar

Los estudios estructurales de manglar frecuentemente suelen ser difíciles de comparar con otros estudios, por razones de divergencia en los métodos empleados y áreas evaluadas, además de las condiciones altamente variables de un manglar a otro e incluso dentro del mismo sistema. En este sentido los resultados de este trabajo serán confrontados entre los dos sitios de estudio y en lo posible se involucrarán algunas comparaciones con otros autores.

En cuanto al número total de árboles registrados para cada sitio, en Celestún se registraron 513 árboles en un área de 0.1 hectáreas, mientras que en Ría Lagartos 615 (0.1 ha), ambos datos son comparables con el número de árboles registrados en áreas de tamaño similar, obtenidos por otros autores (Pool *et al.* 1977, Nuñez-Farfán *et al.* 1996, Jiménez-Quiróz y González 1996). Cabe señalar que esta diferencia de aproximadamente 100 árboles no es significativa ( $t=1.33$ ;  $P>0.05$ ), por lo que no se puede establecer que exista mayor densidad de árboles en Ría Lagartos.

En ambos sitios se observaron las cuatro especies de manglar, aunque en Ría Lagartos *C. erectus* no se registro dentro de los transectos que se realizaron. Para los dos sitios la especie que presentó valores mayores de dominancia fue *A. germinans*, con un valor de 63.52% en Celestún y de 44.46% Ría Lagartos.

En Celestún se observó una clara dominancia de *A. germinans* con un valor de 63.52%, lo que significa que esta especie esta contribuyendo de forma importante al área basal del bosque de manglar de esta zona de estudio, aunque estos resultados pudieron haber sido distintos si se hubieran realizado transectos más largos que abarcaran todo el gradiente de distribución de manglar en el sitio, por lo que se puede establecer que *A. germinans* es la especie que ejerce mayor influencia sobre las otras especies de la comunidad, al menos para la zona evaluada dentro de ésta. La mayor densidad se registró también para *A. germinans* con un valor de 48.24%, aunque, es decir *A. germinans* esta contribuyendo con el mayor número de individuos en la comunidad de manglar de Celestún. Asimismo en esta localidad *L. racemosa* registró valores estructurales menores con una dominancia de 6.92% y 10.8 de densidad. Este es un valor por lo regular común para los manglares de México, donde predominan las especies *A. germinans* y *R. mangle*. Estos resultados también pueden ser afectados por las características de inundación propias de la zona, que pudiera estar favoreciendo las condiciones ambientales para el establecimiento y desarrollo de *A. germinans*.

Estos resultados son semejantes con los obtenidos en un estudio realizado por Nuñez-Farfán *et al.* (1996) para Celestún, pero difieren los obtenidos para Ría Lagartos, donde la especie dominante registrada para estos autores fue *R. mangle*, seguida de *L. racemosa* y *A. germinans*. Algunos autores (Pennington y Sarukhán 1998, Rzedowski 1994) mencionan que *R. mangle* es la especie de mayor distribución en los manglares de México, no obstante algunos estudios realizados, como los de Jiménez-Quiróz y González

(1996) en el manglar de la laguna de Juluapan en Colima y el de Ramírez-García *et al.* (1995) realizado en la desembocadura del Río Santiago en Nayarit, encontraron que la especie dominante es *L. racemosa*.

Una de las posibilidades que pueden explicar esto, es la ubicación de los transectos en relación con los cuerpos de agua, ya sea con el mar o con la laguna, en este caso para Celestún la mayoría de los transectos se realizaron cercanos al estero, en tanto que para Ría Lagartos, la ubicación de éstos fue en algunos casos, más tierra adentro en la parte continental (Figura 10), por lo que al intentar comparar los resultados de este y otros trabajos es conveniente conocer la ubicación de los transectos y su orientación con el respecto a los cuerpos de agua, ya que esto nos permitirá establecer de alguna forma las especies que se pueden encontrar de acuerdo a las condiciones ambientales donde su fisiología les permite desarrollarse.

Las especies de *B. tubiflora*, *P. keyense*, *F. maxima* y *J. aurantiaca* son especies que se registraron en este estudio, posiblemente debido a la cercanía de la selva baja, aunque están participando con valores muy bajos tanto de densidad, frecuencia y dominancia (Tabla 1), por lo que sus valores de importancia (V. I.) también son bajos.

En Celestún, *A. germinans* obtuvo el mayor valor de importancia (50.58%) como resultado del comportamiento de sus valores de densidad, frecuencia y dominancia, cabe mencionar que el área basal de *A. germinans* es más del doble que la especie más cercana, que es *R. mangle* (Tabla 1).

En cuanto a la distribución de las alturas de los arboles en Celestún se encuentra concentrado el mayor número en la categoría de 2.0 a 3.9 m (Gráfica 1), mientras que en Ría Lagartos se encuentran con una distribución escalonada en las categorías de 2.0 a 9.9 m (Gráfica 9) esto nos hace pensar que existe una mejor distribución de alturas y posiblemente edades en Ría Lagartos, es decir el bosque se encuentra en un continuo desarrollo, mientras que en Celestún predomina una sola clase de altura de los arboles. Cabe mencionar que en los dos sitios en la categoría de 6.0 a 7.9 m fue *R. mangle* la especie que registró un mayor número de árboles (24 en Celestún y 33 en Ría Lagartos), por lo que se puede decir que aunque no es *R. mangle* la especie dominante, sí es la especie que presenta mayores alturas. En este trabajo no se registraron arboles tan altos como los reportados por Batllori *et al.* (1997) de 12 a 14 m en el manglar de franja (distribuido en los bordes de la laguna), o como los reportados por Day *et al.* (1987) para los manglares de Laguna de Términos en Campeche, donde registró alturas promedio de 20m en Boca Chica, sin embargo encontró una altura promedio de 6 m para los árboles de Estero Pargo, también en esta Laguna.

En cuanto al diámetro de los arboles para Celestún, la mayor parte caen dentro de la categoría de 2.5 a 5.0 cm (Gráfica 3), mientras que para Ría Lagartos la mayor proporción de arboles se encuentran en la categoría diamétrica de 5.01 a 10 cm, es decir el bosque de manglar de Ría Lagartos se encuentra más desarrollado que el de Celestún, en cuanto a altura y por consiguiente de diámetros.

Al menos para Celestún la mayor proporción de árboles de la clase diamétrica de 2.501 a 5.0 cm fue *R. mangle* la que presentó un mayor número de individuos. Mientras que en Ría Lagartos la especie de *A. germinans racemosa* presentó un mayor número de árboles de esta clase de diámetro e inclusive en las siguientes (Gráficas 4 y 12).

Con respecto al área basal en Celestún (Gráfica 5), la especie que contribuye con un mayor valor de área basal fue *A. germinans*, en Ría Lagartos el área basal por lo menos para esta especie es similar (Gráfica 13) mientras que *R. mangle* y *L. racemosa* participan de forma similar y con valores importantes de área basal en la estructura del bosque de Ría Lagartos. Batllori *et al.* (1997) mencionan que en Ría Lagartos existe un clima en el que la evaporación supera a la precipitación, por lo que existe un exceso en la salinidad. Esto podría ser un factor importante que este determinando la estructura de este bosque (Tomlinson 1986).

En cuanto a las especies registradas, en Celestún fueron 6 especies, cuatro de manglar y dos que no son de manglar, las cuales se registraron posiblemente a la cercanía de otros ecosistemas. *Bravaisia tubiflora* es una especie comúnmente registrada en la vegetación de duna costera, ya que es una especie adaptada a altos rangos de salinidad y resistencia al movimiento de las olas (Batllori *et al.* 1997).

En Ría Lagartos se registraron cinco especies, tres de las cuales fueron de manglar, *C. erectus* no se registró en los transectos, aunque si se observó creciendo en algunas áreas cercanas a las casas, también se registró *Ficus maxima* y *Jacquinia aurantiaca* que son especies que se encuentra distribuida tanto en áreas de duna, matorral de duna, selva baja espinosa y manglar (Rico-Gray *et al.* 1987). Sólo en un transecto de Celestún y en uno de Ría Lagartos, se registraron todas las especies que se censaron para cada sitio, posiblemente por la ubicación de los mismos con respecto a otros ecosistemas.

Algunos datos preliminares que se obtuvieron en este estudio fueron valores sobre la extracción de árboles. Para Celestún se obtuvo un mayor número de árboles cortados (59 en 1000m<sup>2</sup>) (Gráfica 8) y en Ría Lagartos fue menor (39). Aquí hay diferencias entre las especies que se extraen, ya que en Celestún es *R. mangle* la especie que se extrae en primer lugar y en Ría Lagartos es *A. germinans*. Con respecto a los diámetros de los árboles extraídos por corte en Celestún estos se distribuyen de igual forma las categorías de 2.501- 5.0 y 10 cm (Gráfica 7), mientras que en Ría Lagartos se intensifica en la categoría diamétrica de 5.01 a 10.0 cm. Esto posiblemente hace referencia a una diferencia en el uso que se le da a la madera de mangle en cada sitio, es decir en un sitio la madera de mangle podría estar siendo utilizada para elaborar cercas de casas y charcas salineras, mientras que el otro podría estar siendo utilizada para los techos y postes de palapas.

Si bien estos resultados de extracción muestran algunas diferencias, tienen que ser corroborados y ampliados con un estudio más intensivo que tenga como objetivo la evaluación de la actividad extractiva en estos sitios. El tipo de aprovechamiento actual del manglar, es la explotación de materiales para la



construcción y esta forma de uso ha ocasionado que en Celestún y otras áreas, el manglar se vea perturbado por la constante extracción de madera. Además, este recurso es utilizado para formar los bordes de las charcas salineras, lo que ha afectado extensiones importantes de dunas y manglares. Nuñez-Farfán *et al.* (1996) identificaron a la localidad de Celestún como una de las áreas con mayor densidad de arboles cortados al nivel nacional con 350 inds./ha. Este valor se vio incrementado en este estudio con 590 ind./ha.

En los transectos realizados también se censaron los arboles menores a 1 cm de diámetro, por lo que estos datos muestran de forma preliminar, las características de los individuos que participan en la regeneración del bosque. En Celestún el número de arboles juveniles fue de 56 (en 1000m<sup>2</sup>)(Gráfica 8) y en Ría Lagartos de 24 (Gráfica 16), aquí es de notar que en los dos sitios la mayor parte de arboles de esta categoría son los de *A. germinans*, en tanto que *R. mangle* y *L. racemosa* participan de forma similar.

Estos datos al igual que los de extracción, tienen que ser mejorados y rectificados con estudios más intensivos que intenten demostrar esto, sin embargo pueden tomarse con cautela como punto de partida para algunas propuestas de manejo.

Con respecto a los diagramas elaborados, son transectos que fueron seleccionados por contener el mayor número de especies, en el transecto nueve de Celestún, se puede observar un esbozo de la zonación que se propone como clásica en los manglares, por lo que el método que se utilizó en este trabajo, también puede originar datos para establecer la estructura fisionómica del manglar.

## **9.2. Evaluación de la deforestación**

Para el caso de Celestún se puede observar en los resultados obtenidos en la evaluación de la cobertura de manglar (Tabla 5), una disminución de la cubierta vegetal de manglar a aproximadamente 716 hectáreas, en un periodo de 20 años, es decir la tasa de deforestación anual para el área evaluada es de 1.49 %. Esta tasa de deforestación obtenida contrasta notablemente con la tasa obtenida por Nuñez-Farfán *et al.* (1996), quienes obtuvieron un valor de 14.33% anual para este sitio. En parte esta diferencia puede explicarse por los materiales empleados para la evaluación, en este último caso cartas topográficas escala 1:250,000 y archivos digitales de las cartas del Inventario Nacional Forestal Periódico de 1994, generados a partir de imágenes LANDSAT TM y en el presente trabajo se utilizaron fotografías aéreas de la región con escala 1:75,000, que tienen una mejor resolución que las cartas 1:250,000 del INEGI.

No obstante la disminución registrada puede tener diferentes causas. Entre estas los diversos efectos que las comunidades humanas producen, de los cuales se pueden citar entre los principales: la deforestación y nivelación de la duna costera para preparar terrenos de construcción, dragado y relleno de zonas inundables, aumento de las zonas destinadas a actividades agropecuarias, generación de desechos sólidos y líquidos (basura, cascajo, material de dragado, drenajes y aguas residuales) y construcción de

carreteras, el más evidente en esta zona es un área importante afectada por la modificación del flujo hidrológico hacia el sistema de manglar. (Flores *et al.* 1995, Gómez-Pompa y Dirzo 1995).

La expansión del poblado, es un proceso que se puede apreciar en Celestún, donde la población humana se ha extendido más del doble en un periodo de 20 años, como se puede observar en las figuras 16 y 17, en las que se aprecia que el asentamiento humano se extendió sobre lo que anteriormente eran terrenos con vegetación de manglar. En este caso una vez que la zona de duna se satura con asentamientos humanos, estos siguen con su crecimiento, invadiendo cada vez un área mayor de zonas inundables de manglar. Además del deterioro del ecosistema, el crecimiento de la población desencadena un proceso social en el que se segrega a cierta parte de la población a zonas insalubres y marginadas (Flores *et al.* 1995). Este incremento de la población puede ocasionar una mayor extracción de árboles de manglar para diversos usos, que aunque se realiza a baja escala, se intensifica por el número de habitantes que hacen uso de este recurso.

En el estado de Yucatán, un problema significativo asociado a la creación de infraestructura, es la construcción de caminos y carreteras, ya que generalmente se construyen perpendiculares a la línea de costa y no tienen drenes ni pilotes, lo que provoca que grandes extensiones de manglar queden incomunicadas del flujo de mareas. Este estancamiento provoca la muerte progresiva y desertificación de extensas áreas de manglar (Flores *et al.* 1995). Este efecto puede observarse en los límites de la reserva de Celestún, en donde 9,125 hectáreas se han destruido, como consecuencia de la construcción de varias carreteras que han modificado la libre circulación del agua, afectando una superficie de 19,613 hectáreas (Flores *et al.* 1995 Batllori *et al.* 1997). Esta zona es conocida como “bosque pétreo” debido a la apariencia que dan los tocones de mangle muerto. Uno de los principales problemas que afectan la vegetación de manglar son los caminos que obstruyen las corrientes naturales de agua.

En este mismo sentido, la construcción del puerto de abrigo de Celestún posiblemente también afectó tanto un área reducida de duna, como de laguna y área de manglar, sin embargo esta obra pudo haber modificado las características ambientales del área de influencia de la construcción lo que provocó la pérdida de áreas de manglar adyacentes. Por lo que resulta conveniente señalar que si bien, la construcción de alguna obra de infraestructura afecta un área física cuantificable en primera instancia, a largo plazo esta afectación puede ser mucho mayor y de consecuencias desapercibidas.

Para el caso de Ría Lagartos, se obtuvo como resultado una tasa de crecimiento de la distribución del ecosistema de manglar del 0.62 %, para el área evaluada, lo que contrasta también con los resultados obtenidos por Nuñez-Farfán *et al.* (1996), quienes obtuvieron una tasa de deforestación de 4.38% anual. La explicación para esta diferencia se puede deber también por los materiales utilizados para la evaluación, así como de las dimensiones de las áreas evaluadas en cada uno de los trabajos, ya que en este estudio sabemos que es un área de 50 km<sup>2</sup>, en tanto que para el estudio de antes mencionado desconocemos este dato..

Se reporta que una de las principales amenazas que presenta este sitio a corto plazo son el pastoreo y que las modificaciones al paisaje de la reserva derivan en gran medida de la industria salinera, que entre otras acciones talan los manglares para obtener combustible para calentar las calderas, esto y la construcción de evaporadores ha reducido las áreas de crianza de varias especies de peces y sitios de anidación de diversas aves. Sin embargo, las dimensiones del área evaluada en este estudio, no permiten discernir la participación de las actividades de la salina en la distribución reciente del hábitat de manglar, ya que queda fuera del área evaluada. Debe ser regulada la industria salinera para que ambas actividades pesquera y salinera tengan un óptimo desarrollo (Flores *et al.* 1995).

Por otra parte en Ría Lagartos, durante el periodo evaluado se realizó la construcción de un canal frente a la localidad de Ría Lagartos con el objeto de que los pescadores tuvieran fácil acceso a la zona marina. Este canal probablemente cambió las características fisicoquímicas de la ría lo que favoreció la expansión de algunos sitios de manglar como ocurrió al sur del poblado, por otra parte la construcción del canal provocó una expansión de la zona de playa o al menos una acumulación notable de arena, esto por el contrario redujo la extensión de los manglares de esta zona. Aunado a esto se observa un cambio en la acumulación de sedimentos en la parte oeste del canal, lo que posiblemente puede generar nuevos sitios para la colonización de nuevos árboles de manglar.

Asimismo, se puede observar que para el año de 1971 en la parte suroeste de la zona de estudio se observa un mayor número de fragmentos, los cuales para el año de 1996, varios de estos se encuentran consolidados. Lo que de cierta manera indicaría que el establecimiento de la reserva en 1981, tuvo una influencia positiva para el bosque de manglar. Para el caso de Celestún, además de que se encontró una disminución de la cubierta vegetal de manglar, se observa también una mayor fragmentación lo que impide que los procesos físicos y biológicos se mantengan.

En Yucatán uno de los conceptos más generalizados, es el de suponer que realizar un dragado que conecte a los manglares con el mar producirá un "saneamiento" de la cienega. Sin embargo esta generalización puede traer consecuencias en aquellas comunidades de manglar que tienen un balance hídrico establecido. Además el depósito de los desechos del dragado al depositarlos dentro del manglar causan la muerte de los individuos ya que se interrumpe el intercambio gaseoso de las raíces aéreas y los propágulos (Flores *et al.* 1995). En Ría Lagartos se llevan a cabo actividades de dragado constante para mantener los canales de navegación dentro de la ría (Flores *et al.* 1995). Estas prácticas deben ser reguladas y realizadas mediante asesorías adecuadas para evitar procesos degenerativos del sistema.

Los efectos que producen los asentamientos humanos cerca de las zonas de manglar son diversos, entre los principales podemos citar: la deforestación y nivelación de la duna costera, para preparar terrenos de construcción, dragado y relleno de zonas inundables, generación de desechos sólidos y líquidos (basura, cascajo, material de dragado, drenajes y aguas residuales), construcción de carreteras (Flores *et al.* 1995).

Una vez que la zona de duna se satura con asentamientos humanos, estos se siguen extendiendo de manera horizontal, invadiendo cada vez un área mayor de zonas inundables de manglar. Esto además del deterioro del ecosistema, desencadena un proceso social en el que se segrega a cierta parte de la población a zonas insalubres y marginadas (Flores *et al.* 1995). Además de esto los manglares también se ven afectados por eventos naturales como los huracanes que causan una mortalidad masiva de arboles de manglar y probablemente son un factor importante para explicar en general el bajo desarrollo estructural de los manglares del Caribe (Lara-Domínguez *et al.* 1996). En este sentido cabe mencionar que para esta zona se registró el huracán Gilberto en septiembre de 1988, y fue de una magnitud considerable, este fenómeno pudo haber afectado y modificado las características de toda la zona costera yucateca y con ello la distribución de los ecosistemas naturales.

## 10. CONCLUSIONES

En las localidades de Celestún y Ría Lagartos se distribuyen las cuatro especies de manglar reportadas para México, la especie que presento mayores valores de importancia en ambos sitios fue *Avicennia germinans* lo que significa que esta especie determina de forma importante las características estructurales del bosque de manglar de los dos sitios.

La distribución de la altura de los arboles para el caso de Celestún se concentra en el rango de 2 a 3.9 m, mientras que en Ría Lagartos la altura de los arboles se encuentra distribuida desde los 2 hasta los 9.9 m por lo que se puede decir que en esta última localidad se da un desarrollo continuo del manglar, mientras que en Celestún predomina una sola clase altimétrica.

En Celestún se registró una mayor incidencia de arboles extraídos por corte, la especie más extraída en este sitio fue *Rhizophora mangle*, mientras que en Ría Lagartos fue *Avicennia germinans*. Las clases diamétricas de los arboles extraídos son diferentes para cada sitio lo cual se debe posiblemente al uso que se le da en cada localidad.

El número de arboles juveniles en las dos localidades corresponden principalmente a la especie *Avicennia germinans*, mientras que *Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa* participan con valores menores pero similares.

El área evaluada en Celestún demostró estar sometida a un proceso de deforestación para el ecosistema de manglar, originada por diversas causas, entre ellas la construcción de obras de infraestructura como carreteras y el puerto de abrigo. Aunado a esto, la expansión del asentamiento humano se está dando sobre áreas que presentan este tipo de hábitat.

En Ría Lagartos no se registró un proceso de deforestación debido a que el área evaluada no incluyó la zona donde se encuentra una industria salinera, la cual es el principal factor que amenaza a este ecosistema. Al menos en la zona de estudio se pudieron registrar algunos sitios que se han poblado de mangle y algunos otros que debido a la construcción del canal frente a la comunidad se ha dado un proceso de acumulación de sedimentos, los cuales sería conveniente evaluar para conocer si favorece la colonización por nuevos individuos de manglar, o por el contrario la sedimentación se da a una velocidad mayor que el tiempo necesario para el establecimiento de nuevas plántulas incluso en las zonas de manglar ya existentes.

El concepto global del ecosistema de manglar debe ser modificado cambiando la actitud de la gente creando conciencia a través de la divulgación, promoción y fomento de la importancia ecológica y económica del ecosistema de manglar, fomentando y supervisando los estudios de impacto ambiental, para cada región, con la finalidad de que las acciones que se efectúen en el aprovechamiento del manglar sean las más adecuadas para este ecosistema.

## 11. BIBLIOGRAFÍA

- ASCHBACHER J., OFREN R., DELSOL J. P., SUSELO T., VIBULSRESTH S. and CHARRUPAT T. 1995. An integrated comparative approach to mangrove vegetation mapping using advanced remote sensing and GIS technologies: preliminary results. *Hydrobiologia*. 295: 285 - 294.
- BATLLORI S.E. 1988. Producción secundaria en el estero de Celestún. Tesis de Maestría. Centro de Investigación y Estudios Avanzados-Unidad Mérida. México. 140 pp.
- BATLLORI S.E. 1997. Ordenamiento ecológico del territorio costero del estado de Yucatán. Fase descriptiva. Centro de Investigación y Estudios Avanzados-Unidad Mérida, PRONATURA, Yucatán. 189 pp.
- BLASCO F. 1984. Taxonomic considerations of the mangrove species. In: S. C. Snedaker and V. J. Chapman (Edit.). *The mangrove ecosystem: Research*. UNESCO. Francia. pp. 81-90.
- CASTAÑEDA O. y CONTRERAS F. (Comp.). 1995. Ecosistemas costeros mexicanos. Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad – Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa. México.
- COMISION DE DESARROLLO Y MEDIO AMBIENTE DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE. 1991. Nuestra propia agenda sobre desarrollo y medio ambiente. Banco Interamericano de Desarrollo, Fondo de Cultura Económica y Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo: México. 102 pp.
- CONTRERAS E. F. 1993. Ecosistemas costeros mexicanos. Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad – Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa. 415 pp.
- CONVENCION SOBRE HUMEDALES. 1971. Lista de Humedales de Importancia Internacional Designado por las partes contratantes. Febrero de 1998.
- COTTAM G. and CURTIS J. 1956. The use of distance measures in phytosociological sampling. *Ecology*. 37: 451-460.
- CHAPMAN V. J. 1975. Mangrove biogeography. In: Walsh G. E., Snedaker S. C. and Teas H. S. (Eds.). *Proceedings of International Symposium on Biology and management of mangroves*. University of Florida. 1: 3-22.
- CHEN R. and TWILLEY R. R. 1998. A gap dynamic model of mangrove forest development along gradients of soil salinity and nutrient resources. *Journal of Ecology*. 86: 37-51.
- CHUVIECO E. 1990. Fundamentos de teledetección espacial. Ediciones Ralp. España.
- D'CROZ L. y KWIECINSKI B. 1980. Contribución de los manglares a las pesquerías de la Bahía de Panamá. *Revista de Biología tropical*. 28 (1): 13-29.

- DAY J. W., CONNER W. H. LEY-LOU F., DAY R. H. and MACHADO N. A. 1987. The productivity and composition of mangrove forests, Laguna de Términos, Mexico. *Aquatic Botany*. 27:267-284
- de la LANZA G., RAMIREZ-GARCIA P., THOMAS Y. y ALCANTARA A. 1993. La vegetación de manglar en la laguna de Términos, Campeche. Evaluación preliminar a través de imágenes LANDSAT. *Hidrobiológica*. 3(1-2): 29-39.
- DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACION. 1994. Norma Oficial Mexicana (NOM-059-ECOL-1994) que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial, y que establece especificaciones para su protección. *Diario Oficial de la Federación* 16 de mayo de 1994. pp. 2-60.
- DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACION. 1999. Norma Oficial Mexicana NOM-EM-001-RECNAT-1999, que establece las especificaciones para la preservación, conservación y restauración del manglar. *Diario Oficial de la Federación* 16 de agosto de 1999. pp. 33-38.
- DIRZO R. and GARCIA M. 1992. Rates of deforestation in Los Tuxtlas, a neotropical area in southeast Mexico. *Conservation Biology*. 6 (1): 84-90.
- DUKE N., BALL M. and ELLISON J. 1998. Factors influencing biodiversity and distributional gradients in mangroves. *Global Ecology and biogeography Letters*. 7(1): 27-47.
- FAO. 1995. Programa de Acción para la Protección del Medio Marino Frente a las Actividades Realizadas en Tierra. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
- FIELD C. D. 1995. Impact of expected climate change on mangroves. *Hydrobiologia*. 295: 75-81.
- FLORES G. J., MANZANILLA N. S., ALDANA A. D., FUENTES D., de la CRUZ G., MENDOZA M. A., BATLLORI E., CORREA S. J., DUNHE B. E., MORALES A. L., VILLASUSO P. M. y ANDREWS S. J. 1995. Marco de Referencia para el Manejo de la Zona Costera de Yucatán. Documento Técnico No. 1. Consejo Estatal de Consultoría Ecológica. México. 89 pp.
- FLORES-VERDUGO F. J. 1985. Aporte de materia orgánica por los principales productores primarios a un ecosistema lagunar estuarino de boca efímera. Tesis Doctoral. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 191 pp.
- FLORES-VERDUGO, F. 1989. Algunos aspectos sobre la ecología, uso e importancia de los ecosistemas de manglar. Cap. 2: 21-56. En Rosa Vélez, J. de la y F. González-Farías (eds.) *Temas de oceanografía biológica en México*. Universidad Autónoma de Baja California. 337 pp.
- FROMARD F., PUIG H., MOUGIN E., MARTY G., BETOULLE J. L. and CADAMURO L. 1998. Structure, above-ground biomass and dynamics of mangrove ecosystems: new data from French Guiana. *Oecologia*. 115: 39-53.

- GAO J. 1998. A hybrid method toward accurate mapping of mangroves in a marginal habitat from SPOT multispectral data. *Int. J. Remote Sensing*. 19 (10): 1887-1899.
- GARCIA E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. México. 217 pp.
- GENTRY A.H. 1982. Patterns of Neotropical Plant Species Diversity. *Evolutionary Biology*: 1-84.
- GENTRY A.H., KEEL S. and SPINZI L. 1993. Using vegetation analysis to facilitate the selection of conservation sites in eastern Paraguay. *Conservation Biology*. 7(1): 66-73.
- GOMEZ-POMPA A. y DIRZO R. 1995. Reservas de la biosfera y otras áreas naturales protegidas de México. Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca, Instituto Nacional de Ecología y Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad. México. 159 pp.
- GREEN E. P., CLARCK C. D., MUMBY P. J., EDWARDS A. J. and ELLIS A. C. 1998. Remote sensing techniques for mangrove mapping. *International Journal Remote Sensing* 19(5): 935–956.
- HERNANDEZ F. A. y RAMIREZ F. O. 1996. Análisis de la problemática manglar-camaronicultura. Instituto Nacional de la Pesca.
- HERNANDEZ X. E. y MIRANDA F. 1988. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Xolocotzia Revista de Geografía Agrícola*. Universidad Autónoma de Chapingo. Tomo 1: 41-162.
- HERNANDEZ-BACA S. 1945. Proyecto de la Unidad Industrial de Explotación para las regiones manglaras de la Barra del Río Tonala. Tesis Profesional. Escuela Nacional de Agricultura Chapingo. México. 123 pp.
- HERRERA S. J. y TREJO F. 1991. La reserva faunística de Celestún, Yucatán, México. Res. I Congreso Latinoamericano en Administración de la Zona Costera.
- INEGI. 1994. Anuario estadístico del estado de Yucatán. México. 375 pp.
- JIMENEZ-QUIROZ M. C. y GONZALEZ O. 1996. Análisis de la estructura del manglar de la laguna de Juluapan, Col. México. *Ciencia Pesquera* No. 12.
- LANKFORD R. R. 1977. Coastal Lagoons of Mexico: Their origin and classification. In: Willey M. E. (edit.). *Estuarine Processes. Circulation sediments and transfer material in the estuary*. Academic Press. Inc. E.U.A. Vol. 11. pp. 182-215.
- LARTIGUE B.C. 1994. The value of mangrove ecosystems for fisheries and consequences of degradation. Tesis de Maestría. University of Edinburgh.
- LEWIS R. R. 1982. Mangrove forests. In: Lewis r. R. (Edit.). *Creation and restoration of coastal plant communities*. CRC Press, Boca Raton Florida. pp. 154-171.
- LEWIS R. R. 1996. Secretos revelados sobre la restauración de manglares. Servicios Ambientales Lewis, Inc. Tampa, Florida. <http://www.lewisenv.com/espsec.htm>



- LIRA J. 1987. La percepción remota: Nuestros ojos desde el espacio. Secretaría de Educación Pública. 150 pp.
- LOPEZ-PORTILLO G. J. 1982. Ecología de manglares y de otras comunidades de halófitas en la costa de la laguna de Mecoacan, Tabasco. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 160 pp.
- LOT-HELGUERAS A. y MENENDEZ F. 1977. Los manglares: Una Síntesis General. Consejo Nacional para la enseñanza de la Biología. Biología. 7(1-4): 58-62.
- LOT-HELGUERAS A., VAZQUEZ-YANES C. and MENENDEZ F. 1975. Physiognomic and floristic changes near the northern limit of mangroves in the Gulf coast of Mexico. Proceedings of the International Symposium on biology and management of mangroves,. Vol. I. Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. pp. 52-61.
- LUGO A. E. y SNEDAKER S.C. 1974. The ecology of mangroves. Annu. Rev. Ecol. Syst.,5: 39-64.
- MASERA, O., ORDOÑEZ, M. and DIRZO, R. 1997. Carbon emissions from mexican forest: current situation and long-term scenarios. Climatic Change. 35: 265-295.
- MENDOZA R. E. 1997. Análisis de la deforestación de la selva Lacandona: Patrones, magnitud y consecuencias. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 99 pp.
- MENENDEZ L. F. 1976. Los manglares de la laguna de Sontecomapan Los Tuxtlas, Veracruz. Estudio Florístico-Ecológico. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 115 pp.
- NUÑEZ-FARFAN J., DIRZO M. R., QUIJANO P. M., DOMINGUEZ P. C. y EGUIARTE F. L. 1996. Estudio ecológico de las poblaciones de *Rhizophora mangle* en México. Informe final del proyecto No. B007. Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad. 95 pp.
- PALACIO P. J. y LUNA G. L. 1993. Sistemas de Información Geográfica. Introducción al manejo del Integrated Land and Water Management Information System. Universidad Nacional Autónoma de México, International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC). Máxeco, D.F. 65 pp.
- PANNIER F. y PANNIER R. F. 1976. Manglares un enfoque fisiológico. Consejo Nacional para la enseñanza de la Biología. Biología 6(1-4): 51-57.
- PENNINGTON T. D. y SARUKHAN J. 1998. Árboles tropicales de México: Manual para la identificación de las principales especies. Ediciones Científicas Universitarias. Universidad Nacional Autónoma de México - Fondo de Cultura Económica. México, D.F. 521 pp.

- PERDOMO C. I. 1996. Análisis comparativo sobre la biología trófica de dos especies de engraulidos asociados al manglar de la laguna de Celestún, Yucatán. Tesis Profesional. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México. 37 pp.
- PNUMA 1995. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Programa de Acción Mundial para la Protección del Medio Marino frente a las actividades realizadas en Tierra. Washington, D.C. 66 pp.
- POOL D. J., SNEDAKER S. C. and LUGO A. E. 1977. Structure of mangrove forests in Florida, Puerto Rico, Mexico and Costa Rica. *Biotropica*. 9(3): 195-212.
- RABINOWITZ D. 1975. Planting experiments in mangrove swamps of Panama. In: Walsh G. E., Snedaker S. C. and Teas H. S. (Eds.). *Proceedings of International Symposium on Biology and management of mangroves*. University of Florida. Vol. 1. pp.:385-393.
- RAMIREZ-FLORES O. 1987. Producción de hojarasca y metabolismo estuarino en un ecosistema de manglar en la laguna de agua brava, Nayarit. Tesis Profesional. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 33 pp.
- RAMIREZ-FLORES O. 1992. Environmental impact and management strategies for mangrove forest, with special reference to the Pacific Coast of Mexico. Master Thesis. University of Newcastle. 140 pp.
- RAMIREZ-GARCIA P., LOPEZ-BLANCO J. and OCAÑA D. 1998. Mangrove vegetation assessment in the Santiago river mouth, Mexico, by means of supervised classification using LANDSAT TM imagery. *Forest Ecology and Management*. 105: 217-229.
- RAMIREZ-GARCIA P., OCAÑA D. Y LOPEZ-BLANCO J. 1995. Procesamiento de información LANDSAT TM y fotografía aérea para la evaluación de la comunidad de manglar en la desembocadura del río Santiago, Nayarit, México. *Memorias VII Simposio Latinoamericano de Percepción Remota, Sexta Reunión Nacional SELPER-México, Latinoamérica evaluada desde el espacio*.
- RAMSEY III E. W. and JENSEN J. R. 1996. Remote sensing of mangrove wetlands: Relating canopy spectra to site-specific data. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 62(8): 939-948.
- RASOLOFOHARINORO M., BLASCO F., BELLAN M. F., AIZPURU M., GAUQUELIN T. and DENIS J. 1998. A remote sensing based methodology for mangrove studies in Madagascar. *International Journal Remote Sensing*. 19(10): 1873-1886.
- RICO-GRAY V. 1979. El manglar de la laguna de La Mancha, Veracruz: Estructura y productividad neta. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 127 pp.

- RICO-GRAY V. 1981. *Rhizophora harrisonii* (Rhizophoraceae), un nuevo registro de las costas de México. Boletín de la Sociedad Botánica de México. 41: 163-165.
- RICO-GRAY V., PALACIOS-RÍOS M., LIRA R. y MARTÍNEZ J. 1987. La interacción estabilidad-sucesión, un ejemplo: La vegetación costera del estado de Yucatán. México. Brenesia. 28: 1-11.
- RICO-GRAY V. 1993. Origen y rutas de dispersión de los manglares: Una revisión con énfasis en las especies de América. Acta Botánica 25: 1-13.
- ROLLET B. 1974. Ecología y reforestación de los manglares de México. Informe Técnico 6. Programa de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 105 pp.
- RZEDOWSKI J. 1994. Vegetación de México. Limusa: México. 432 pp.
- SABINS F. F. 1987. Remote sensing principles and interpretations. W.H. Freeman and Company. New York.
- SAENGER P. HEGERL E. J. and DAVIE J. D. (Eds.) 1983. Global Status of Mangrove Ecosystems. By the working group on mangrove ecosystems of the IUCN Commission on Ecology in cooperation with the United Nations Environment Programme and the World Wildlife Fund. Commission on Ecology Papers Number 3. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. 88 pp.
- SANCHEZ R. M. 1963. Datos relativos a los manglares de México. Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. 12: 61-72.
- SARH-UNAM. 1994. Inventario Nacional Forestal Periódico 1992-1994. Subsecretaría Forestal y de Fauna Silvestre.
- SECRETARIA DE PESCA, 1988. Atlas del Golfo y Caribe de México. Diagnóstico ambiental. México.
- SEGURA Z. D. 1997. Análisis de la estructura del manglar y su relación con algunos parámetros ambientales en la laguna Panzacola, municipio de Acapetahua, Chiapas. Tesis Profesional. Facultad de Estudios Superiores de Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 102 pp.
- SNEDAKER S. C. and GETTER C. D. 1985. Pautas para el manejo de los recursos costeros. Research Planning Institute Incorporates. South Carolina. National Park Service. U.S. Department of the Interior.
- SUMAN D.O. 1994. El ecosistema de manglar en América Latina y la Cuenca del Caribe: Su manejo y conservación. Rosenstre School of Marine and Atmospheric Science. University of Miami and the Tinker Foundation N.Y. United States. 263 pp.
- THOM J. 1967. Geomorfología de los manglares del Delta Usumacinta y Grijalva. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. (3): 216-352.

- THOM B. 1982. Mangrove Ecology: Geomorphological Perspective. In: Clough B. (Edit.) Mangrove ecosystems in Australia. Australian National Univ. Press. Canberra. pp. 3-17.
- TOLEDO V. M. 1988. La diversidad biológica de México. Ciencia y Desarrollo. No. 81.: 17-30.
- TOMLINSON P.B. 1986. The botany of mangroves. Cambridge University Press. 413 pp.
- TREJO J. A. 1986. Estudio de la vegetación de la zona costera inundable perteneciente a los bordes de la laguna de Celestún, Yuc. Reporte de Servicio Social. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. México, D.F. 30 pp.
- TREJO-TORRES J. C. 1993. Vegetación, suelo e hidrodinámica de dos petenes de la Reserva de Dzilam, Yucatán. Tesis Profesional. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Yucatán. México. 110 pp.
- TREJO-TORRES J. C., DURAN R. y OLMSTED I. 1993. Manglares de la península de Yucatán. En: Salazar-Vallejo S.I. y González N.E. (eds.). Biodiversidad Marina y Costera de México. Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad- Centro de Investigaciones de Quintana Roo. México. pp: 660-672.
- TRUJEQUE C. 1990. Estudio de la descomposición de hojarasca de dos especies de manglar: *A. germinans* y *R. mangle* en el estero de Celestún, Yucatán. México. Tesis Profesional. Universidad Autónoma de Yucatán. 81 pp.
- VALDEZ D. y REAL E. 1995. Laguna Costera Río Lagartos: Trampa de nutrientes y materia inorgánica y orgánica proveniente del Golfo de México. VII COLACMAR Congreso Latinoamericano sobre Ciencias Do Mar.
- VALDEZ D., TREJO J. y REAL E. 1988. Estudio Hidrológico de la laguna de Celestún, Yucatán, México, durante 1985. Ciencias Marinas 14(2): 45-68.
- VALDEZ J.H. 1991. Estructura fisonómica del bosque de mangles de la laguna de Agua Brava. Nayarit. Universidad Autónoma de Chapingo. División de Ciencias Forestales. México. Tesis Profesional. 263 pp.
- VAZQUEZ-YANES C. 1971. La vegetación de la laguna de Mandinga, Veracruz. Anales del Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. 42. Serie Botánica. 1: 49-94.
- VOGELMAN J. E. 1995. Assessment of forest fragmentation in Southern New England using remote sensing and geographic information systems technology. Conservation Biology 9(2): 439-449.
- WHITMORE T.C. and SAYER J.A. (1992). Tropical Deforestation and species extinction. Great Britain: Chapman & Hall. 153 pp.
- YAÑEZ-ARANCIBIA A. 1994. Los manglares de América Latina en la encrucijada. Faro.1: 3-7.

ZIZUMBO D. 1989. El deterioro del sistema ecológico, cienaga de Progreso. Secretaría de Ecología.  
Gobierno de Yucatán, México.