



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO**

**DIVISIÓN DE CIENCIAS FORESTALES**

**SINECOLOGÍA DEL MANGLAR DE MANDINGA, VERACRUZ:  
BASES PARA SU RESTAURACIÓN ECOLÓGICA**

**TESIS**

Que como requisito parcial  
para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS  
EN CIENCIAS FORESTALES**



**PRESENTA:**

DIRECCIÓN GENERAL ACADÉMICA  
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES  
OFICINA DE EXÁMENES PROFESIONALES

**Edwin Ildelfonso Paniagua Cano**

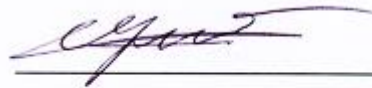


*Chapingo, México a junio de 2015*



La presente investigación titulada: **“SINECOLOGÍA DEL MANGLAR DE MANDINGA, VERACRUZ: BASES PARA SU RESTAURACIÓN ECOLÓGICA”** fue realizada por Edwin Ildfonso Paniagua Cano, bajo la dirección del Dr. Diódoro Granados Sánchez. Ha sido revisada y aprobada por el siguiente Comité Revisor y Jurado del Examen Profesional, para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Ciencias Forestales.

DIRECTOR



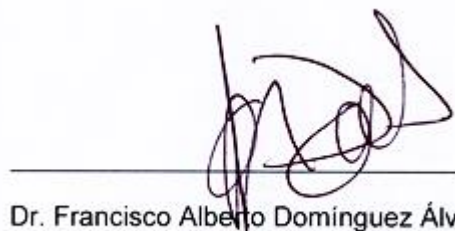
Dr. Diódoro Granados Sánchez

ASESOR



Dr. Antonio Villanueva Morales

ASESOR



Dr. Francisco Alberto Domínguez Álvarez

Chapingo, México. Junio de 2015

## AGRADECIMIENTOS

- Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) mediante la beca otorgada para realizar los estudios de Maestría.
  
- A la Universidad Autónoma Chapingo, especialmente a la División de Ciencias Forestales, por brindar la oportunidad de cursar y obtener el grado de Maestro en Ciencias en Ciencias Forestales.
  
- Al Dr. Diódoro Granados Sánchez, a su confianza, asesoría, disposición y valiosos conocimientos aportados al presente trabajo, sin lo cual el resultado se reflejaría insípido e infructuoso.
  
- Al comité asesor: Dr. Antonio Villanueva Morales y Dr. Francisco Alberto Domínguez Álvarez. Por la asesoría y disponibilidad mostrada hacia el presente estudio, pero principalmente a la manifiesta amistad.
  
- A mis compañeros y amigos de Maestría que hicieron un ambiente de convivencia sincera, apoyo, confianza y sobre todo de mucha alegría. Gracias por el tiempo compartido y las vivencias que me hicieron aprender y llevar una dosis de ustedes. Mil agradecimientos a: Miriam Garza, Andrey Esguerra, Marcela Rosas, Jovany Martínez, Jaqueline Xelhuantzi, Nehemías Vázquez. También mi gratitud por la ayuda en fase de campo de la presente investigación (Elizabeth Sánchez).
  
- A la comunidad académica del programa: por su enseñanza. No cabe duda que el conocimiento transmitido dejará huella en la superación profesional y personal de cada alumno.

## DEDICATORIA

*A mis hijos:*

Al par de angelitos hermosos: Said y Ania, espero perdonen mi abandono, y que algún día comprendan mis ansias de superación para ofrecerles un mundo mejor. ¡Los amo mucho!

*A mis Padres:*

A mi mamá Leodegaria Cano Gutiérrez, por tu amor, apoyo incondicional y comprensión infinita a pesar de las adversidades, TE AMO. A mi papá Ildelfonso Paniagua Tehuacanero (Q.E.D) por encaminarme siempre al estudio, sé que este logro lo celebrarías inmensamente. Para ustedes mi gratitud eterna.

*A mis hermanos:*

Brianda: Por mostrar siempre el apoyo ante cualquier circunstancia, sobre todo cuando estás en modo regaño. Josué Ali: En el papel de hermano mayor; orientando y llamando la atención. Omar: Más que un hermano, un amigo por la confianza ante momentos difíciles y palabras de aliento, ¡gracias! Dedicado a todos ustedes por los momentos vividos.

## **DATOS BIOGRÁFICOS**

### **DATOS DEL INVESTIGADOR**

Edwin Ildelfonso Paniagua Cano, nació el 25 de febrero de 1986, en Ajalpan, Puebla, en donde realizó los estudios de educación básica. En la ciudad de Tehuacán, Puebla cursó la secundaria. En la Universidad Autónoma Chapingo (UACH) concluyó la Preparatoria Agrícola, asimismo culminó la carrera de Ingeniero en Restauración Forestal en el año de 2010. Después de casi tres años de laborar en el campo de la restauración y conservación de ecosistemas forestales inicia sus estudios de posgrado en el programa Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales de la UACH. Su interés por el ecosistema manglar se ha hecho manifiesto desde la licenciatura, y en maestría su enfoque fue apegado a la ecología de comunidades.

## TABLA DE CONTENIDO

Contenido	Página
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>I</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>II</b>
<b>DATOS BIOGRÁFICOS</b> .....	<b>III</b>
<b>INDICE DE CUADROS</b> .....	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>VII</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>XII</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>XIII</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>3</b>
<b>3. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>4</b>
3.1 BIOGEOGRAFÍA Y DISTRIBUCIÓN DE LOS MANGLARES.....	4
3.2 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA.....	6
3.3 HÁBITAT, CARACTERÍSTICAS Y ZONIFICACIÓN.....	7
3.4 CLASIFICACIÓN FISONÓMICA DEL MANGLAR .....	9
3.5 LA COMUNIDAD DEL MANGLAR .....	10
3.6 LOS MANGLARES DE MÉXICO .....	11
3.6.1 <i>Inventario Nacional</i> .....	11
3.6.2 <i>Descripción de las especies de manglar</i> .....	13
3.6.3 <i>Problemática: presiones y amenazas de los manglares</i> .....	15
3.6.4 <i>Usos de los manglares</i> .....	17
3.7 IMPORTANCIA ECOLÓGICA Y ECONÓMICA DE LOS MANGLARES .....	18
3.8 RESTAURACIÓN DE MANGLARES .....	20
3.9 SINECOLOGÍA DE LA COMUNIDAD DEL MANGLAR .....	20
<b>4. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>22</b>
4.1 SELECCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	22
4.2 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	22
4.2.1 <i>Ubicación y localización geográfica</i> .....	22
4.2.2 <i>Fisiografía y topografía y geología</i> .....	23
4.2.3 <i>Hidrografía</i> .....	24
4.2.4 <i>Clima</i> .....	24
4.2.5 <i>Suelos</i> .....	25

4.2.6 Vegetación.....	25
4.3 METODOLOGÍA .....	25
4.3.1 Selección de los transectos .....	26
4.3.2 Muestreo del manglar .....	27
4.3.3 Estructura horizontal del manglar .....	29
4.3.4 Estructura vertical del manglar .....	29
4.3.5 Cálculos .....	29
4.4 LEVANTAMIENTO FLORÍSTICO .....	32
4.5 MATERIALES.....	33
4.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	33
4.7 PROGRAMA DE RESTAURACIÓN DEL MANGLAR .....	34
<b>5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>36</b>
5.1 ESTRUCTURA DEL BOSQUE .....	37
5.1.1 Densidad.....	44
5.1.2 Altura .....	45
5.1.3 Diámetro .....	49
5.1.4 Área basal.....	49
5.2 ÍNDICES ECOLÓGICOS.....	50
5.2.1 Índice de Valor de Importancia .....	50
5.2.2 Índice de Shannon-Wiener .....	53
5.2.3 Índice de Complejidad de Holdridge .....	54
5.3 MODELO DE VALORACIÓN ECONÓMICA .....	55
5.4 DETERIORO DEL MANGLAR.....	64
5.4.1 Conversión.....	65
5.4.2 Degradación .....	67
5.5 RESTAURACIÓN Y CONSERVACIÓN DEL MANGLAR.....	78
5.5.1 Formación de islas de manglar.....	78
5.5.2 Regeneración natural protegida.....	83
5.5.3 Acciones de rehabilitación hidrológica .....	84
5.5.4 Reforestación basada en su zonificación.....	87
5.5.5 Rehabilitación del medio físico .....	90
5.5.6 Educación ambiental.....	94
5.5.7 Normatividad aplicable.....	97
<b>6 CONCLUSIONES.....</b>	<b>102</b>
<b>7 LITERATURA CITADA .....</b>	<b>104</b>
<b>8. ANEXOS .....</b>	<b>115</b>

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Superficie de la cobertura de manglares por región y por estado y porcentaje ocupado por manglar relativo a la línea de costa .....	12
Cuadro 2. Manejo y uso potencial del manglar (Hamilton y Snedaker, 1984). .....	18
Cuadro 3. Clases de altura y número de árboles. ....	47
Cuadro 4. Categoría diamétricas por especie, número de árboles y área basal. ....	50
Cuadro 5. Índice de Valor de Importancia (IVI) en 13 transectos de muestreo para tres especies arbóreas de la Laguna Grande de Mandinga, Veracruz. ....	51
Cuadro 6. Índice de Valor de Importancia (IVI) en la isla 1 para tres especies arbóreas de la Laguna Grande de Mandinga, Veracruz. ....	52
Cuadro 7. Índice de Valor de Importancia en la isla 2 para tres especies arbóreas en la Laguna Grande de Mandinga, Veracruz. ....	53
Cuadro 8. Índice de Shannon-Wiener (H') en 13 transectos de muestreo para tres especies arbóreas en la Laguna Grande de Mandinga, Veracruz. ....	53
Cuadro 9. Índice de Complejidad de Holdridge para trece transectos de muestreo en la Laguna Grande de Mandinga, Veracruz. ....	54
Cuadro 10. Características estructurales de bosques de mangles tipo cuenca en el continente Americano. ....	55
Cuadro 11. Valor económico del bosque de mangle en la Laguna Grande de Mandinga, Veracruz. ....	56
Cuadro 12. Concentración de promedio de metales totales en sedimento ( $\mu\text{gg}^{-1}$ ). ....	72
Cuadro 13. Concentración promedio de metales en ostión ( $\mu\text{gg}^{-1}$ ). ....	73
Cuadro 14. Niveles de tolerancia a la salinidad en las tres especies de mangle (CONAFOR, 2011) .....	81



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de los ecosistemas de manglar en el mundo (Field, 1995).....	5
Figura 2. Distribución de los manglares en México (CONABIO, 2009). .....	6
Figura 3. Representación esquemática que muestra las adaptaciones más significativas del manglar, las cuales le permiten desarrollarse en una ambiente difícil (Chapman, 1976) .....	8
Figura 4. Seis tipos fisonómicos de mangle y las relaciones entre sí en base a las condiciones hidrodinámicas (Lugo y Snedaker, 1974). .....	9
Figura 5. Localización geográfica del área de estudio (Chávez <i>et al.</i> , 1976; Citado por Rodríguez <i>et al.</i> , 2013). .....	23
Figura 6. Localización de los transectos. ....	26
Figura 7. Método de cuadrantes (Agraz <i>et al.</i> , 2006) .....	28
Figura 8. Zonificación de las especies de manglar en la laguna grande de mandinga, veracruz. <i>R. mangle</i> (izquierda), <i>A. germinans</i> (centro) Y <i>L. racemosa</i> (derecha)....	36
Figura 9. Manglar de isla. ....	37
Figura 10. Perfil fisonómico semirrealista del transecto 1, localizado en la parte noreste de la laguna. El mejor desarrollo estructural se presentó en el manglar interno, donde <i>A. germinans</i> obtuvo mayor altura, diámetro, densidad y área basal, seguido de <i>L. racemosa</i> . Sin embargo <i>R. mangle</i> presentó mayor diámetro promedio que <i>L. racemosa</i> . La altura promedio en el arbolado fue de 7.7 m, una densidad de 907 árboles·ha <sup>-1</sup> con 4.5 m <sup>2</sup> de área basal. ....	38
Figura 11. Perfil fisonómico semirrealista del transecto 2, localizado en la parte noreste de la laguna. En este transecto <i>A. germinans</i> estuvo ausente probablemente a que la zona presentaba disturbios. <i>L. racemosa</i> dominó el manglar interno así como también en altura, diámetro y área basal promedio. La densidad en el transecto fue de 470 árboles·ha <sup>-1</sup> , área basal de 2.6 m <sup>2</sup> y una altura de 8.3 m. ....	38

- Figura 12. Perfil fisonómico semirrealista del transecto 3, localizado en la parte noreste de la laguna. *L. racemosa* presentó mejor desarrollo dentro del manglar interno en diámetro, altura y área basal promedio. La altura del arbolado fue de 6 m, la menor en promedio de los transectos ubicados alrededor de la laguna. La densidad fue de 675 árboles·ha<sup>-1</sup> y un área basal de 3.9 m<sup>2</sup>. ..... 39
- Figura 13. Perfil fisonómico semirrealista del transecto 4, ubicado en la parte noreste de la laguna. La mayor altura fue para *I. racemosa* mientras que en diámetro fue *A. germinans*. La densidad en el transecto fue de 1539 árboles·ha<sup>-1</sup>, la mayor para todos los transectos. el área basal con 10.3 m<sup>2</sup> y una altura de 8 m. .... 39
- Figura 14. Perfil fisonómico semirrealista del transecto 5, ubicado en la parte este de la laguna. *A. germinans* presentó altura y diámetro mayor promedio que *I. racemosa* en el manglar interno. *R. mangle* presentó una de las mayores alturas (9.3 m) con respecto a los demás transectos en el manglar de borde. La altura del transecto fue de 10.6 m, la mayor registrada en todos los transectos, una densidad de 582 árboles·ha<sup>-1</sup> y con 9.6 m<sup>2</sup> en área basal..... 40
- Figura 15. Perfil fisonómico semirrealista del transecto 6, ubicado en la parte este de la laguna. En el manglar interno fue *I. racemosa* quien dominó en altura (10.5 m) mientras que en diámetro (29.5 cm) fue para *A. germinans*. La altura en el transecto fue de 8.6 m, un diámetro de 21 cm, el mayor con respecto a los demás transectos con un área basal de 8.4 m<sup>2</sup> y densidad de 709 árboles·ha<sup>-1</sup>. ..... 40
- Figura 16. Perfil fisonómico semirrealista del transecto 7, ubicado en la parte sureste en la laguna. *R. Magle* mostró una altura de 3.8 m, la menor en todos los transectos. *L. Racemosa* dominó en altura con 10.4 m pero *A. Germinans* en diámetro con 20.4 cm, esto en el manglar interno. La altura en el transecto fue de 7.7 m, un área basal de 8.4 m<sup>2</sup> y una densidad de 912 árboles·ha<sup>-1</sup>..... 41
- Figura 17. Perfil fisonómico semirrealista del transecto 8, ubicado en la parte noroeste en la laguna. *L. racemosa* estuvo ausente en el transecto debido a la reducida franja que ocupa el manglar de la laguna hacia tierra firme. *A. germinans* mostró mayor altura (9.9 m) y diámetro (19.6 cm). El promedio en altura para el

transeco fue de 8.7 m, con un diámetro de 14.2 cm, 13.4 m<sup>2</sup> en área basal y 1266 árboles·ha<sup>-1</sup>..... 41

Figura 18. Perfil fisonómico semirrealista del transecto 9, ubicado en la parte noroeste en la laguna. En el manglar interno *L. racemosa* alcanzó las mayores alturas con un promedio de 8 m, sin embargo *a. germinans* lo hizo en diámetro (14.8 m). En el transecto se tuvo una altura promedio de 7 m con un diámetro de 9.4 cm, 5 m<sup>2</sup> en área basal y 930 árboles·ha<sup>-1</sup>. ..... 42

Figura 19. Perfil fisonómico semirrealista del transecto 10, ubicado en la parte oeste de la laguna. *A. germinans* obtuvo mayor diámetro (16.8 cm) y altura (9.3 m) promedio, mientras que *R. mangle* en el manglar de borde presentó menor estructura. En este transecto estuvo ausente *L. racemosa* debido a la reducida franja del manglar. La altura promedio en el transecto fue de 7.7 m, un diámetro de 10.4 cm con un área basal de 7 m<sup>2</sup> y 620 árboles·ha<sup>-1</sup>..... 42

Figura 20. Perfil fisonómico semirrealista del transecto 11, ubicado en la parte oeste de la laguna. *R. mangle* alcanzó la mayor altura con 9.3 m así como diámetro de 20.8 cm. La ausencia de *L. racemosa* en el transecto es debido a la angosta franja que ocupa el manglar en la laguna, como en los transectos 8 y 10. La altura promedio fue de 8.1 m, 16.5 cm en diámetro, el área basal con 3.3 m<sup>2</sup> y una densidad de 212 árboles·ha<sup>-1</sup>..... 43

Figura 21. Perfil fisonómico semirrealista del transecto 12 (isla 1), ubicado en la parte noreste de la laguna. La isla presenta un área aproximada de 500 m<sup>2</sup> por lo que los atributos estructurales como la densidad fueron estimados con dicha área. La formación de la isla es de aproximadamente 30 años, por lo cual la vegetación es relativamente joven. La altura promedio del arbolado fue de 5.8 m, con un diámetro de 6.4 cm y una densidad de 208 árboles. además de las tres especies de mangle se registraron *Pachira acuatica* y *Annona purpurea*, su probable presencia en la isla se deba a la dispersión por aves..... 43

Figura 22. Perfil fisonómico semirrealista del transecto 13 (isla 2), ubicado en la parte noroeste de la laguna. La isla tiene un área aproximada de 2500 m<sup>2</sup>, de esta manera

la densidad se obtuvo con respecto a dicha área. Se encuentran las tres especies de mangle, en donde *R. mangle* tuvo mayor densidad. La altura del arbolado fue de 5.1 m, con un diámetro de 10.2 cm y una densidad de 350 árboles. Ésta isla tiene un tiempo de formación aproximado de 30 años y fue hecha con la acumulación de desperdicios de conchas (al igual que en la isla 1) y cabe mencionar que funciona como hábitat en donde anidan y se alimentan diversas especies de aves. .... 44

Figura 23. Densidad promedio en trece transectos de mangle, en la Laguna Grande de Mandinga, Veracruz. .... 45

Figura 24. Diagrama ombrotérmico de tres estaciones meteorológicas cercanas a la zona de la Laguna Grande de Mandinga, Veracruz. Los datos corresponden a los años 1951 a 2010. En la estación de Alvarado la precipitación normal anual es de 1802.1 mm, mientras que en el Tejar Medellín es de 1701.2 mm y El Copital registro 1359.8 mm. .... 46

Figura 25. Distribución promedio del número de árboles por clases de altura en trece transectos de mangle. .... 47

Figura 26. Relación de la altura del dosel con el diámetro normal por categoría diamétrica para *R. mangle*, *A. germinans* y *L. racemosa* en el área de estudio. A= altura del dosel, DN= diámetro normal. .... 48

Figura 27. El manglar como protección a las pesquerías: proviendo de refugio, alimentación y reproducción de diversas especies de peces y crustáceos con valor comercial. .... 58

Figura 28. Pesca de ostión en la laguna grande de mandinga, Veracruz. .... 59

Figura 29. Cooperativa de pescadores en la Laguna Grande de Mandinga, Veracruz. .... 59

Figura 30. Recorrido en lancha por el manglar de borde (izquierda) y manglar de isla (derecha). .... 60

Figura 31. El manglar como corredor biológico para especies de aves. .... 61

Figura 32. El manglar como zona de anidación y alimentación de aves. .... 61

Figura 33. Elaboración de tapos para la pesca de camarón. ....	63
Figura 34. Cerca que limita al bosque de manglar con la construcción de un fraccionamiento habitacional. ....	66
Figura 35. Franja que ocupa el manglar alrededor de la laguna. en la parte superior izquierda de la imagen se observa claramente la disminución del bosque, mientras que en la parte inferior derecha de la misma se observa una franja del manglar más ancha y en aparente buen estado de conservación. También se puede observar el manglar de borde que ocupa <i>R. mangle</i> (un verde más claro), en donde inmediatamente después se encuentra <i>A. germinans</i> y por último <i>L. racemosa</i> (foto de CONABIO, 2009). ....	67
Figura 36. Máquina de dragado en la laguna grande de mandinga, veracruz. ....	70
Figura 37. El vertimiento de residuos sólidos fue constante en el manglar, persistiendo en varios transectos, principalmente envases de bebidas y aceites (motor). ....	76
Figura 38. Aprovechamiento de <i>L. racemosa</i> para diversos fines. ....	77

## RESUMEN

Edwin I. Paniagua-Cano<sup>1</sup>; Diódoro Granados-Sánchez<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>División de Ciencias Forestales-Universidad Autónoma Chapingo-Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales. Km 38.5 Carretera México-Texcoco, Chapingo, Estado de México. C. P. 56230.

<sup>2</sup>Departamento de Ecología y Silvicultura. División de Ciencias Forestales-Universidad Autónoma Chapingo. Km 38.5 Carretera México-Texcoco, Chapingo, Estado de México. C. P. 56230.

Se presenta un estudio cuyo objetivo fue describir la estructura, aspectos de manejo, degradación y restauración de los manglares de la Laguna de Mandinga, Veracruz. Se establecieron once transectos perpendiculares de longitud variable ubicados alrededor de la laguna y dos más en sus islas. El método de muestreo fue el cuadrante a un punto central. Se encuentran tres especies de mangles zonificados en gradiente agua-tierra: *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa*. Se obtuvo el valor de importancia (IVI), Índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ) y de complejidad (IC), perfiles fisonómicos semirrealistas, así como el desarrollo de un modelo de valoración económica. *A. germinans* obtuvo el mayor IVI con 154%. La diversidad fue baja (<2) debido a que el manglar es poco diverso en cuanto a composición de especies y su flora asociada es poca. El desarrollo estructural fue bajo (IC=19.3) en comparación con manglares de otras localidades, esto se debe a la ausencia de especies, la altura promedio del dosel (7.7 m) y a un valor relativamente bajo en área basal (18.3 m<sup>2</sup>·ha<sup>-1</sup>). Los impactos negativos son: el cambio de uso de suelo y la degradación por descarga de aguas residuales, dragados, contaminación por hidrocarburos y metales pesados principalmente. La restauración y conservación del ecosistema manglar se puntualiza mediante un proyecto: a) analizar la formación de islas, b) mediante regeneración natural protegida, c) reforestación basada en zonificación, d) acciones de rehabilitación hidrológica, e) rehabilitación del medio físico (suelo y agua), f) educación ambiental y g) normatividad aplicable.

**Palabras clave:** Características dasométricas, índices, degradación, salinidad, laguna.

## ABSTRACT

The aim of this study was to describe the structure and management, degradation and restoration issues of mangrove forests in the Laguna de Mandinga, Veracruz. Eleven perpendicular transects of variable length located around the lagoon and two more in its islands were established. For sampling, the point-centered quadrant method was used. Three mangrove species were found in the water-land gradient: *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans* and *Laguncularia racemosa*. The importance value (IVI), Shannon-Wiener ( $H'$ ) and complexity (CI) indices, as well as semi-realistic physiognomic profiles, were obtained. In addition, an economic valuation model was developed. *A. germinans* had the highest IVI with 154%. The diversity was low (<2) because the mangrove has little diversity

in terms of species composition and it has little associated flora. The structural development was low (CI=19.3) compared to mangrove forests in other localities, due to the absence of species, the average canopy height (7.7 m) and a relatively low value in basal area (18.3  $\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ ). The negative impacts are: land-use change and degradation due to wastewater discharges, dredging, and pollution mainly by hydrocarbons and heavy metals. The mangrove can be restored and conserved through a project that involves: a) analysis of the formation of islands, b) emphasis on protected natural regeneration, c) reforestation based on zonification, d) hydrological rehabilitation, e) rehabilitation of the physical environment (soil and water), f) environmental education and g) applicable regulations.

**Key words:** Forest characteristics, indexes, degradation, salinity, lagoon.

## 1. INTRODUCCIÓN

Se llama comunidad biótica al conjunto de poblaciones (plantas, animales, bacterias, hongos) de extensión y complejidad variables que viven en un hábitat o ambiente e interactúan entre sí, formando un sistema viviente distintivo con su propia composición, estructura, desarrollo y función (Odum, 1972). El estudio de la comunidad vegetal a través de la sinecología tiene como finalidad describir y analizar su estructura para luego definir las relaciones funcionales que existan entre sus componentes, en un lugar y tiempo determinados (Granados y Tapia, 1990).

Las comunidades de manglar se distinguen con respecto a otros tipos de vegetación ya que poseen aspectos morfológicos, estructurales, de composición florística, fisiológicos y de flujos de materia y energía, factores cuya interrelación le proporcionan características distintivas al bosque de manglar. En forma general, se caracterizan por especies que comparten una fisonomía similar y la preferencia por un hábitat, además de características fisiológicas y adaptaciones estructurales similares, Richards *et al.* (1979).

Los manglares prosperan principalmente en las orillas de las lagunas costeras, de bahías protegidas y desembocaduras de ríos, donde hay zonas de incidencia de agua de mar ocupando un lugar privilegiado por la riqueza natural que encierran y los servicios ambientales que prestan (Rzedowski, 2006). El manglar está presente en los 17 estados de la República Mexicana con litoral, predominando cuatro especies de mangle: *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus*, todas ellas Sujetas a Protección Especial de acuerdo a la NOM 059 SEMARNAT-2010 (CONABIO, 2009; 2013). Posteriormente, Rico (1982) identificó a *Rhizophora harrisonii* y se ha encontrado otra especie de mangle negro (*Avicennia bicolor*) en las costas de Chiapas, además de una variedad del mangle botoncillo (*Conocarpus erectus* var. *sericeus*) registrada en la costa norte del Estado de Quintana Roo (López y Ezcurra, 2002).



El área de estudio es la zona del manglar de la Laguna Grande de Mandinga, Veracruz, seleccionada por su importancia ecológica (bienes y servicios que ofrece) y debido a las fuertes amenazas que presenta, con lo que se encuentra en el listado de sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica, aunque no se encuentra entre los sitios RAMSAR. Entre sus principales amenazas se encuentra la deforestación, caza furtiva, introducción de especies exóticas como la tilapia, pesca intensiva y el turismo (CONABIO, 2009).

Debido a lo anterior es necesario realizar un estudio sinecológico para conocer el estado actual de la vegetación del manglar, valorar el grado de perturbación y así implementar propuestas para su restauración. Por otro lado, la restauración ecológica consiste en desarrollar formas de regresar a los ecosistemas degradados a condiciones naturales similares (composición, estructura y función) a las que prevalecían antes de su perturbación, además que intervienen factores sociales como; el económico, de comunicación, educación, uso y administración de sus recursos naturales.

Dado que en México se desconoce la estructura forestal de la gran mayoría de los bosques de mangle, así como también escasas investigaciones que generen las bases para la restauración ecológica de dicha vegetación, surge el presente trabajo como una forma de sumar conocimientos a dicha área.

## 2. OBJETIVOS

### Objetivos Generales

Realizar un estudio sinecológico de la vegetación del manglar de Mandinga, Veracruz, considerando su composición florística y estructura.

Evaluar el estado actual de conservación del manglar de Mandinga, Veracruz analizando su aprovechamiento, el grado de perturbación a través de la observación, procesos de regeneración natural y algunas relaciones sinecológicas de estas comunidades que permita generar un programa de restauración integral de esta comunidad vegetal.

### Objetivos particulares

2.1 Determinar la estructura fisonómica horizontal y vertical de la comunidad del manglar de Mandinga, Veracruz.

2.2 Desarrollar un modelo de valoración económica.

2.3 Analizar el grado de deterioro de la comunidad del manglar.

2.4 Generar un proyecto de restauración ecológica de la comunidad del manglar.

### 3. REVISIÓN DE LITERATURA

Los manglares en México se distribuyen en el interior de lagunas costeras y sistemas deltáicos de las costas del Golfo de México y del Océano Pacífico, estando presentes en los 17 estados de la República con litoral. López y Ezcurra (2002), señalan que la investigación sobre manglares en México tiene un desarrollo alrededor de 50 años. La primera visión general, puesta en el contexto de la vegetación de México, es la de Rzedowski considerándola parte de la vegetación acuática y subacuática.

Este ecosistema ha sido evaluado recientemente a nivel nacional por varios autores, desde diferentes orientaciones: estructura, fenología y repoblación natural (Corella, 2003); manejo forestal (Valdez, 2002, 2004); caracterización estructural (Téllez y Valdez, 2010); manejo tradicional de humedales tropicales y análisis mediante sistemas de información geográfica (Maimone, 2005); evaluación de carbono orgánico (Valdés, 2011). Sin embargo, a pesar de los anteriores estudios realizados, se desconoce la estructura forestal de la gran mayoría de los bosques de mangles del país así como también investigaciones que generan las bases para la restauración ecológica de dicha vegetación.

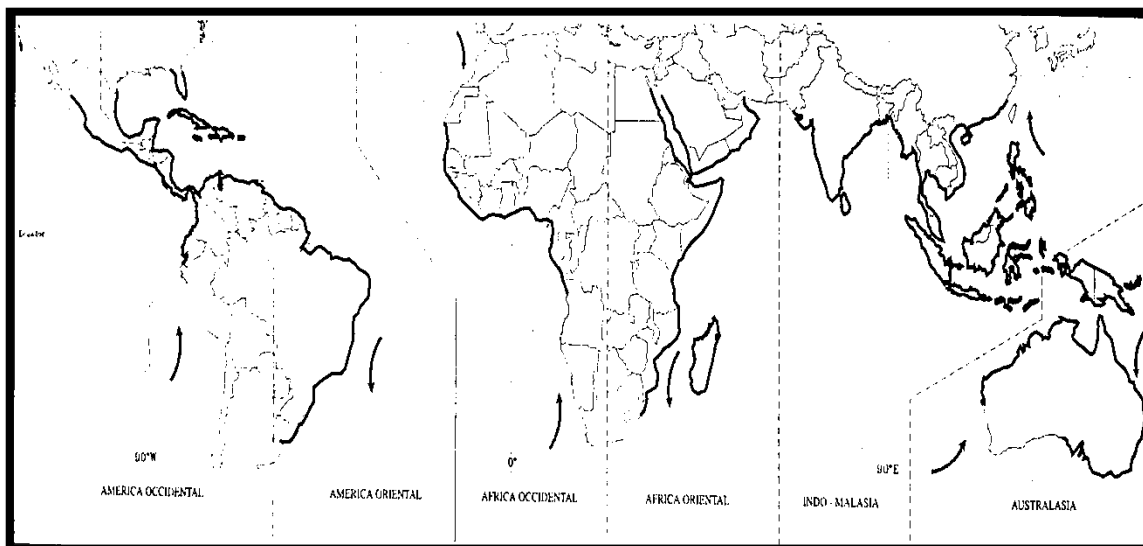
#### 3.1 Biogeografía y distribución de los manglares

Chapman (1975), reconoció dos grandes regiones biogeográficas de distribución de manglares, ambas comprendiendo los trópicos y subtrópicos: la región del Indo-Pacífico y la del Nuevo Mundo-Oeste de África. La hipótesis de los últimos estudios, atribuye un origen en el Terciario Cretácico para la mayoría de los géneros del manglar en las costas del mar de Tetis.

La riqueza de especies en el viejo mundo (con alrededor de 65 especies encontrándose en la región Indo-Pacífico, que se extienden desde la costa oriental de África hasta la isla de Samoa en el Pacífico Sur) y la menor cantidad de especies en el Nuevo Mundo (con 11 especies que se encuentran en la costa occidental de

África, América y el Caribe) sugieren que el centro de origen de esas plantas radicó en la región Indo-Malásica. Las diferentes especies de manglar debieron llegar al Atlántico a partir del Mediterráneo y de ahí se dispersaron hacia las costas occidentales de África, el Golfo de México y el Caribe, pasando posteriormente por el Istmo de Panamá al Pacífico en las costas del continente Americano (antes de que éste se cerrará, hace aproximadamente 4 millones de años). Sobresale el hecho de que las islas del Pacífico no tienen la presencia de manglares, puesto que sería lógico esperar que estas islas tuviesen las plantas, si la ruta de migración hubiese sido a través del Pacífico (Chapman, 1975).

Los manglares delimitan la mayoría de las líneas costeras tropicales y además se extienden dentro de los subtrópicos (Figura 1); alrededor del 60-75% de todas las líneas costeras tropicales son ocupadas por manglares.



**Figura 1.** Distribución de los ecosistemas de manglar en el mundo (Field, 1995).

En nuestro país se distribuyen en la costa del Golfo de México y en el Caribe desde la Laguna Madre en Tamaulipas, hasta la parte sur de Quintana Roo, en la península de Yucatán. En la costa del Pacífico se encuentran desde la mitad del estado de Sonora y el sur de la península de Baja California, en ambas costas hasta el sur de Chiapas (Figura 2) (Pennington y Sarukhán, 2005).



**Figura 2.** Distribución de los manglares en México (CONABIO, 2009).

### **3.2 Descripción botánica**

El término manglar se ha usado para denotar tanto un tipo de planta como un tipo de ecosistema; no obstante, se debe distinguir entre las especies individuales del “mangle” y la comunidad del humedal “manglar” la cual es el rasgo definitorio. De esta forma, el término manglar se refiere a un sistema ecológico de especies halófitas, comunidad vegetal que habita márgenes protegidas de las costas tropicales del mundo, y mangle se refiere a una especie halófito tropical, leñosa, que es un habitante obligado del manglar (Tomlinson, 1986).

Los manglares son comunidades florísticamente uniformes, compuestas normalmente por una o dos especies arbóreas o arbustivas, de 3 a 5 m de altura que pueden alcanzar alturas de hasta 25 o 30 m pero que presentan en general menos desarrollo (Rzedowski, 2006). Existe una gran semejanza en sus hojas: todas son

perennes, carnosas, de forma casi idéntica y de color muy semejante (Pennington y Sarukhán, 2005).

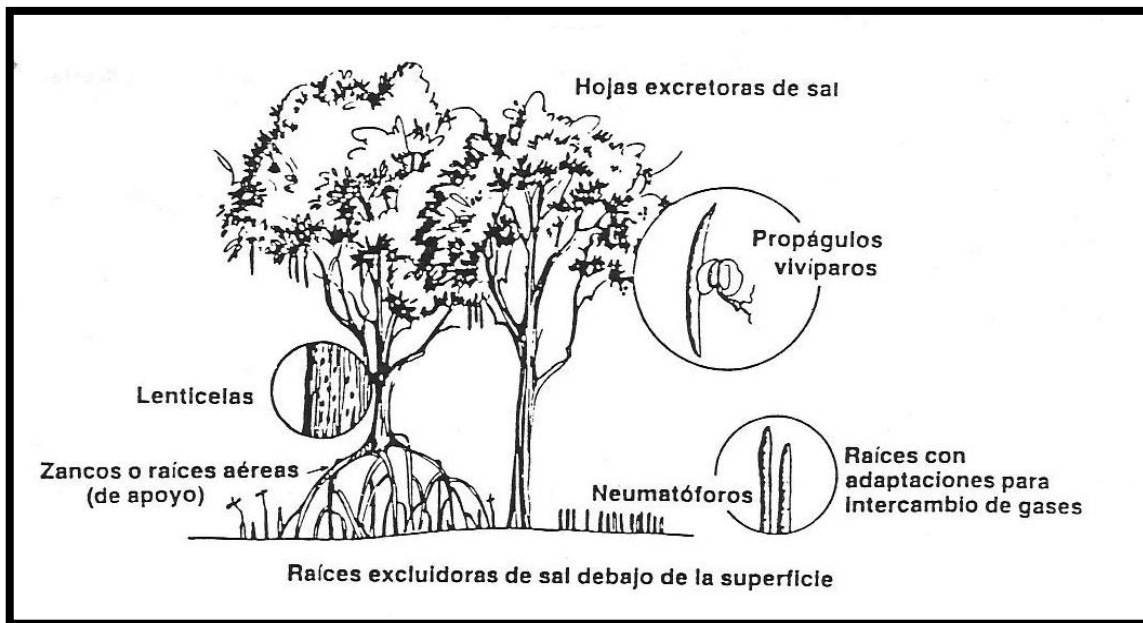
### **3.3 Hábitat, características y zonificación**

**Hábitat:** Los manglares son un tipo de bosque tropical y subtropical que se desarrollan en la zona inter mareal, de costas protegidas o poco expuestas, golfos, ensenadas, marismas y estuarios o desembocaduras de ríos con fondos blandos. Walsh (1974), menciona que los bosques de manglar se desarrollan bajo ciertos requerimientos básicos:

- Temperaturas tropicales.
- Aluvión de grano fino.
- Costas libres de fuerte oleaje.
- Agua salada.
- Gran límite de marea.
- Amplio rango de mareas.

**Características:** Muchos estuarios experimentan notables variaciones de temperatura y salinidad en el transcurso de un año, por lo que para sobrevivir aquí los organismos deben tener gran tolerancia a tales variaciones. Para sobrevivir en este ambiente hostil, en que el suelo carece de oxígeno y las altas concentraciones salinas dificultan la absorción del agua, los mangles han desarrollado exclusivas adaptaciones consistentes en (Figura 3):

- El desarrollo de adaptaciones mecánicas para su fijación a los sustratos blandos o flojos.
- El desarrollo de estructuras xerofíticas.
- El uso de mecanismos especializados para la dispersión de semillas.
- La evolución de viviparidad.
- La formación de raíces respiratorias y estructuras de ventilación.



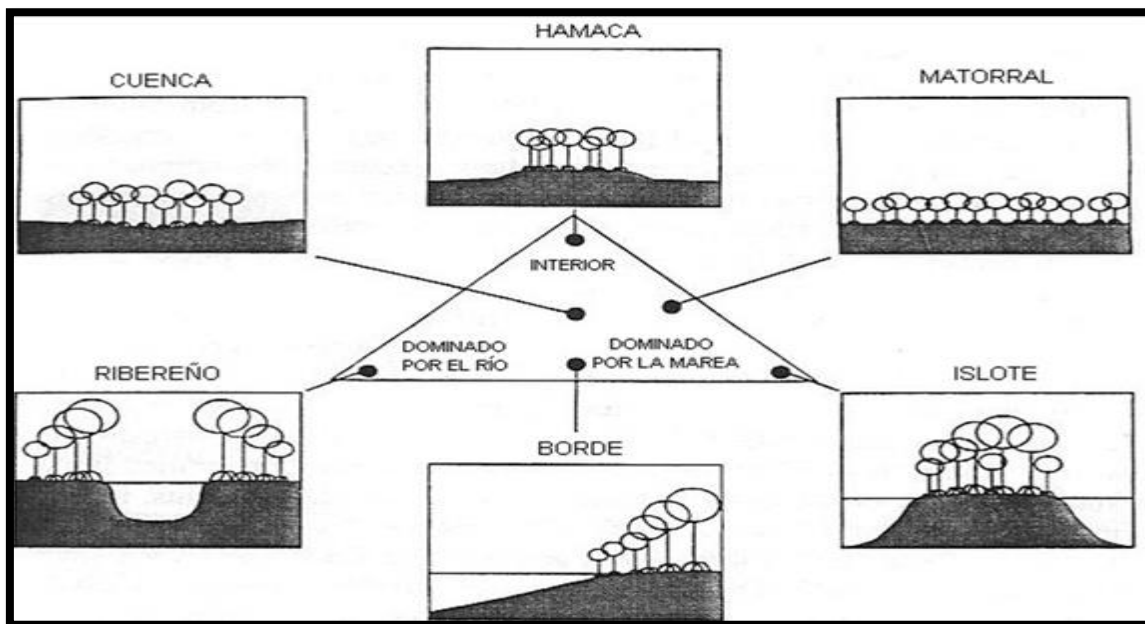
**Figura 3.** Representación esquemática que muestra las adaptaciones más significativas del manglar, las cuales le permiten desarrollarse en una ambiente difícil (Chapman, 1976).

**Zonificación:** La zonificación se refiere así, a la localización en que se encuentran las diferentes especies de mangle en su hábitat natural en relación con el mar o con algún cuerpo de agua costero, pudiéndose observar zonas con dominancia de una especie y zonas en donde hay transición y aparición de otra u otras especies de mangle. Estas zonas representan comunidades serales dentro de una sucesión vegetal que tiene como clímax al bosque tropical ubicado tierra adentro (Smith, 1992).

Las costas de México tienen típicamente una zonificación de árboles (tomando en cuenta las más comunes en los trópicos), en la que *Rhizophora mangle* por su mayor resistencia se encuentra en mayor contacto con el agua y con los sustratos más inestables, luego se encuentra *Avicennia germinans*, la que soporta inundaciones periódicas y las Combretaceae (*Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus*), ubicadas en tierra firme (Rzedowski, 2006).

### 3.4 Clasificación fisonómica del manglar

Las formaciones y fisonomía de estos ecosistemas parecen ser controlados fuertemente por factores físicos como la concentración de nutrientes, la cantidad y periodicidad de la escorrentía, de la precipitación e intensidad de evaporación, las bajas temperaturas, heladas, sequías, altas salinidades, etc., que operan sobre el manglar, describen el desarrollo de cada rodal. La acción e interacción de todos estos factores dicta el grado máximo de estructura que puede desarrollar un manglar (Cintrón y Schaeffer, 1982). Lugo y Snedaker (1974), dividieron los manglares en grupos fisonómicos (Figura 4):



**Figura 4.** Seis tipos fisonómicos de mangle y las relaciones entre sí en base a las condiciones hidrodinámicas (Lugo y Snedaker, 1974).

**Manglares de borde:** Están situados a lo largo de litorales ligeramente inclinados de tierra firme e islas grandes. Frecuentemente, están expuestos a bahías abiertas y reciben oleajes entre moderados a suaves. Se desarrollan mejor en islas que impiden el lavado excesivo de las costas, producido por las mareas altas.



**Manglares de Cuenca:** Ocurren en depresiones topográficas con poco flujo y reflujo de agua. Las aguas de inundación tienden a acumularse en la depresión y raramente sufren un intercambio durante el ciclo de las mareas. Están ubicados frecuentemente tierra adentro en formaciones semejantes a una hilera de ramales a lo largo de los drenajes terrestres internos y ocurren también en islas. Expuestos a aguas menos salinas por períodos más largos del año en comparación con los bosques costeros. El flujo y reflujo de aguas salinas ocurre probablemente durante las mareas externas altas y causadas por tormentas.

**Manglares Ribereños:** Ocurren en los llanos de inundación de drenajes de agua dulce proveniente de los ríos, los cuales son inundados por corrientes de agua durante los períodos de abundante lluvia y escorrentía. Están sujetos a mareas y sometidos a un lavado regular.

**Manglares enanos:** Ocurren donde existen severas limitaciones para el crecimiento y desarrollo, rara vez pasan de 1.5 m. Típicamente forman una comunidad escasa y dispersa en forma de matorrales. Se localizan en ambientes con carbonatos y zonas áridas.

**Bosque de hamaca:** Lo describen como una variante de los bosques de cuenca pero que se desarrollan en depresiones, lugares donde hay una alta acumulación de materia orgánica. En términos fisonómicos y florísticos, el bosque de hamaca es similar al de cuenca pero este se localiza en sitios de escasa elevación (5-10 cm) con respecto a las áreas circundantes, en contraste a las depresiones asociadas con el tipo cuenca.

### **3.5 La comunidad del manglar**

Las comunidades de manglar se distinguen con respecto a otros tipos de vegetación ya que poseen aspectos morfológicos, estructurales, de composición florística, fisiológicos y de flujos de materia y energía, factores cuya interrelación

proporcionan características distintivas al bosque de manglar. En forma general se caracterizan por especies que comparten una fisonomía similar y la preferencia por un hábitat, además de características fisiológicas y adaptaciones estructurales similares, Richards *et al.* (1979).

Pannier y Pannier (1980), definen lo que es el bosque de mangles desde un punto de vista ecológico, ambiental y energético:

1. Es un sistema ecológico costero tropical anfibio (es decir, ubicado en la interface tierra firme/mar abierto), cuyo denominador común es la forma arbórea de vida.
2. Representa una unidad integrada, autosuficiente, con componentes vegetales y animales altamente adaptados a las condiciones especiales del ambiente en que se encuentra.
3. Es un sistema ecológico abierto en relación al flujo de energía y materia, de los cuales depende que reaccione ostensiblemente a cualquier influencia anormal externa.

### **3.6 Los manglares de México**

#### **3.6.1 Inventario Nacional**

México dentro de su gran biodiversidad, contiene humedales que constituyen una superficie importante, entre ellos los manglares, ocupando un lugar privilegiado por la riqueza natural que encierran y los servicios ambientales que prestan. El manglar está presente en los 17 estados de la República con litoral, predominando cuatro especies de mangle: *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus*, todas ellas Sujetas a Protección Especial de acuerdo a la NOM 059 SEMARNAT-2010 (CONABIO, 2013).

Rico (1982), identificó a *Rhizophora harrisonii* y se ha encontrado otra especie de mangle negro (*Avicennia bicolor*) en las costas de Chiapas, además de una variedad del mangle botoncillo (*Conocarpus erectus* var. *sericeus*) registrada en la costa norte del Estado de Quintana Roo (López y Ezcurra, 2002). Existe una amplia discrepancia entre las diversas estimaciones sobre la extensión de manglar en México que se han llevado a cabo desde los años setenta. Los valores oscilan desde los 440 mil hectáreas hasta cerca del millón y medio de hectáreas. Las diferencias se deben básicamente a la variedad de métodos y escalas de análisis utilizadas en cada estudio. Se estima que la superficie de manglar para México es de 770, 057 ha (CONABIO, 2009).

**Cuadro 1.** Superficie de la cobertura de manglares por región y por estado y porcentaje ocupado por manglar relativo a la línea de costa (CONABIO, 2009).

Región	Estados	Superficie (ha)	% del área total	Línea Costa (km)	% ocupado por manglar (línea de costa + 5 km)
Golfo de México	Tabasco	45,210	5.9	201	70.4
	Tamaulipas	2,995	0.4	428	23.8
	Veracruz	36,237	4.7	751	35.6
Total G. M.		84,442	11.0		
Pacífico Centro	Colima	3,074	0.4	159	51.5
	Jalisco	2,010	0.3	346	20.9
	Michoacán	1,506	0.2	243	13.9
Total P. C.		6,590	0.9		
Pacífico Norte	Baja California	28	0	1,474	0.2
	Baja California Sur	25,851	3.3	2,087	11.4
	Nayarit	71,742	9.3	299	55.2
	Sinaloa	80,597	10.5	634	69.1
	Sonora	10,682	1.4	1,186	19.7
Total P. N.		188,900	24.5		
Pacífico Sur	Chiapas	41,540	5.4	256	93.9
	Guerrero	7,537	1.0	524	43.5
	Oaxaca	17,297	2.2	588	49.4
Total P. S.		66,374	8.6		
Península de Yucatán	Campeche	194,190	25.2	434	74.0
	Quintana Roo	129,921	16.9	1,398	88.2
	Yucatán	99,640	12.9	370	98.8
Total P. Y.		423,751	55.0		
<b>Totales</b>		<b>770,057</b>	<b>100</b>	<b>11,378</b>	

### 3.6.2 Descripción de las especies de manglar

De acuerdo con Agraz *et al.* (2006):

***Rhizophora mangle* L.** Tradicionalmente se le conoce con los nombres de mangle rojo, mangle colorado, mangle tinto, mangle dulce, candelón, tabché, y xtapché. Es indudablemente el componente más común y típico de los cuatro mangles predominantes. Crece como árbol o arbusto según las condiciones ambientales donde se desarrolle, llega a alcanzar hasta 20 m de altura. Sus hojas son brillantes, de color verde oscuro, 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.

Las flores presentan inflorescencia con dos o tres y casualmente cuatro flores por tallo o pedúnculo, son pequeñas con cuatro sépalos y cuatro pétalos. Las flores son de color blanco amarillento, bisexuales. Presenta viviparidad y un sistema complejo de raíces aéreas y adventicias con lenticelas para captar el oxígeno atmosférico, además presenta mecanismo de exclusión de sales. Este mangle forma con frecuencia comunidades puras que son las más sumergidas y expuestas a cambios de nivel de agua y de salinidad, considerándose como una especie pionera en los límites terrestres y marinos.

***Avicennia germinans* (L.) L.** Se le conoce con los nombres comunes de apompó, madre de sal, mangle negro, mangle prieto, puyequé, ta'abché (maya). Crece como árbol o arbusto y puede alcanzar hasta los 20 m de altura. Su floración es especialmente en los meses más lluviosos. Las hojas 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.

La flores son perfectas, de color blanco y más pequeñas que las de *Rhizophora mangle*, están dispuestas en grupos terminales y carecen de tallos. Su fruto es una cápsula compuesta carnosa. Esta especie se encuentra en las condiciones de menor inmersión del suelo, presenta viviparidad y tolera altos niveles de salinidad por lo cual muestra un mecanismo de excreción de sales a través de sus hojas con glándulas llamadas hidátodos. Posee un sistema de raíces por pneumatóforos con lenticelas para captar el oxígeno atmosférico.

***Laguncularia racemosa* (L.). Gaertn.** Se le conoce localmente como mangle bobo, mangle chino, sakokom (maya), mangle blanco o mangle amarillo, por su corteza gris parda. Crece como árbol (dioico o hermafrodita) de tronco recto y alcanza hasta 25 m, suele desarrollar neumatóforos cuando crece en áreas inundadas. Las hojas son opuestas, ligeramente más delgadas que las de *R. mangle* y *A. germinans*, de forma acorazonada, opuestas, gruesas, brillantes, oblongas, de 2 a 7 cm. de largo y de 2 a 3 cm. de ancho. Sobresale un par de glándulas de sal en la base de cada hoja.

La flor es perfecta y el fruto es una drupa en forma de avellana con una semilla. Posee las flores más chicas (de las otras especies de manglar) y formando espigas, de color blanco, actinomorfas de aproximadamente 4 mm, con cinco pétalos y diez estambres. Florece todo el año y presenta viviparidad. Se encuentra en las condiciones de mayor inmersión del suelo, tiempo de residencia del agua y de menor salinidad. Esta especie presenta mecanismo de excreción de las sales, así como lenticelas en sus neumatóforos para captar el oxígeno atmosférico.

### 3.6.3 Problemática: presiones y amenazas de los manglares

En México y en muchos otros países las actividades humanas constituyen la principal amenaza para los manglares, entre las cuales destacan (Van Lavieren, 2012)<sup>1</sup>:

#### A. Conversión

Muchos hábitats de manglares se pierden por actividades de la conversión tal como es el cambio de uso de suelo para:

- i) Desarrollo urbano, turístico e industrial. Extensas áreas de bosques de manglar disminuyen por la extensión de la mancha urbana y desarrollo del turismo que conlleva a la construcción de zonas hoteleras, ésta es la amenaza potencial más grande pudiendo afectar hasta 4,000 ha de manglares, teniendo más incidencia en el Caribe Mexicano (Riviera Maya) y en algunos destinos turísticos de la Península de Baja California. Otro factor es cuando se llevan a cabo obras de infraestructura para la explotación y transporte de petróleo o líneas de distribución de energía eléctrica en los estados de Tabasco, Veracruz y Campeche (López y Ezcurra, 2002).
- ii) Acuicultura. Hace pocas décadas se incrementó la conversión de la cobertura vegetal de los manglares para abrir paso a actividades acuícolas como es la construcción de granjas camaronícolas o bien la camaronicultura, que consiste en la construcción de estanques donde se cría camarón. Es una actividad económica muy importante pero también uno de los más controvertidos por los impactos negativos hacia la naturaleza. En Latinoamérica, México ocupa el segundo lugar en este tipo de industria con 20,000 hectáreas de estanques (Fonseca, 2010).

---

<sup>1</sup> Clasificación tomada de Van Lavieren *et al.* (2012) adecuada para México.

- iii) Agricultura. Los suelos planos y ricos en materia orgánica de los bosques de manglar han favorecido que sean convertidos para tierras de agricultura. Sin embargo esta actividad hace la desecación y rápida e irreversible acidificación de los suelos dando como resultados tierras inutilizables. Los argumentos económicos son poco favorables.

## B. Degradación

- i) Pastoreo. En algunas regiones áridas del mundo los manglares son utilizados para pastoreo, en México no se cuentan con datos exactos acerca de este tema.
- ii) Contaminación. La contaminación por la agricultura (agroquímicos), desechos urbanos, aguas residuales, desechos industriales y la derrama de petróleo con frecuencia terminan en el bosque de manglar. El problema más grave es el establecimiento de campos de explotación y procesamiento de petróleo lo que ha llevado a su derrame ocasional alrededor de dichas instalaciones, causando serias complicaciones en la zona baja de los estados de Veracruz, Tabasco y Campeche. Esto se ve reflejado en la muerte de plántulas, como de árboles debido a que en las raíces contienen lenticelas y funcionan para el intercambio de gases, lo cual les provoca la muerte por asfixia. También reduce el rendimiento de ostión y de muchas otras especies de interés comercial (López y Ezcurra, 2002).
- iii) Alteración de los flujos de agua: Esto consiste en cambios en la hidrología por construcción de caminos y carreteras, construcción de granjas camaronícolas, infraestructura petrolera (CONABIO, 2009). En Quintana Roo y Yucatán, por ejemplo, las carreteras y terracerías interrumpen el flujo superficial de agua en los manglares, alterando la tasa de recambio y la salinidad en las aguas que bañan los sistemas radicales, lo que provoca la mortandad de grandes extensiones de manglar. Otro problema es la

instalación de líneas de distribución de energía eléctrica, la apertura de bocas y la construcción de barras o bordos (López y Ezcurra, 2002).

- iv) Sobreexplotación: Los manglares son afectados de manera directa cuando se extraen recursos maderables y no maderables como: madera para postería, cimbra para construcción, carbón, leña, elaboración de tapos en pesquería o para la extracción de taninos.
- v) Sobrepesca: Los manglares sirven como zona de protección y crianza de especies comerciales como peces (bagre, lisa, mojarra, pargos, robalo, sábalo, etc.), camarones, cangrejos, langostinos y moluscos. La pesquería del camarón, una de las más importantes en México se ha hecho de una manera desmedida afectando en la disminución de dichas especies.
- vi) Impactos naturales: Básicamente se debe a los huracanes o tormentas tropicales. Así mismo son afectados por incendios forestales y enfermedades que pueden causar severos daños a los manglares.

#### **3.6.4 Usos de los manglares**

El gran valor que representa el ecosistema lagunar estuarino desde el punto de vista económico ecológico y social, se refleja en la utilidad que ha prestado a las sociedades humanas a lo largo del tiempo. En el cuadro 2 se muestra la gran variedad de usos que se le puede dar al manglar.



**Cuadro 2.** Manejo y uso potencial del manglar (Hamilton y Snedaker, 1984).

Usos	Productos directos	Origen	Productos indirectos
Combustible	Madera para cocina y calefacción, para ahumar pescado, para cocer ladrillos, en la industria del caucho, carbón y alcohol	Peces	Alimentos, fertilizantes
Construcción	Madera para andamios y para construcción pesada (puentes), pilotes para cubiertas, durmientes para vías férreas, puntales para pozos de minas, vigas, estacas para construcción de embarcaciones, postes para cercas, conductos de agua, madera aglomerada y pegamentos	Crustáceos	Alimentos como camarón y langostinos
Pesca	Estaca para trampas de peces, flotadores para pesca, veneno para peces, taninos para conservación de redes, cobertizos para atracción de peces	Moluscos	Alimentos como ostras y mejillones
Agricultura	Forraje y abonos	Abejas	Miel, cera
Producción de papel	Papel de diversos tipos	Aves	Alimentos, plumas y recreación (observación y caza)
Alimentos, fármacos y bebidas	Azúcar, alcohol, aceite de cocina, vinagre, bebidas fermentadas, caramelos de brotes, verduras de brotes, frutos de hojas, envolturas de cigarrillo; y medicamentos de la corteza, las hojas y los frutos	Reptiles	Pieles, alimento y recreación
Artículos domésticos	Enseres, pegamentos, aceite para peluquería mangos para herramientas, morteros para arroz, juguetes, madera para fósforos, incienso	Anfibios, insectos	Alimentos y recreación
Producción de textiles y cuero	Fibra sintética, tintura para ropa y taninos para conservación del cuero		
otros	Embalaje		

### 3.7 Importancia ecológica y económica de los manglares

Sanjurjo y Welsh (2005), señalan bienes y servicios ambientales que otorgan los manglares y que sirven para dar cuenta del grado en que las comunidades costeras dependen de su ecosistema. De éste se obtienen importantes fuentes de ingreso como la pesca y el turismo, así como diversos servicios ambientales (filtrado

de aguas residuales) y bienes de autoconsumo (pesca, leña y madera). Así mismo proporcionan una descripción del valor económico que componen los bosques de mangle.

Los manglares de acuerdo con la CONABIO (2009), proporcionan una serie de beneficios entre los cuales destacan:

1. Barrera natural de protección que contiene la erosión de vientos y mareas.
2. Ecosistemas altamente productivos, ya que generan una gran cantidad de nutrientes que son exportados por las mareas a las aguas marinas cercanas a la costa, donde son aprovechados por pastos marinos, arrecifes de coral y una variedad de peces que tienen importancia comercial.
3. Zona de protección y crianza de especies comerciales como peces (bagre, lisa, mojarra, pargos, robalo, sábalo, etc.), camarones, cangrejos, langostinos y moluscos.
4. Amortiguamiento de los impactos del acarreo de tierra y contaminantes por las corrientes de agua de ríos y arroyos sobre los arrecifes de coral.
5. Mantenimiento de la línea de costa y sostenimiento de las arenas sobre las playas.
6. Filtro biológico, retención y procesamiento de algunos contaminantes utilizados en la agricultura; filtración de agua y abastecimiento de mantos freáticos.
7. Captura de gases de efecto invernadero y sumideros de bióxido de carbono; producción de leña y carbón por las comunidades rurales.
8. Material de construcción en viviendas rurales y en la fabricación de cercos para la delimitación de los terrenos o el confinamiento de animales para el consumo doméstico; industria de la construcción como puntales para las cimbras.
9. Fabricación de artes de pesca como los tapos, en la elaboración de espigas y puntales para la locomoción de pequeñas embarcaciones en zonas someras de las lagunas costeras y los esteros.
10. Zona de desarrollo de la creciente industria asociada al ecoturismo, avistamiento de aves migratorias, vida silvestre y paisajes.

### **3.8 Restauración de manglares**

Ante la problemática del deterioro ambiental y el agotamiento de los recursos naturales, surge la restauración ecológica (RE) como parte de la biología de conservación para ser tomada en cuenta como una posible respuesta para el manejo de comunidades y ecosistemas muy perturbados y que es relativamente nuevo. De esta manera, dentro de la ecología se toma como base la sucesión ecológica ya que es la columna vertebral de la restauración.

Se entiende como RE a los pasos o actividades necesarias siguiendo los principios ecológicos para llevar a un ecosistema degradado a un estado en donde sus condiciones naturales sean similares (composición, estructura y función) a las que prevalecían antes de su perturbación (SER, 2004). Existen factores que intervienen en dicha restauración como es el social, socioeconómico, comunicación, educación y el uso y administración de los recursos naturales donde estos deben ser analizados en la forma de cómo se relacionan en un lugar determinado ya que permitirá a una buena toma de decisiones.

Dentro de un contexto sinecológico se necesita del estudio de la comunidad vegetal en este caso de manglares para describir y analizar su estructura, su aprovechamiento y grado de perturbación y definir las relaciones funcionales que existan entre los componentes de la comunidad, en un lugar y tiempo determinados y así brindar propuestas para su restauración (Granados y Tapia, 1990).

### **3.9 Sinecología de la comunidad del manglar.**

En general, los estudios de comunidades de manglar, lo han clasificado como etapas “pioneras” o de sucesión consecutivas. Esto significa que son producto de comunidades vegetales terrestres y de agua dulce como salada hasta la formación de suelos (Davis, 1940).

Dentro de la Ecología se encuentra el estudio de las comunidades vegetales (Sinecología) que tiene como finalidad describir y analizar su estructura (vertical y horizontal) para luego definir las relaciones funcionales que existan entre sus componentes y así conocer el estado actual de la comunidad en cuestión (en este caso el manglar).

Para analizar y describir su estructura se toman diversas medidas a la vegetación como: la densidad, área basal, cobertura y frecuencia. Con estos datos podemos obtener el índice de valor de importancia por cada especie, con esto y para un análisis más completo podemos calcular índices de diversidad o de complejidad, además de describir la fisonomía de la vegetación y con esto obtener su ordenación y clasificación.

Desde ésta perspectiva el estudio de la comunidad del manglar es indispensable para conocer su dinámica con el objetivo de que las personas enfrentadas al manejo, aprovechamiento, conservación y restauración cuenten con una herramienta básica y tomen las mejores decisiones.

## **4. MATERIALES Y MÉTODOS**

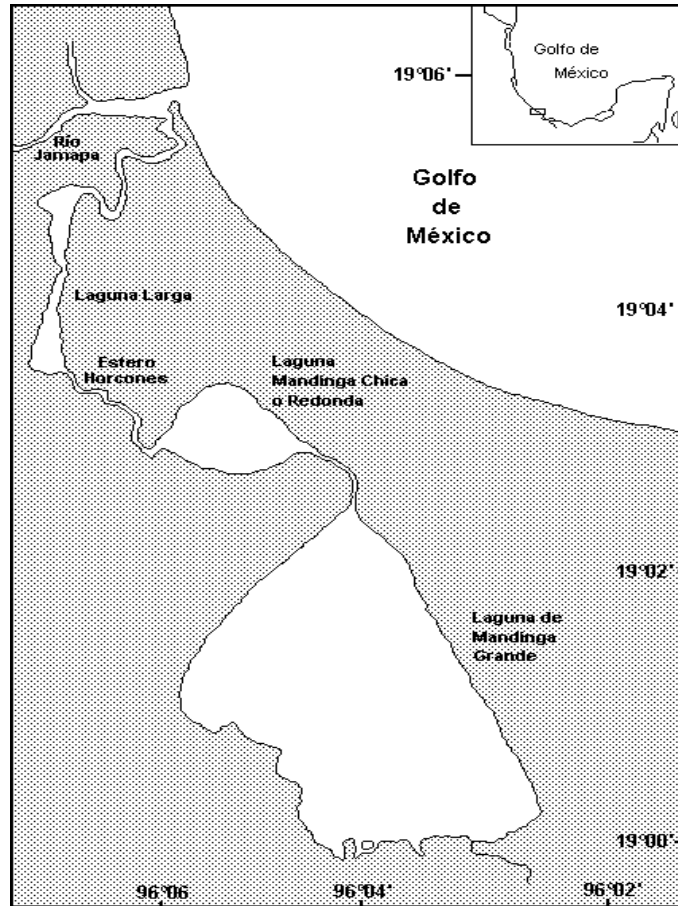
### **4.1 Selección del área de estudio**

El presente estudio se llevó a cabo en el estado de Veracruz, en particular en la Laguna Grande de Mandinga (LGM), seleccionada por su importancia ecológica en cuanto a bienes y servicios brindados y a las fuertes amenazas que presenta, con lo que se encuentra en el listado de sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica. Entre sus principales amenazas se encuentra la deforestación, caza furtiva, introducción de especies exóticas como la tilapia, pesca intensiva y el turismo.

### **4.2 Descripción del área de estudio**

#### **4.2.1 Ubicación y localización geográfica**

La Laguna Grande de Mandinga se localiza en la planicie costera oriental de México en la parte centro del Estado de Veracruz entre los 19°02'24'' de latitud norte y los 96°04'24'' de longitud oeste (Figura 6). La zona está constituida por varios cuerpos lagunares dentro de los cuales se encuentran la laguna Chica de Mandinga y La Larga. El área de estudio colinda al este con el Golfo de México, y es parte constituyente de los municipios de Alvarado, Medellín, Boca del Río y Tlalixcoyan (Lara *et al.*, 2009).



**Figura 5.** Localización geográfica del área de estudio (Chávez *et al.*, 1976; Citado por Rodríguez *et al.*, 2013).

#### 4.2.2 Fisiografía y topografía y geología

Tomando en cuenta una apreciación a nivel estatal, la zona pertenece a la provincia y subprovincia fisiográfica de la llanura costera veracruzana. Este sitio se desarrolla en planicies lacustro-palustres, muy bajas, planas, con microrelieve palustre y biogénico. En cuanto a la geología omitiendo los cuerpos de agua se encuentra Aluvial (44.6 %), Eólico (36.9%) y Lacustre (17.9 %) (Lara *et al.*, 2009).

### **4.2.3 Hidrografía**

La zona de estudio pertenece a la región morfológica centro Veracruz, a la región hidrológica 28 del Papaloapan, cuenca y subcuenca del Río Jamapa (100%). El Sistema Lagunar Mandinga (SLM) está constituido por tres principales cuerpos de agua; la Laguna de Mandinga Grande (1,798 ha), Mandinga Chica o Redonda (205 ha) y La Larga (105 ha). Estas lagunas se encuentran interconectadas por tres esteros; El Conchal, cuya parte terminal se ubica en la posición noreste de la laguna La Larga, comunicando al sistema con el mar, el estero Horcones que inicia en la parte suroeste de la laguna La Larga uniéndose con la Laguna Chica de Mandinga o Redonda en el extremo occidental y por último el estero Mandinga, que conecta a la Laguna Chica y Grande de Mandinga. El SML tiene una extensión de 3, 250 ha y una longitud de 20 km aproximadamente, con una orientación norte-sur. Los principales aportes de agua al sistema son el río Jamapa y marea del Golfo de México. El tipo de humedal es de ámbito marino-costero de sistema estuarino con subsistema intermareal de clase humedal arbóreo (Rodríguez *et al.*, 2013).

### **4.2.4 Clima**

El tipo climático predominante en la región es el Aw<sub>2</sub> (w), cálido subhúmedo. Las estaciones climáticas para este sistema son: nortes de noviembre a febrero; secas de marzo a junio y lluvias de julio hasta octubre. Presenta una precipitación en la temporada de lluvias de 1400 a 1700 mm y en secas de 125 a 200 mm y un porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual. Precipitación del mes más seco entre 0 y 60 mm. Lluvias de verano con índice P/T mayor de 55.3. La temperatura media en periodo de secas está entre 18 °C y 27 °C y en época de lluvias entre 22.5 °C y 33 °C. La temperatura media anual mayor de 22 °C y temperatura del mes más frío mayor de 18 °C., (García, 1990).

#### **4.2.5 Suelos**

Los tipos predominantes son el Vertisol (70%), Regosol (15.2%) y Gleysol (14.8%). La salinidad del agua oscila en 7.1 ups (unidades prácticas de salinidad) a 39.9 Kg/g. Las condiciones de reducción-oxidación son de -183 mV. El pH oscila de 5.9 a 8.3, 7.17 en promedio (Lara *et al.*, 2009).

#### **4.2.6 Vegetación**

Se encuentran varios tipos de vegetación aunque la predominante es el manglar donde se encuentra a *Rhizophora mangle* (mangle rojo), *Avicennia germinans* (mangle negro) y *Laguncularia racemosa* (mangle blanco), todas ellas Sujetas a Protección Especial de acuerdo a la NOM 059 SEMARNAT-2010. Se reconocen tres tipos de manglar: el borde ubicado a la orilla de la laguna y dominado por *R. mangle*; manglar de cuenca (interno) formado por comunidades mono específicas de *A. germinans* y mixtas dominadas por *L. racemosa*; manglar de isla presentándose las tres especies de mangle. La superficie de manglar es de 428 ha o bien 4.28 km<sup>2</sup>.

Además, se presentan otros tipos de vegetación ubicados en los márgenes del sistema lagunar principal como es la selva baja caducifolia (*Bursera simaruba*) y vegetación de dunas costeras (Lara *et al.*, 2009).

#### **4.3 Metodología**

Ésta investigación contempló fundamentalmente dos aspectos: realización del muestro y el levantamiento de información para la determinación de la estructura fisonómica; así como la participación de fases de gabinete, laboratorio y de campo a lo largo de la misma.



### 4.3.1 Selección de los transectos

Se realizaron once transectos paralelos ubicados alrededor de la laguna con longitud variable entre 25 y 250 m de los cuales se ubicaron siete transectos en la parte este (E) y cuatro en el noroeste (NO). Dos transectos más se trabajaron en las islas de la laguna; uno en la parte (E) y otro en la parte (NO).

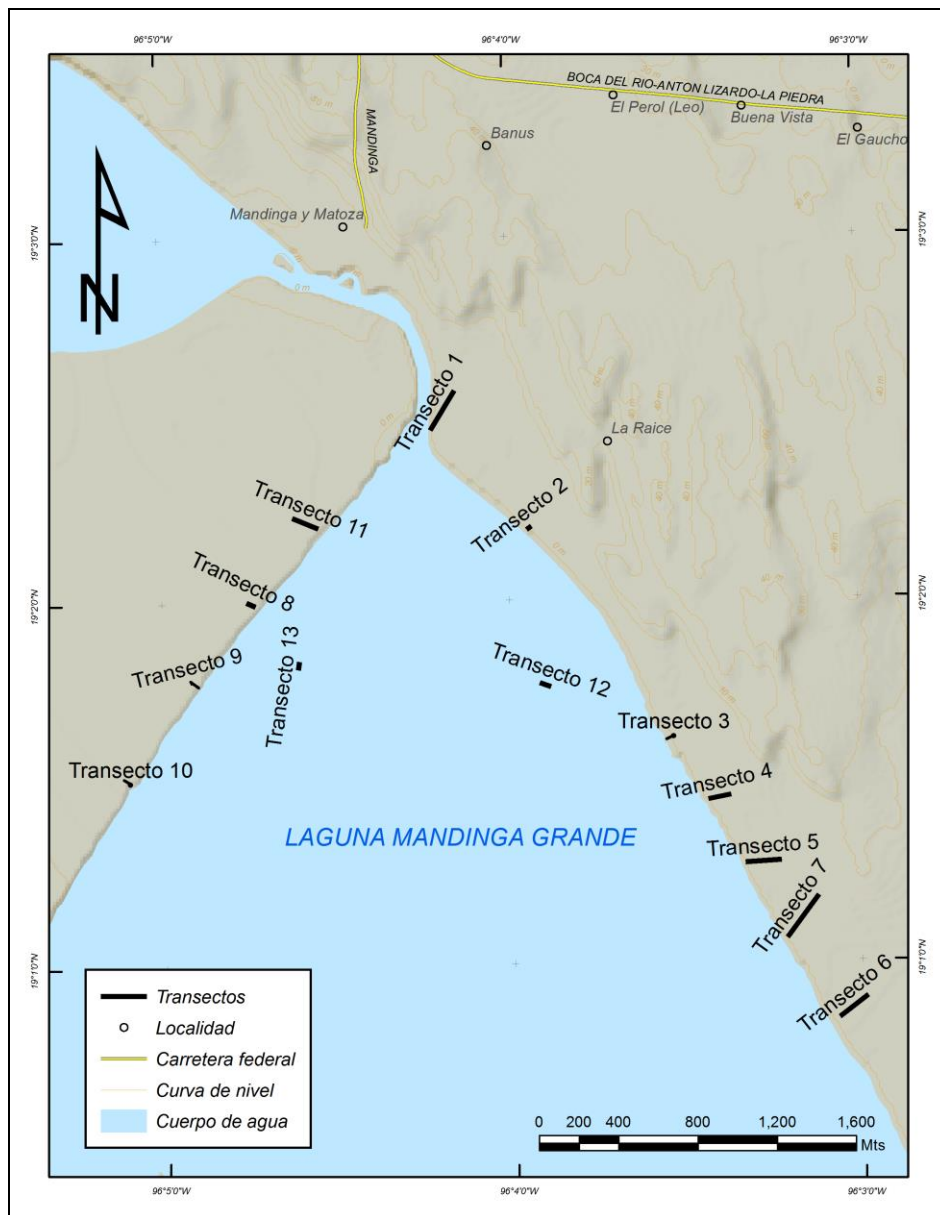


Figura 6. Localización de los transectos.

### 4.3.2 Muestreo del manglar

En la mayoría de estudios ecológicos cuantitativos de comunidades arbóreas se utilizan métodos con área para la realización de muestreos como es la delimitación de una parcela con un área determinada en donde se contabilizan todos los individuos que se encuentran en ella (Müeller y Ellenberg, 1974; Cottam y Curtis, 1956). Sin embargo, una de las desventajas es que los resultados se verán afectados dependiendo del tamaño, forma y número de parcelas empleadas, además de su dificultad que lleva a emplear mayor tiempo y recursos humanos, aumentando muchas veces los costos de la investigación. Otro aspecto es el llamado efecto borde, en el que hay que tomar la decisión de registrar o no los individuos que caen exactamente en el límite de la parcela, lo que ocasiona sobre o subestimaciones de los resultados (Brower y Zar, 1977). Con respecto a lo anterior, los manglares son comunidades muy densas y de baja diversidad, que además presentan serias dificultades para el establecimiento de parcelas de muestreo.

Como una alternativa a este tipo de metodologías se tiene una serie de procedimientos conocidos con el nombre de métodos sin área que están particularmente adaptados a aquellos tipos de vegetación en donde se dificultan las delimitaciones de parcelas, tal es el caso del método del cuadrante con un punto centrado que no requiere de un factor de corrección, es simple en su aplicación, pero cuatro veces más intensivo por lo que requiere menos tiempo en campo y ha tenido una amplia aceptación (Cottam y Curtis, 1956; Müeller y Ellenberg, 1974; Brower y Zar, 1977).

Por todo lo establecido anteriormente, el método de muestreo aplicado fue el cuadrante con punto centrado de Cottam y Curtis (1956) y modificado para manglares por Cintrón y Novelli (1974) (Citados por Agraz *et al.*, 2006) (Figura 7), el cual consistió en transectos perpendiculares ubicados alrededor de la laguna con varios puntos (12 en promedio). El transecto en su inicio y término fue georreferenciado con GPS (Sistema de Posicionamiento Global), el rumbo fue

dirigido a través de brújula. En cada punto se colocó una cruceta de madera de 1 m de largo, definiendo así cuatro cuadrantes y en cada uno se midió la distancia en metros del árbol (o fuste) más cercano al punto central, diámetro a la altura del pecho (1.30 m de altura aproximadamente) en centímetros y a 30 cm por arriba de las raíces adventicias en el caso de *R. mangle*. Se identificó la especie y altura aproximada, excluyendo los individuos con diámetros menores a 2.5 cm. La distancia entre punto y punto varió de 20 a 30 m. El recorrido del transecto fue de agua hacia tierra.

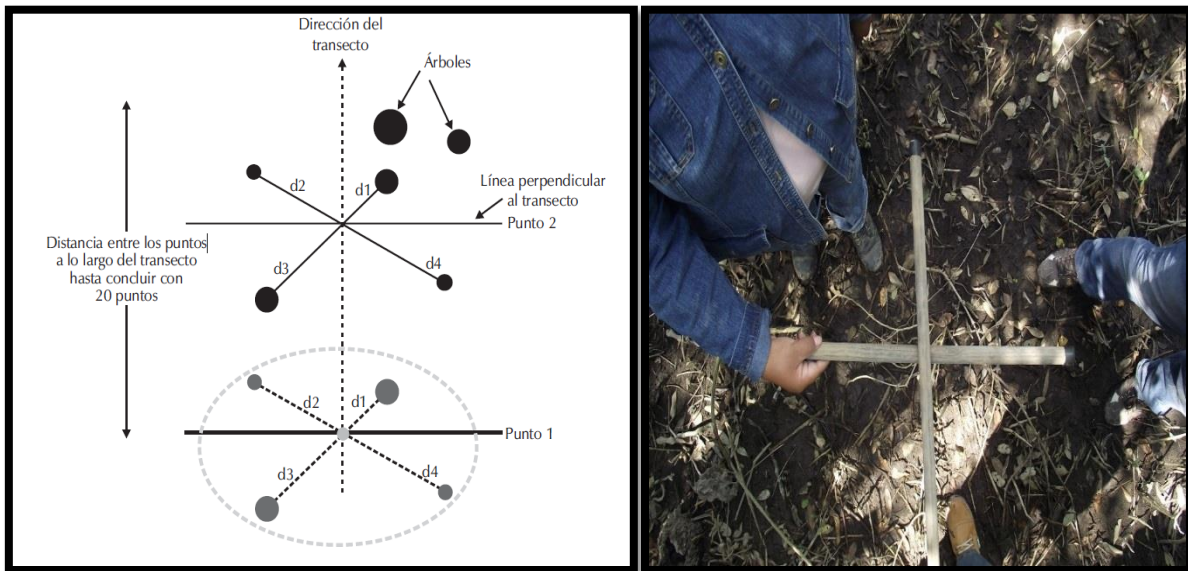


Figura 7. Método de cuadrantes (Agraz *et al.*, 2006).

El periodo de trabajo en campo comprendió varios días y diferentes fechas durante septiembre de 2013 a septiembre de 2014, en donde se visitaron los sitios cubiertos con manglar para definir los transectos, la realización del muestreo y además se hicieron entrevistas en comunicación personal a algunos lugareños conocedores obteniendo información respecto a las actividades de usos y aprovechamientos que giran en torno al manglar.

### **4.3.3 Estructura horizontal del manglar**

Se determinó la estructura fisonómica del bosque de manglares mediante perfiles fisonómicos dimensionales de tipo semirrealista, según el método de Richards en 1952 (Granados y Tapia, 1990); son la representación bidimensional de la vegetación donde se indican básicamente estratos, especies, altura, espaciamientos y apariencia externa de la misma.

### **4.3.4 Estructura vertical del manglar**

Una vez obtenida la información en campo se procedió a realizar la estimación de dos índices de valor estructural: a) índice de valor de importancia (IVI), b) índice de complejidad de Holdridge (IC), así como el índice de diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ).

### **4.3.5 Cálculos**

La información se organizó por especie, clase de altura (5 m de amplitud) y categoría diamétrica (5 cm de amplitud). Se obtuvieron tres clases de altura: 5, 10 y 15 m. La clase 5 corresponde a aquellos árboles que midieron de 2.5 a 7.4 m de altura, la clase 10 a los árboles que midieron de 7.5 a 12.4 m de altura y la clase 15 a los árboles que midieron de 12.5 a 17.4 m de altura respectivamente. En el caso de la categoría diamétrica, la categoría 5 se refiere a aquellos árboles que midieron de 2.5 a 7.4 cm de diámetro normal (DN), la categoría 10 a los que midieron de 7.5 a 12.4 cm de DN, así sucesivamente, hasta la categoría 40 (Corella *et al.*, 2001).

El área basal de los tallos mayores a 2.5 cm de DN fue calculada con la siguiente fórmula:

$$AB = \frac{\pi}{4} (DN)^2$$

Dónde:

AB= Área basal (m<sup>2</sup>)

$\Pi$ = 3.1416

DN= Diámetro normal (1.3 m).

### **Índice de valor de importancia**

Índice de Valor de Importancia (IVI): Es un resumen de los valores cuantitativos de cada especie y permite ordenar las especies de mayor a menor. Proporciona una buena idea de cuáles son las especies más importantes en la comunidad debido a su abundancia o al espacio que ocupan. Los valores de densidad, cobertura y frecuencia oscilan desde los valores de 0 hasta 100, en tanto que los valores obtenidos de la sumatoria de estos parámetros puede oscilar desde 0 a 300 por especie, siendo que la sumatoria total de todas las especies debe ser 300 (Moreno y Warner, 2009).

$$(IVI) = \Sigma (DR + Domr + FR)$$

- Densidad

Distancia total: suma de las distancias de todos los individuos.

Distancia media: promedio de las distancias de todos los individuos.

Área media: (distancia total / número de individuos muestreados)<sup>2</sup>

$$\text{Densidad relativa} = \frac{\# \text{ de individuos de una especie}}{\text{Total de individuos de todas las especies}} (100)$$

La densidad relativa es el número de individuos de una especie dada en la comunidad.

$$\text{Densidad por especie} = \frac{\text{Densidad relativa de la especie}}{100} (\text{Densidad total})$$

- Dominancia

La dominancia de una especie estará dada en términos del área basal de la misma.

Dominancia = (densidad de la especie) (área basal promedio por especie).

$$\text{Dominancia Relativa (Domr)} = \frac{\text{Dominancia de una especie}}{\text{Dominancia total de todas la especies}} (100).$$

- Frecuencia

$$\text{Fa (Frecuencia absoluta)} = \frac{\# \text{ de cuadros en los que aparece una especie}}{\# \text{ total de cuadros muestreados}} (100)$$

$$\text{FR (Frecuencia relativa)} = \frac{\text{Fa}}{\text{Frecuencia absoluta de todas las especies}} (100).$$

### **Cálculo del (VI)**

$$\text{VI} = (\text{IVI})/3$$

El valor de importancia por especie se mide en porcentaje que va desde cero hasta 100 y por lo tanto la sumatoria total de todas las especies debe ser de 100.

### **Índice de Complejidad de Holdridge**

El índice de complejidad de Holdridge (IC) es una medida que integra las características estructurales y florísticas y cuantifica el grado de desarrollo estructural de un rodal.

$$IC = s d b h 10^{-3}$$

Donde:

s= Número de especies de árboles

d= Densidad de árboles  $\geq 2.5$  cm de DAP

b= Área basal ( $m^2$ )

h= Altura (m) de los tres árboles más altos

### Índice de Shannon-Wiener ( $H$ )

El índice de diversidad de Shannon-Wiener ( $H$ ) describe la riqueza o número de especies que hay en un sitio o lugar.

$$H = - \sum_{i=1}^n (p_i) (\log_2 p_i)$$

Donde:

$P_i = N_i/N$ ;  $N_i = \#$  de organismos por especie,  $N = \#$  de organismos de la muestra

$H =$  Índice de diversidad (o cantidad de entropía).

$p_i =$  Importancia relativa de cada especie como fracción de la comunidad total.

#### 4.4 Levantamiento florístico

En cada transecto se realizó un barrido de la vegetación, identificando las especies que se encontraron. Las especies que no se pudieron identificar en campo fueron colectadas y prensadas para su posterior identificación. El material botánico que se colectó se llevó al herbario del Departamento de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma Chapingo, donde se identificaron dichas especies.

#### 4.5 Materiales

Para efectuar el muestreo y sus respectivas mediciones se contó con la ayuda de un lugareño para el traslado entre los transectos mediante lancha de fibra de vidrio con motor fuera de borda de 50 HP. Las herramientas para las mediciones fueron: cintas diamétricas, pistola haga, flexómetros (5 m), cintas métricas (30 m), machete, brújulas, Sistema de geo posicionamiento global (GPS), cámara fotográfica, así como formatos para la toma de datos, prensa botánica y crucetas de madera.

#### 4.6 Análisis estadístico

Se organizaron los datos en el programa Excel, para realizar los cálculos, obteniendo: densidad, área basal, altura del dosel y diámetro, con el objetivo de conocerlos para cada transecto así como para cada especie. Se elaboraron las gráficas correspondientes (Apéndice) de los atributos siguientes: altura, diámetro, y área basal, esto, para cada transecto y gráficas promedio para cada especie.

El programa estadístico SAS (Statistical Analysis System 1999) se aplicó para el análisis de varianza a los datos promedio de cada especie, para ello se utilizaron datos del atributo estructural a analizar (altura, diámetro, área basal) los cuales ya se encontraban dentro de clases de alturas y diamétricas respectivamente. Los datos se analizaron en un diseño en bloques completamente al azar. Se hizo una comparación de medias con la prueba de Tukey ( $P < 0.05$ ) para identificar posibles diferencias.

Modelo estadístico de análisis:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_i + \tau_j + \epsilon_{ij}$$



Dónde:

$i=1, \dots, n$  índice para bloques (transectos).

$j= 1, \dots, n$  índice para tratamientos (Altura, Diámetro y Área Basal).

$\tau_j$ = son efectos de tratamientos.

$\beta_i$ =efectos de bloques

#### **4.7 Programa de restauración del manglar**

Con base al análisis sinecológico, económico, usos y aprovechamiento que inciden sobre dicha vegetación se proponen actividades o recomendaciones que encaminen y/o faciliten la restauración del manglar de Mandinga, Veracruz.

La base primordial de la restauración del manglar radica en que dicho sitio ha sido afectado y es amenazado por actividades humanas como la deforestación, caza furtiva, introducción de especies exóticas como la tilapia, pesca intensiva y el turismo, con lo que se le ha listado en los sitios con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica.

Lo que se sabe con respecto a la recuperación de manglares a través de varios años, es que para diseñar un plan exitoso de restauración se deben cumplir con los siguientes criterios y que se tomaron para este caso:

- Entender los patrones de topografía, marea que controlan la distribución y el éxito del establecimiento y crecimiento de las especies claves a restaurar.
- Entender la ecología de las especies de manglar del sitio en particular como los patrones de reproducción, dispersión, distribución y flujo de propágulos y sitios exitosos.
- Identificar el o los disturbios que provocan modificaciones del hábitat que evitan la regeneración natural de los manglares.
- Restaurar y/o establecer apropiadamente los flujos de agua e hidrología.



- Solo utilizar la técnica de plantaciones de propágulos, plántulas colectadas *in situ* o plantas producidas en vivero.
- Generar un programa de educación ambiental acerca de este recurso natural.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Laguna Grande de Mandinga, Veracruz, se encontraron las siguientes características referentes a su estructura forestal.

Se encuentran tres especies de mangle zonificados en gradiente agua-tierra: *Rhizophora mangle* quien está sobre el borde de la laguna en contacto directo con el agua, desarrollándose así en condiciones de mayor inmersión del suelo, por lo que es considerada como especie pionera en los límites terrestres y marinos. Seguido se localiza *Avicennia germinans* quien soporta inundaciones periódicas y con sustrato más estable que en *R. mangle*. Por último, detrás de *A. germinans* está *Laguncularia racemosa* habitando en sustrato firme y de nula inundación (Figura 8). El gran ausente en el área de estudio es *Conocarpus erectus*, posiblemente su ausencia se deba a que no es un mangle verdadero y que solo se asocia con las otras especies de mangle.



**Figura 8.** Zonificación de las especies de manglar en la Laguna Grande de Mandinga, Veracruz. *R. mangle* (izquierda), *A. germinans* (centro) y *L. racemosa* (derecha).

Se distinguen tres tipos de manglar: a) De borde (*R. mangle*) b) De cuenca o Interno (*A. germinans* y *L. racemosa*) y c) De isla (*R. mangle*, *A. germinans* y *L. racemosa*, figura 9).

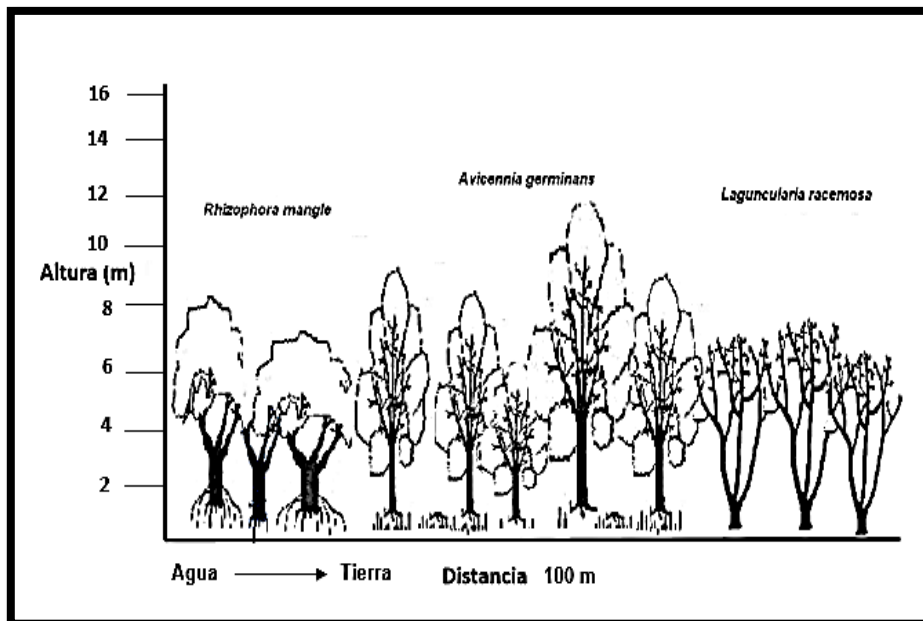


Figura 9. Manglar de isla.

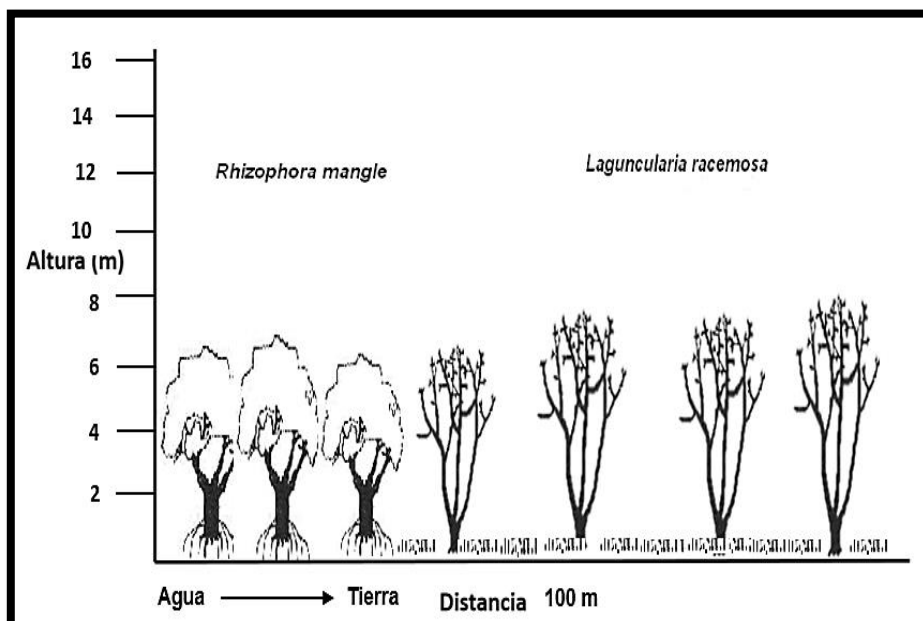
Se obtuvo la lista florística con 103 especies (Apéndice), comprendidas en 42 familias y 83 géneros. Destacan: *Batis maritima* (herbácea) es constante en el manglar. El helecho *Acrostichum aureum* se encontró en lugares perturbados con poca vegetación de manglar (en claros), y bromelias como *Tillandsia fasciculata*, *Tillandsia polystachia*.

### 5.1 Estructura del bosque

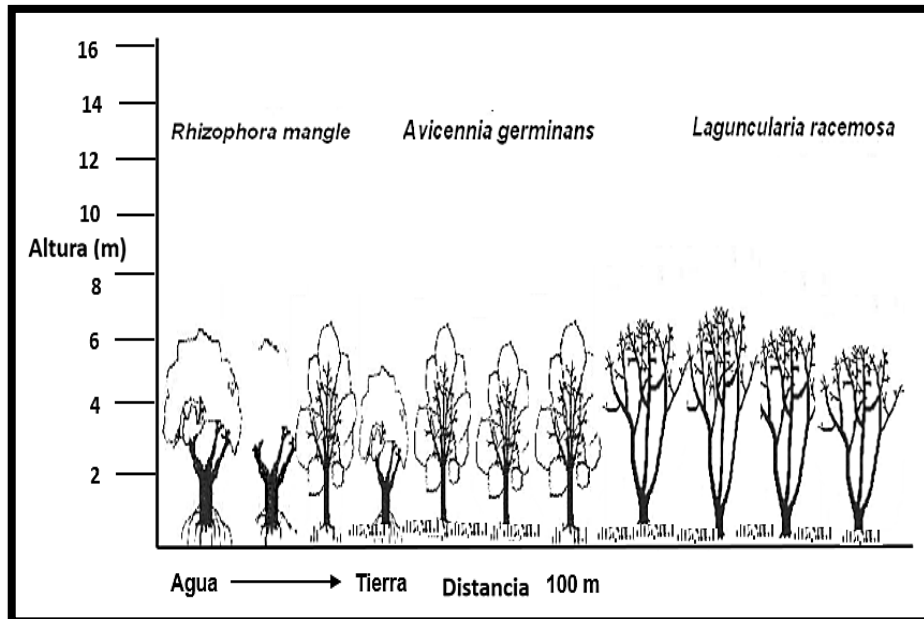
El bosque de mangles predominante en la LGM fue el de tipo cuenca o interno donde *A. germinans* presentó su mejor desarrollo, mientras que hacia los extremos (borde de la laguna y tierra firme) la estructura de la vegetación fue menor, mostrándose en los siguientes perfiles semirrealistas:



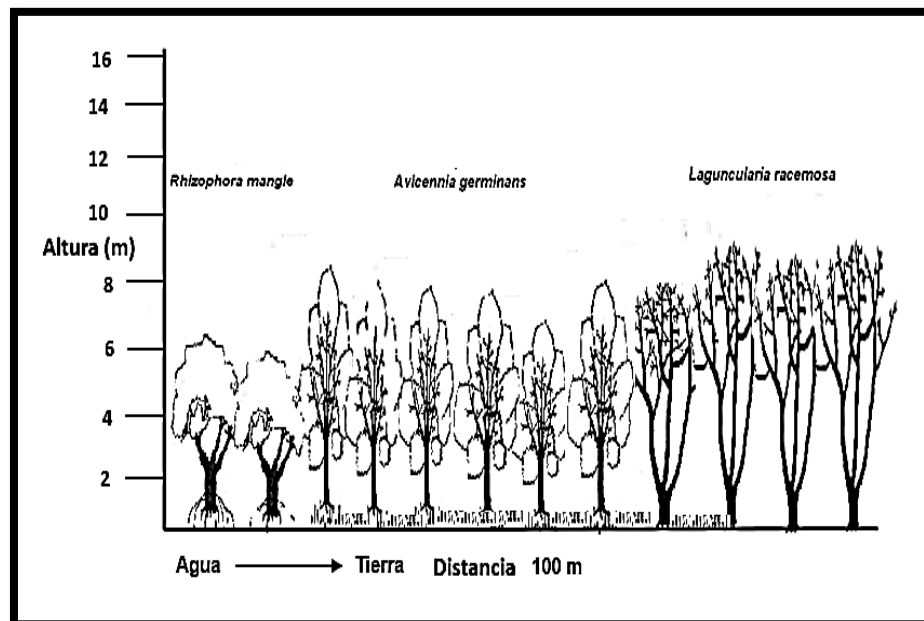
**Figura 10.** Perfil fisonómico semirrealista del transecto 1, localizado en la parte noreste de la laguna. El mejor desarrollo estructural se presentó en el manglar interno, donde *A. germinans* obtuvo mayor altura, diámetro, densidad y área basal, seguido de *L. racemosa*. Sin embargo *R. mangle* presentó mayor diámetro promedio que *L. racemosa*. La altura promedio en el arbolado fue de 7.7 m, una densidad de 907 árboles·ha<sup>-1</sup> con 4.5 m<sup>2</sup> de área basal.



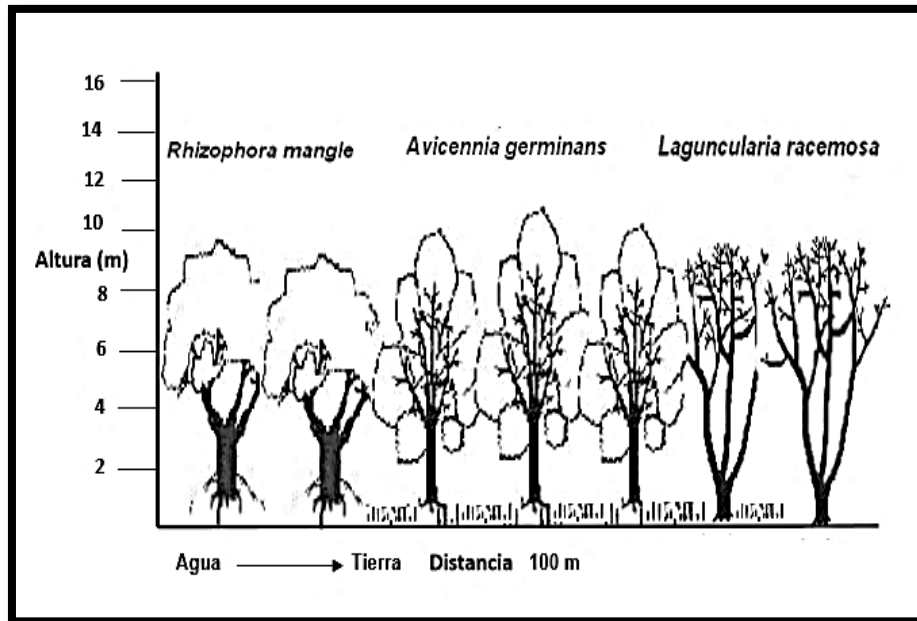
**Figura 11.** Perfil fisonómico semirrealista del transecto 2, localizado en la parte noreste de la laguna. En este transecto *A. germinans* estuvo ausente probablemente a que la zona presentaba disturbios. *L. racemosa* dominó el manglar interno así como también en altura, diámetro y área basal promedio. La densidad en el transecto fue de 470 árboles·ha<sup>-1</sup>, área basal de 2.6 m<sup>2</sup> y una altura de 8.3 m.



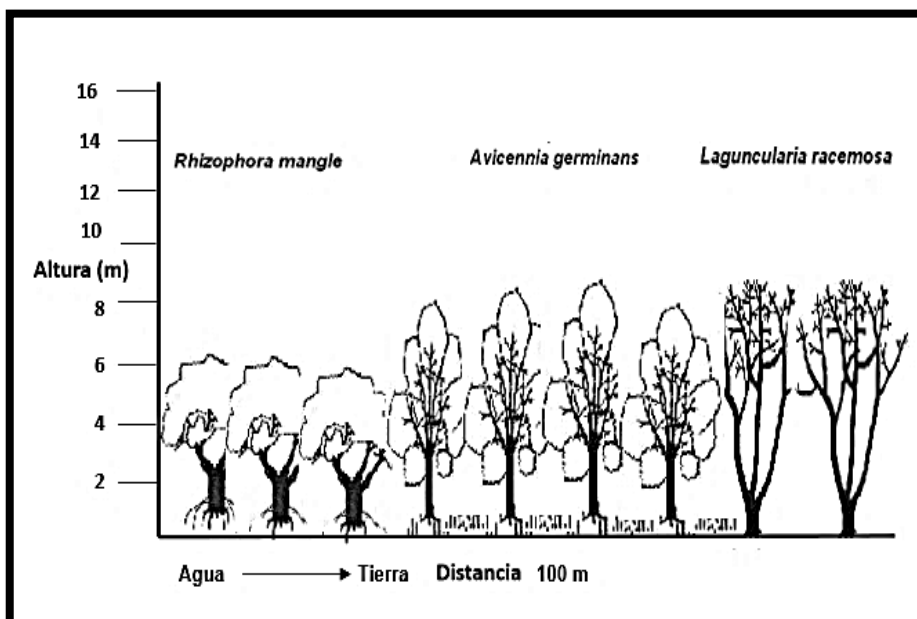
**Figura 12.** Perfil fisonómico semirrealista del transecto 3, localizado en la parte noreste de la laguna. *L. racemosa* presentó mejor desarrollo dentro del manglar interno en diámetro, altura y área basal promedio. La altura del arbolado fue de 6 m, la menor en promedio de los transectos ubicados alrededor de la laguna. La densidad fue de 675 árboles·ha<sup>-1</sup> y un área basal de 3.9 m<sup>2</sup>.



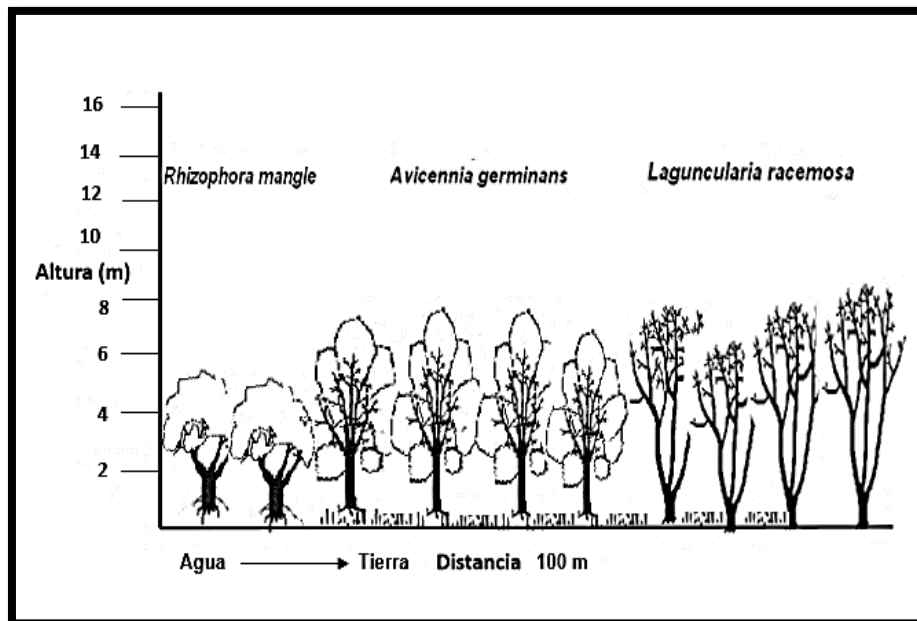
**Figura 13.** Perfil fisonómico semirrealista del transecto 4, ubicado en la parte noreste de la laguna. La mayor altura fue para *L. racemosa* mientras que en diámetro fue *A. germinans*. La densidad en el transecto fue de 1539 árboles·ha<sup>-1</sup>, la mayor para todos los transectos. El área basal con 10.3 m<sup>2</sup> y una altura de 8 m.



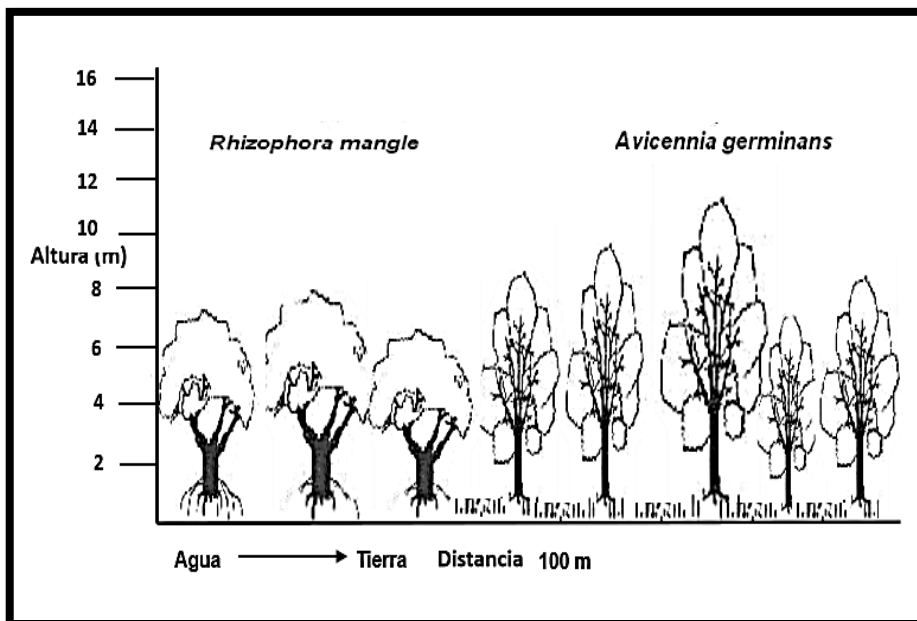
**Figura 14.** Perfil fisonómico semirrealista del transecto 5, ubicado en la parte este de la laguna. *A. germinans* presentó altura y diámetro mayor promedio que *L. racemosa* en el manglar interno. *R. mangle* presentó una de las mayores alturas (9.3 m) con respecto a los demás transectos en el manglar de borde. La altura del transecto fue de 10.6 m, la mayor registrada en todos los transectos, una densidad de 582 árboles·ha<sup>-1</sup> y con 9.6 m<sup>2</sup> en área basal.



**Figura 15.** Perfil fisonómico semirrealista del transecto 6, ubicado en la parte este de la laguna. En el manglar interno fue *L. racemosa* quien dominó en altura (10.5 m) mientras que en diámetro (29.5 cm) fue para *A. germinans*. La altura en el transecto fue de 8.6 m, un diámetro de 21 cm, el mayor con respecto a los demás transectos con un área basal de 8.4 m<sup>2</sup> y densidad de 709 árboles·ha<sup>-1</sup>.

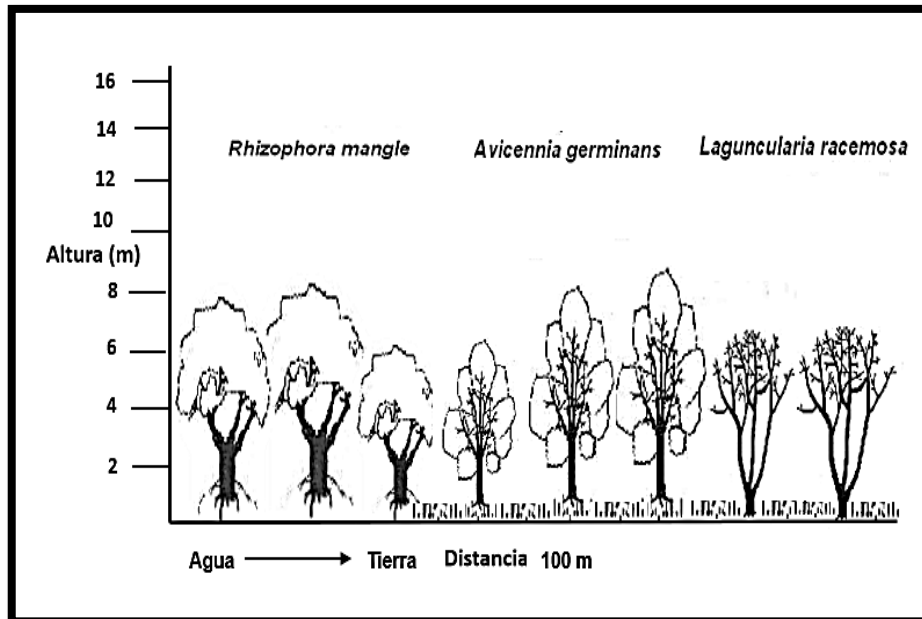


**Figura 16.** Perfil fisonómico semirrealista del transecto 7, ubicado en la parte sureste en la laguna. *R. mangle* mostró una altura de 3.8 m, la menor en todos los transectos. *L. racemosa* dominó en altura con 10.4 m pero *A. germinans* en diámetro con 20.4 cm, esto en el manglar interno. La altura en el transecto fue de 7.7 m, un área basal de 8.4 m<sup>2</sup> y una densidad de 912 árboles·ha<sup>-1</sup>.

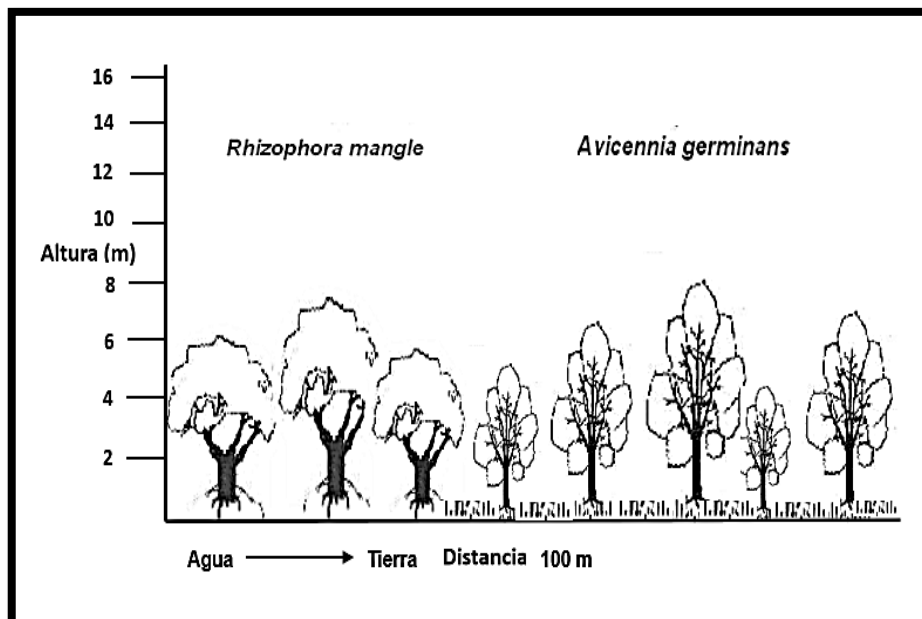


**Figura 17.** Perfil fisonómico semirrealista del transecto 8, ubicado en la parte noroeste en la laguna. *L. racemosa* estuvo ausente en el transecto debido a la reducida franja que ocupa el manglar de la laguna hacia tierra firme. *A. germinans* mostró mayor altura (9.9 m) y diámetro (19.6 cm). El promedio en altura para el transecto fue de 8.7 m, con un diámetro de 14.2 cm, 13.4 m<sup>2</sup> en área basal y 1266 árboles·ha<sup>-1</sup>.

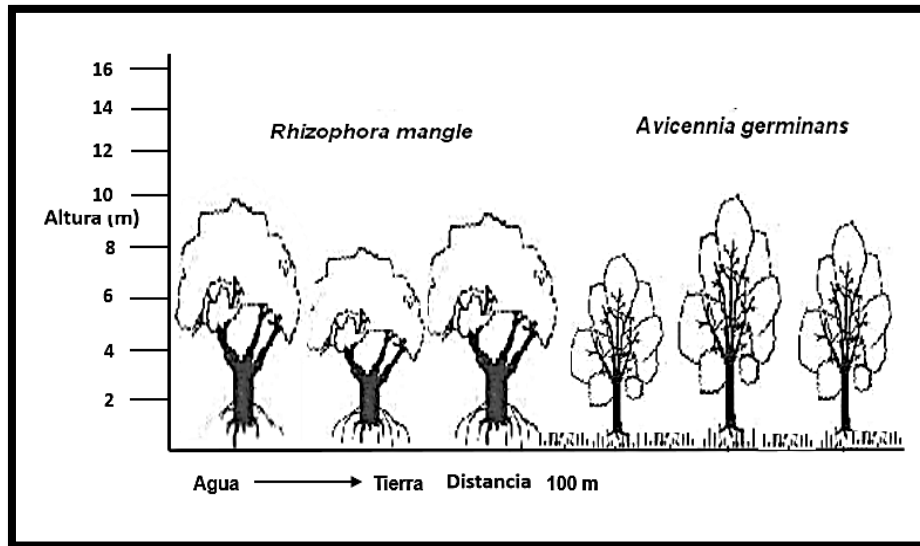




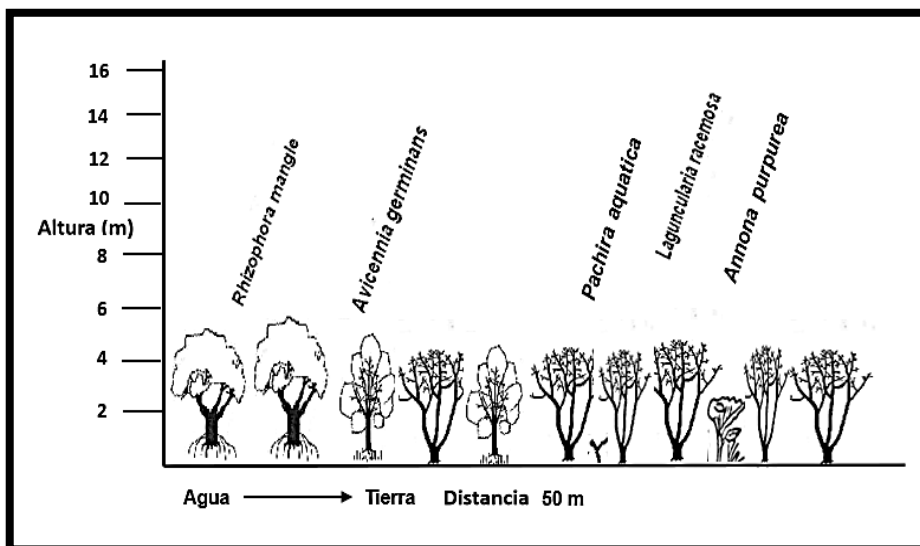
**Figura 18.** Perfil fisonómico semirrealista del transecto 9, ubicado en la parte noroeste en la laguna. En el manglar interno *L. racemosa* alcanzo las mayores alturas con un promedio de 8 m, sin embargo *A. germinans* lo hizo en diámetro (14.8 m). En el transecto se tuvo una altura promedio de 7 m con un diámetro de 9.4 cm, 5 m<sup>2</sup> en área basal y 930 árboles·ha<sup>-1</sup>.



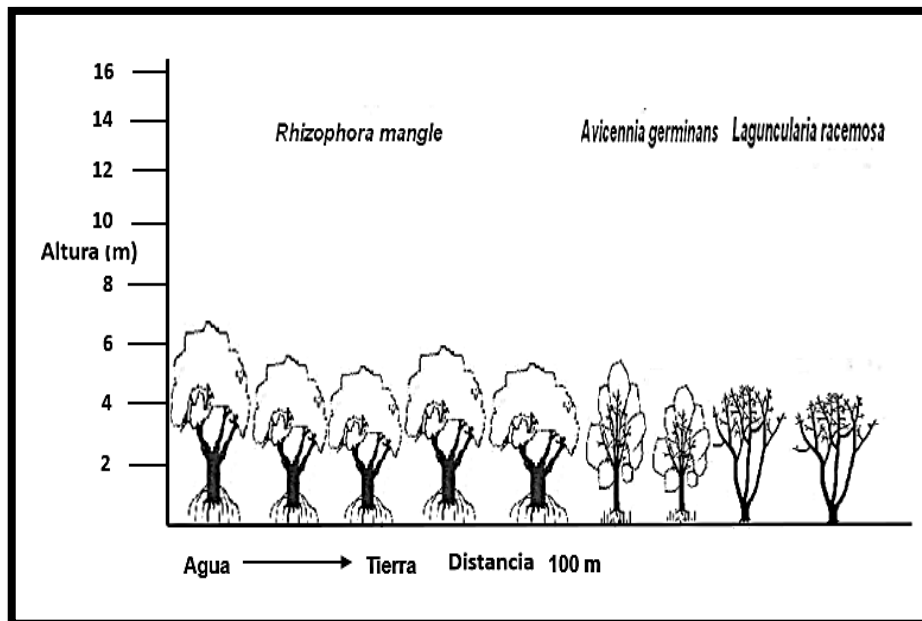
**Figura 19.** Perfil fisonómico semirrealista del transecto 10, ubicado en la parte oeste de la laguna. *A. germinans* obtuvo mayor diámetro (16.8 cm) y altura (9.3 m) promedio, mientras que *R. mangle* en el manglar de borde presentó menor estructura. En este transecto estuvo ausente *L. racemosa* debido a la reducida franja del manglar. La altura promedio en el transecto fue de 7.7 m, un diámetro de 10.4 cm con un área basal de 7 m<sup>2</sup> y 620 árboles·ha<sup>-1</sup>.



**Figura 20.** Perfil fisonómico semirrealista del transecto 11, ubicado en la parte oeste de la laguna. *R. mangle* alcanzó la mayor altura con 9.3 m así como diámetro de 20.8 cm. La ausencia de *L. racemosa* en el transecto es debido a la angosta franja que ocupa el manglar en la laguna, como en los transectos 8 y 10. La altura promedio fue de 8.1 m, 16.5 cm en diámetro, el área basal con 3.3 m<sup>2</sup> y una densidad de 212 árboles·ha<sup>-1</sup>.



**Figura 21.** Perfil fisonómico semirrealista del transecto 12 (Isla 1), ubicado en la parte noreste de la laguna. La isla presenta un área aproximada de 500 m<sup>2</sup> por lo que los atributos estructurales como la densidad fueron estimados con dicha área. La formación de la isla es de aproximadamente 30 años, por lo cual la vegetación es relativamente joven. La altura promedio del arbolado fue de 5.8 m, con un diámetro de 6.4 cm y una densidad de 208 árboles. Además de las tres especies de mangle se registraron *Pachira acuatica* y *Annona purpurea*, su probable presencia en la isla se deba a la dispersión por aves.



**Figura 22.** Perfil fisonómico semirrealista del transecto 13 (Isla 2), ubicado en la parte noroeste de la laguna. La isla tiene un área aproximada de 2500 m<sup>2</sup>, de esta manera la densidad se obtuvo con respecto a dicha área. Se encuentran las tres especies de mangle, en donde *R. mangle* tuvo mayor densidad. La altura del arbolado fue de 5.1 m, con un diámetro de 10.2 cm y una densidad de 350 árboles. Ésta isla tiene un tiempo de formación aproximado de 30 años y fue hecha con la acumulación de desperdicios de conchas (al igual que en la isla 1) y cabe mencionar que funciona como hábitat en donde anidan y se alimentan diversas especies de aves.

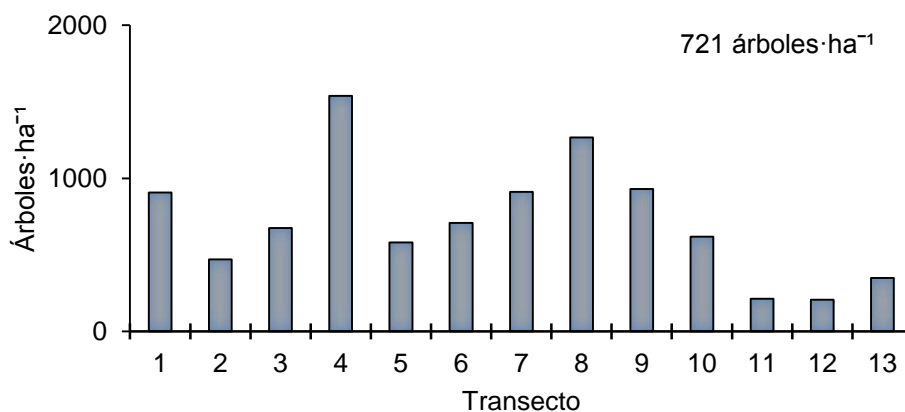
### 5.1.1 Densidad

En el área de estudio, la densidad promedio en trece transectos de mangle fue de 721 árboles·ha<sup>-1</sup>, compuesto de la siguiente manera: *A. germinans* con 384 árboles·ha<sup>-1</sup> (46.9%), *L. racemosa* 167 árboles·ha<sup>-1</sup> (26.5%) y *R. mangle* 170 árboles·ha<sup>-1</sup> (26.7%) como se muestra en la figura 23.

Estudios realizados en México, así como en otros países para manglares, han utilizado métodos con área, lo que les permite especificar y establecer sus unidades de muestreo entre rodales puros o mixtos de manglar, caso contrario a este trabajo, de modo que no se podría comparar con la misma analogía. Sin embargo como las especies de mangle en el presente estudio se encuentran bien zonificadas, es decir, la presencia de cada especie en una zona determinada (masas o rodales

puros) durante el recorrido del transecto, pueden compararse, no obstante también se comparan investigaciones con métodos sin área. De esta manera, Téllez y Valdez (2010), para rodales de *R. mangle* tuvieron 1367 árboles·ha<sup>-1</sup>, mixtos de *L. racemosa*-*R. mangle* con 980 árboles·ha<sup>-1</sup> y *L. racemosa* con 680 árboles·ha<sup>-1</sup> en Laguna de Cuyutlán, Colima.

Corella *et al.* (2001) reportaron una densidad de 2601 árboles·ha<sup>-1</sup> en los Pantanos de Centla, Tabasco (*R. mangle* con 1109 árboles·ha<sup>-1</sup>, *A. germinans* y *L. racemosa* con 774 y 718 árboles·ha<sup>-1</sup>); Pool *et al.* (1977) obtuvieron 1790 árboles·ha<sup>-1</sup> en Sinaloa; Jiménez y González, (1996) reportaron una densidad de 2312 árboles·ha<sup>-1</sup> (1706 de *L. racemosa* y 606 de *R. mangle*) en la Laguna de Juluápan, Colima; por lo tanto, se considera que las densidades obtenidas en la Laguna Grande de Mandinga, Veracruz, fueron bajas con respecto a los estudios consultados.

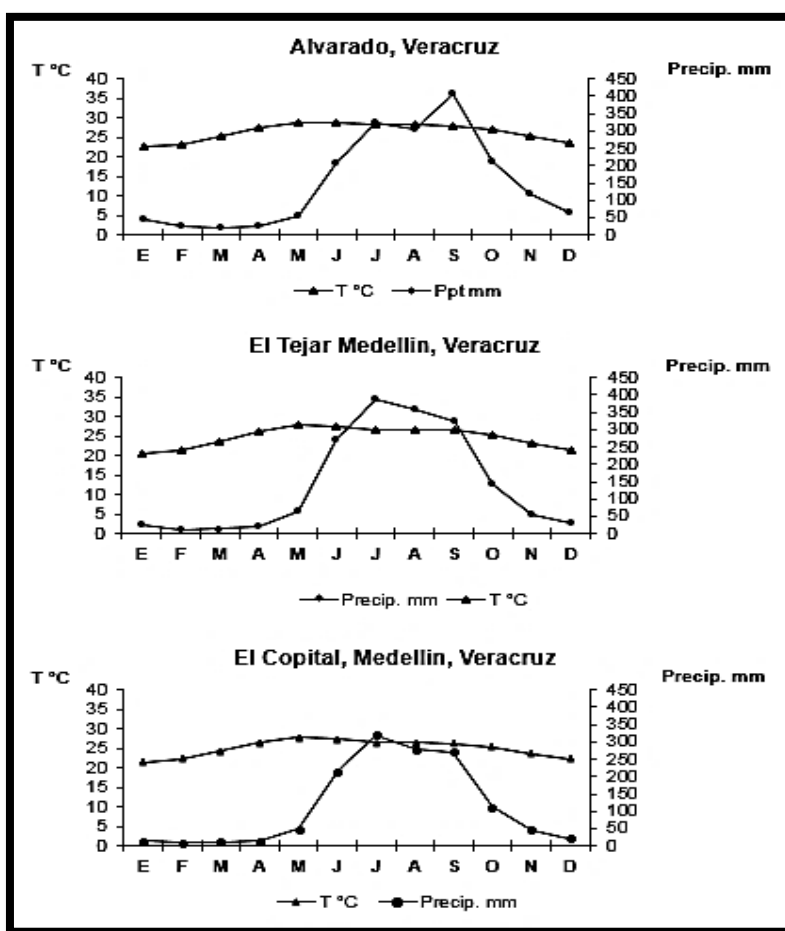


**Figura 23.** Densidad promedio en trece transectos de mangle, en la Laguna Grande de Mandinga, Veracruz.

### 5.1.2 Altura

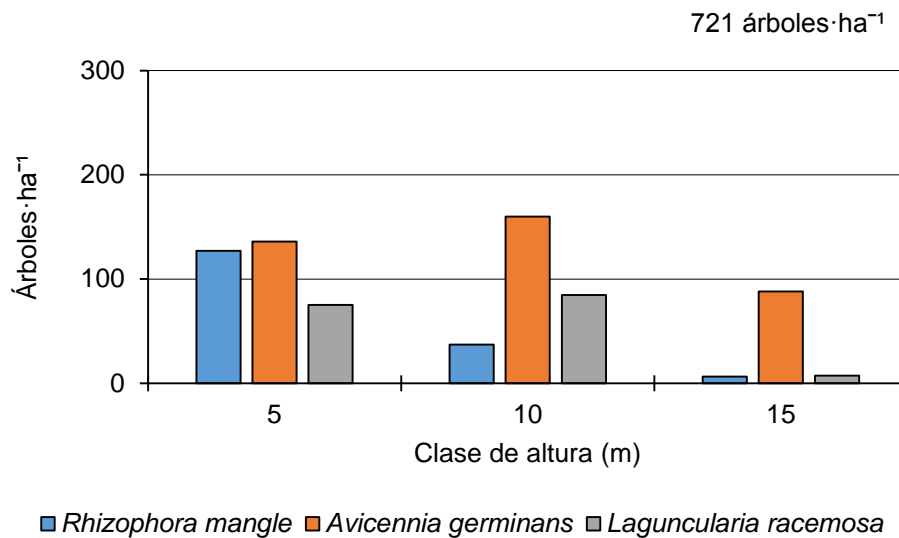
La altura es un indicador del desarrollo en estructura de un rodal. En forma general, la especie que tuvo el valor más elevado de altura promedio fue *L. racemosa*, seguida de *A. germinans* y *R. mangle*. La altura promedio en los trece transectos del manglar fue de 7.7 m y es menor que la registrada en Centla, Tabasco (23.5 m) por

Corella *et al.* (2001), Nayarit (25 m) Valdez (2002; 2004), Laguna Sontecomapan, Veracruz (25 a 30 m) Carmona *et al.* (2004), en la Reserva de la Biósfera Ría Celestún, Yucatán (8.4 m) Zaldívar *et al.* (2004), en la Laguna de Cuyutlán, Colima (11.8 m) y mayor en la Laguna Juluápan, Colima con 5.1 m (Jiménez y González, 1996). La altura del manglar puede estar relacionada con la precipitación ya que alcanzan su máxima altura con >2,500 mm anuales y en la zona se reportan 1621 mm como se muestra en la figura 24. Además la variación en altura depende de las condiciones de inundación y salinidad del suelo.



**Figura 24.** Diagrama ombrotérmico de tres estaciones meteorológicas cercanas a la zona de la Laguna Grande de Mandinga, Veracruz. Los datos corresponden a los años 1951 a 2010. En la estación de Alvarado la precipitación normal anual es de 1802.1 mm, mientras que en el Tejar Medellin es de 1701.2 mm y el Copital registro 1359.8 mm.

Se distinguieron tres clases de altura para las tres especies de mangles, encontrándose la mayoría en la clase 5 (Figura 25 y Cuadro 3).



**Figura 25.** Distribución promedio del número de árboles por clases de altura en trece transectos de mangle.

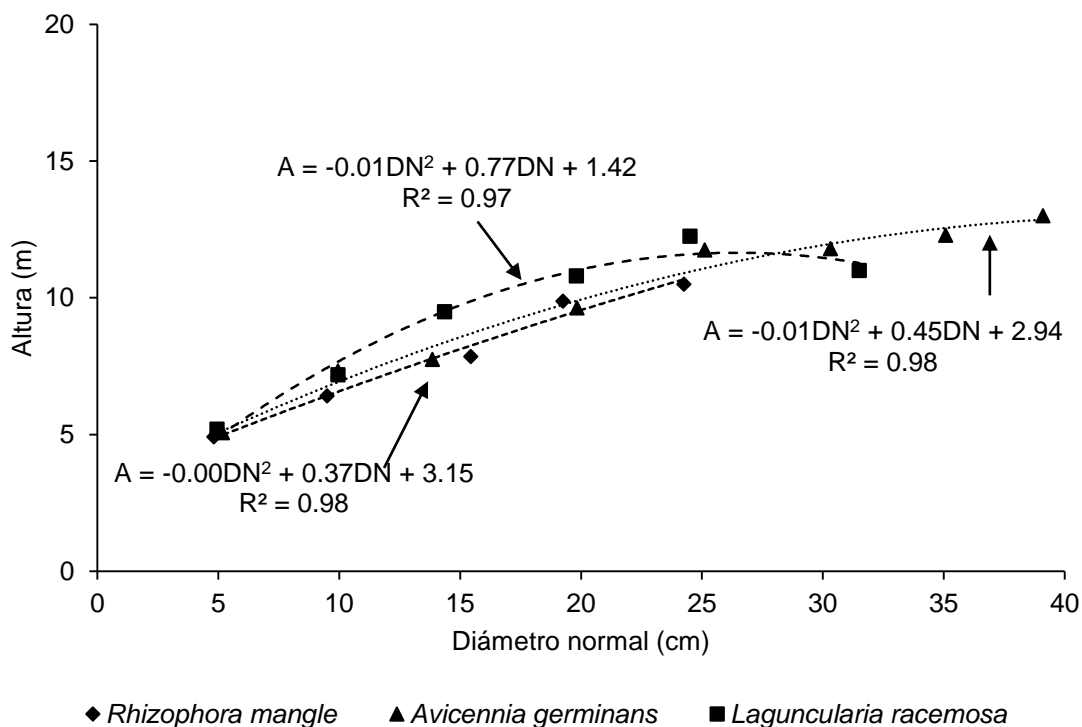
**Cuadro 3.** Clases de altura y número de árboles.

Especie	CA	No (árboles · ha <sup>-1</sup> )
Rm	5	127
	10	37
	15	6
		<b>170</b>
Av	5	136
	10	160
	15	88
		<b>384</b>
Lr	5	75
	10	85
	15	7
		<b>167</b>
<b>Total</b>		<b>721</b>

Rm= *Rhizophora mangle*; Av= *Avicennia germinans*; Lr= *Laguncularia racemosa*; CA= clase de altura

Se presentaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) para la clase de altura 5 m en los trece transectos para *R. mangle*, en *L. racemosa* para las clases 10 y 15 m en trece transectos, mientras que en *A. germinans* no presentó diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) para las tres clases de altura.

En los 13 transectos y para las tres especies, se encontró que a una mayor altura correspondió un mayor diámetro en las especies estudiadas, con excepción de aquellas categorías diamétricas donde no se registraron algunas de las especies (p. ej., categorías 30 a 40 cm). En la figura 26 indica que a una mayor altura del dosel existe un mayor diámetro del árbol hasta aproximadamente la categoría de 30 cm de DAP, a partir de la cual la altura permanece casi constante conforme el diámetro de los individuos sigue aumentando.



**Figura 26.** Relación de la altura del dosel con el diámetro normal por categoría diamétrica para *R. mangle*, *A. germinans* y *L. racemosa* en el área de estudio. A= altura del dosel, DN= diámetro normal.

### 5.1.3 Diámetro

Para el diámetro a la altura del pecho (DAP) en Mandinga se reportó un diámetro de 11.5 similar a lo reportado por Pool *et al.* (1977) en donde registraron diámetros de 10.1 cm en Piñones e Isla Mona, Puerto Rico, lo mismo se registró para Sao Paulo, Brasil (Cintrón *et al.*, 1980). En otros tipos fisonómicos de manglar (Ribereños), Téllez y Valdez (2010) para Cuyutlán, Colima reportaron un diámetro de 18.5 cm, mientras que en Centla, Tabasco el diámetro correspondió a 19.6 cm (Corella, 2001). Se puede apreciar mejor desarrollo en diámetro en los dos últimos estudios, debido al aporte de agua dulce y flujo constante de nutrientes continentales a través de los ríos.

Para trece transectos en *R. mangle* se presentó diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) en la categoría diamétrica 5, en la de 20 cm para *A. germinans* y las de 25 y 30 cm en *L. racemosa*.

### 5.1.4 Área basal

Un indicador de la cantidad del recurso maderable existente en un rodal es el área basal expresada como la suma del área transversal del tallo a la altura del pecho. La especie que en general tuvo el valor más elevado de área basal promedio fue *A. germinans* con  $14.4 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$  seguida de *L. racemosa* y *R. mangle* con  $2.3 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$  y  $1.5 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$  (Cuadro 4).

El área basal del manglar de la Laguna Grande de Mandinga es mayor a la reportada en Juluápan, Colima con  $0.062 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$  (Jiménez y González, 1996). Se presentan valores similares en Piñones, Puerto Rico con  $15.8 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$  y en el Calón, Sinaloa con  $15.2 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$  (Pool *et al.* 1977) y menor que en Sao Paulo, Brasil con  $27.9 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$  (Cintrón *et al.* 1980), Isla Mona, Puerto Rico con  $35 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$  y Florida, EUA con  $20.3 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$  (Pool *et al.*, 1977).



**Cuadro 4.** Categoría diamétricas por especie, número de árboles y área basal.

Especie	CD	No (árboles·ha <sup>-1</sup> )	AB (m <sup>2</sup> ·ha <sup>-1</sup> )
Rm	5	97	0.2
	10	33	0.3
	15	21	0.4
	20	12	0.3
	25	6	0.3
	30	0	0.0
	35	0	0.0
	40	0	0.0
			<b>170</b>
Av	5	86	0.2
	10	73	0.6
	15	32	0.5
	20	70	2.2
	25	38	1.9
	30	32	2.3
	35	22	2.1
	40	32	4.6
			<b>384</b>
Lr	5	39	0.1
	10	54	0.4
	15	52	0.8
	20	12	0.4
	25	5	0.2
	30	5	0.4
	35	0	0.0
	40	0	0.0
			<b>167</b>
Total		<b>721</b>	<b>18.3</b>

## 5.2 Índices ecológicos

### 5.2.1 Índice de Valor de Importancia

El cálculo del índice de Valor de Importancia (IVI) se realizó para 13 transectos y para cada isla (1 y 2) respectivamente.

Se encontró que, *A. germinans* alcanzó el mayor porcentaje (51.5 %), seguido de *L. racemosa* (25.7 %) y *R. mangle* con 22.8 % (Cuadro 5); diferente a lo encontrado por Téllez y Valdez (2010) en Laguna de Cuyutlán, donde *L. racemosa* dominó con un 200.7 % seguido por *R. mangle* con 99.2 %. Zaldívar *et al.* (2004) en Laguna Celestún, *R. mangle* dominó con un 52 %, *A. germinans* con 26 % y *L. racemosa* con el 22 % restante. Corella *et al.* (2001) reportó en Centla para *R. mangle* los valores más elevados en 2 rodales con 107 % y 172 %, mientras que *L. racemosa* dominó en otro rodal con 168 %.

En contraste con los estudios anteriores, en la Laguna Grande de Mandinga, Veracruz fue *A. germinans* quien alcanzó los valores más altos. Lo cual puede deberse a que el ancho de la franja que ocupa *R. mangle* del cuerpo de agua hacia tierra firme es poco y que ésta especie requiera de mayor temperatura y humedad para su desarrollo. *Laguncularia racemosa* parece ser más tolerante a bajas temperaturas que *Rhizophora mangle*, estas diferencias podrían referir a la distribución natural entre dichas especies, además de adaptaciones morfo-fisiológicas, metabólicas y reproductivas.

**Cuadro 5.** Índice de Valor de Importancia (IVI) en 13 transectos de muestreo para tres especies arbóreas de la Laguna Grande de Mandinga, Veracruz.

ESPECIE	DENSIDAD		DOMINANCIA		FRECUENCIA		I.V.I (%)	VI (%)
	Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa		
<i>Rhizophora mangle</i>	170.1	26.7	2.3	12.7	0.5	29.0	68.4	22.8
<i>Avicennia germinans</i>	384.2	46.9	23.6	62.2	0.7	45.4	154.4	51.5
<i>Laguncularia racemosa</i>	167.1	26.5	6.8	25.1	0.4	25.6	77.2	25.7
Total	721.4	100.0	32.7	100.0	1.6	100.0	300.0	100.0

En la isla 1 quien obtuvo los valores más altos fue *L. racemosa* con 77.9 %, seguido de *A. germinans* con 12 % y por último *R. mangle* con 10.1 % (Cuadro 6). Esta condición se deba probablemente a los atributos mencionados con anterioridad para *L. racemosa* quien ocupó tanto la zona interna como de borde en dicha isla, cabe mencionar que la formación de esta porción de tierra así como muchas otras existentes en el interior de la laguna fueron formadas por los pescadores a través de la acumulación de desechos de conchas y del dragado de la misma. El tiempo aproximado de formación de las islas es de 30 años, por lo que la vegetación en el estrato arbóreo es relativamente joven.

**Cuadro 6.** Índice de Valor de Importancia (IVI) en la isla 1 para tres especies arbóreas de la Laguna Grande de Mandinga, Veracruz.

ESPECIE	DENSIDAD		DOMINANCIA		FRECUENCIA		I.V.I (%)	VI (%)
	Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa		
<i>Rhizophora mangle</i>	17.3	8.3	0.4	1.9	0.3	20.0	30.2	10.1
<i>Avicennia germinans</i>	17.3	8.3	1.6	7.7	0.3	20.0	36.0	12.0
<i>Laguncularia racemosa</i>	172.9	83.3	19.4	90.5	1.0	60.0	233.8	77.9
Total	207.4	100.0	21.4	100.0	1.7	100.0	300.0	100.0

En el caso de la segunda isla dominó *R. mangle* con 54.8 %, *A. germinans* con 26.9 % y *L. racemosa* con 18.3 % respectivamente (Cuadro 7). Su dominancia se deba al mecanismo de dispersión de sus propágulos mediante las corrientes de los flujos de agua y a la relativa cercanía de la isla con el borde de la laguna donde habita *R. mangle*.

**Cuadro 7.** Índice de Valor de Importancia en la isla 2 para tres especies arbóreas en la Laguna Grande de Mandinga, Veracruz.

ESPECIE	DENSIDAD		DOMINANCIA		FRECUENCIA		I.V.I (%)	VI (%)
	Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa		
<i>Rhizophora mangle</i>	218.6	62.5	5.7	51.9	1.0	50.0	164.4	54.8
<i>Avicennia germinans</i>	72.9	20.8	2.9	26.5	0.7	33.3	80.7	26.9
<i>Laguncularia racemosa</i>	58.3	16.7	2.4	21.6	0.3	16.7	55.0	18.3
Total	349.8	100.0	11.0	100.0	2.0	100.0	300.0	100.0

### 5.2.2 Índice de Shannon-Wiener

El índice de diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ) describe la riqueza o número de especies que hay en un sitio o lugar. Se basa principalmente en el concepto de equidad. Los valores obtenidos son bajos (<2) debido a que el manglar es poco diverso en cuanto a composición de especies y su flora asociada es poca (Cuadro 8).

**Cuadro 8.** Índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ) en 13 transectos de muestreo para tres especies arbóreas en la Laguna Grande de Mandinga, Veracruz.

Transecto	Abundancia
1	1.4
2	1.0
3	1.5
4	1.6
5	1.3
6	0.8
7	1.2
8	0.6
9	1.3
10	1.0
11	1.0
12	0.8
13	1.3

### 5.2.3 Índice de Complejidad de Holdridge

El índice de complejidad de Holdridge (IC) involucra altura, área basal, densidad y número de especies el cual fue propuesto inicialmente para bosques tropicales pero se ha implementado en diversos estudios de manglar. Se detectan valores contrastantes: unos bajos como en los transectos 11 y 13 y otros altos como el 4 y 8 (Cuadro 9), esto debido a que en unos transectos hubo ausencia de una especie de mangle, a la altura del dosel, densidad baja y poca área basal.

**Cuadro 9.** Índice de Complejidad de Holdridge para trece transectos de muestreo en la Laguna Grande de Mandinga, Veracruz.

TRANSECTO	s	d	b	h	10 <sup>-3</sup>	IC
1	3.0	907	0.45	11.6	0.001	14.2
2	2.0	470	0.26	10.5	0.001	2.6
3	3.0	675	0.39	9.3	0.001	7.3
4	3.0	1539	1.03	13.6	0.001	64.7
5	3.0	582	0.96	13.0	0.001	21.8
6	3.0	709	0.84	12.6	0.001	22.5
7	3.0	912	0.96	14.0	0.001	36.8
8	2.0	1266	1.34	14.0	0.001	47.5
9	3.0	930	0.50	10.2	0.001	14.2
10	2.0	620	0.70	13.0	0.001	11.3
11	2.0	212	0.33	11.7	0.001	1.6
12	3.0	208	0.75	7.3	0.001	3.4
13	3.0	350	0.37	6.2	0.001	2.4
						<b>19.3</b>

Respecto al valor obtenido en el IC, se encontró que fue menor a los valores reportados por Pool *et al.* (1977) en Isla Mona con 30.8, Puerto Rico, pero mayor en Juluápan, Colima donde el IC fue de 0.61 (Jiménez y González, 1996), en Sao Paulo Brasil de 11.0 (Cintrón *et al.*, 1980), así como también en el Calón, Sinaloa con 8.5 y 13.1 en Piñones, Puerto Rico, sin embargo se reporta un valor cercano en Florida, Estados Unidos con 23.4 (Pool *et al.*, 1977) como se muestra en el cuadro 10.

**Cuadro 10.** Características estructurales de bosques de mangles tipo cuenca en el Continente Americano.

País / Sitio	Coordenadas	Especie	Altura (m)	DN (cm)	Área basal (m <sup>2</sup> ·ha <sup>-1</sup> )	Densidad (árboles·ha <sup>-1</sup> )	IC
<b>Puerto Rico</b>							
Piñones	18° 27' 65° 57'	<i>R. mangle</i>	14.0	10.1	15.8	1970	13.1
		<i>A. germinans</i>					
Isla Mona	18° 06' 67° 56'	<i>L. racemosa</i>	15.0		35	1790	30.8
		<i>R. mangle</i>					
<b>México</b>							
Juluápan	19° 07' 104° 24'	<i>R. mangle</i>	5.1		0.062	2312	0.61
		<i>L. racemosa</i>					
Sinaloa (El Calón)	22° 44' 105° 43'	<i>R. mangle</i>	9.0		15.2	3120	8.5
		<i>A. germinans</i>					
Mandinga	19° 02' 96° 04'	<i>R. mangle</i>	7.6	11.5	18.3	721	19.3
		<i>A. germinans</i>					
<b>EUA</b>							
Florida (Rookery Bay)	25° 55' 81° 45'	<i>R. mangle</i>	6.5		20.3	656	23.4
		<i>A. germinans</i>					
<b>Brasil</b>							
Sao Paulo	25° S	<i>L. racemosa</i>	4.0	10.1	27.9	3500	11.0
		<i>R. mangle</i>					
<b>Brasil</b>							
Sao Paulo	25° S	<i>A. schaueriana</i>	4.0	10.1	27.9	3500	11.0
		<i>L. racemosa</i>					

<sup>1</sup>Pool *et al.* (1977); <sup>2</sup>Jiménez y González (1996); <sup>3</sup>Cintrón *et al.* (1980); <sup>4</sup>Este estudio.

### 5.3 Modelo de valoración económica

Los manglares representan un gran potencial económico y alimenticio para las poblaciones humanas que habitan en los alrededores de estos ecosistemas lagunares. El modelo de valoración económica queda propuesto acorde a lo identificado en el manglar de Mandinga, Veracruz (Cuadro 11) adaptado de la metodología de Sanjurjo y Welsh (2005). Este modelo sólo identifica un valor subjetivo, sin embargo sirve para dar cuenta del grado en que las poblaciones cercanas a la laguna dependen de dicho ecosistema ya que sus principales fuentes de ingreso son la pesca y el turismo y bienes de autoconsumo (pesca, leña, madera).

De esta manera para captar la totalidad de los valores que componen un ecosistema forestal, como es el bosque de mangle, se utilizó el concepto del Valor Económico Total (VET).

**Cuadro 11.** Valor económico del bosque de mangle en la Laguna Grande de Mandinga, Veracruz.

Usos Activos						Usos Pasivos	
Usos Presentes				Usos futuros			
Directo		Indirecto	Ejemplo	Opción	Ejemplo	Existencia	Ejemplo
Extractivos	Ejemplo						
Madera ( <i>A. germinans</i> y <i>L. racemosa</i> )	Utilizada para el sector agropecuario	Pesquería dependiente del manglar	Pesca de Camarón. Jaiba y ostión principalmente	Recursos genéticos	Reserva genética de especies silvestres así como mejoramiento genético.	Pago por servicios ambientales	Asignar valor a un recurso existente
	Construcción de herramientas	Captura de carbono	Secuestra y almacena altas tasas de carbono				
	Construcción de viviendas	Protección	Amortiguamiento ante impacto de huracanes y nortes				
	Infraestructura turística		Control de la erosión				
	Elaboración de tapos para pesca		Estabilización de suelos				
Medicinal ( <i>R. mangle</i> )	Medicina tradicional obtenida de hojas, frutos, corteza y otros materiales	Filtro biológico	Extrae exceso de nutrientes y remueve contaminantes en agua y suelo				
<b>No extractivos</b>	Ejemplo	Ciclo de nutrientes	Mantiene el flujo de nutrientes circundantes en suelo, agua y vegetación				
Recreación, Educación, Paisaje y observación de aves	Ecoturismo (manglar de borde e isla)	Hábitat	Sirve como zona de alimentación, refugio, reproducción y anidación para peces y crustáceos				
		Corredor biológico	Es zona de alimentación y anidación para especies de aves residentes y migratorias				

De acuerdo con el cuadro al VET lo forman dos tipos de valores: los de uso activo y los valores de uso pasivo. Los primeros se dividen en dos: los valores de uso futuro y los de uso presente. Los últimos son aquellos que tienen un uso activo en la actualidad ya sea en el mercado o al margen de este. A su vez los valores de uso

activo presente se encuentran divididos en valores de uso directo y valores de uso indirecto. Los primeros se reconocen de manera inmediata ya que es a través de su consumo o disfrute directo del servicio. A su vez los valores de uso directo se clasifican de uso extractivo (leña, madera, taninos) y valores de uso no extractivo (recreación). Los valores de uso indirecto se refieren a los beneficios que recibe la sociedad a través de las funciones y servicios del ecosistema (pesquería). Los valores de uso futuro son aquellos en el que algún elemento se le encuentre utilidad en un tiempo determinado y que en estos momentos carece de valor. Por último los valores de uso pasivo se subdividen en valores de herencia y valores de existencia. Los valores de herencia se refieren al valor de dejar dicho beneficio a las futuras generaciones mientras que los de existencia consisten en asignar un valor a un recurso simplemente porque existe (Sanjurjo y Welsh, 2005).

Se sabe que los humedales, en especial los manglares son fuente de riqueza y bienestar para la sociedad, particularmente, los árboles de los manglares son apreciados como fuente de leña, carbón y madera para construcción, sin embargo, las acciones demuestran lo contrario, pues estos ecosistemas han sido devastados ya sea a favor de actividades como la camaronicultura, el turismo o aprovechamientos forestales. Esto se debe a que gran parte de los bienes y servicios que proveen los manglares no son comerciales y que el costo de oportunidad sea para actividades comerciales como la camaronicultura o turismo, aparentemente con mayores ganancias, desconociendo así el potencial del manglar como industria recreativa, pesquera, forestal y ambiental que en su conjunto (sistema agroforestal) y con buena administración de los recursos puede generar más ganancia que sólo dedicado a una actividad.

Sin embargo, con lo anterior sólo se hace énfasis a los bienes que tienen un precio en el mercado, pero en materia ambiental los manglares poseen numerosos beneficios, tales como:



- a) Protección de pesquerías: Los ecosistemas de manglar son lugares de crianza para múltiples especies marinas con valor comercial en la pesquería, por ejemplo peces y crustáceos (Figura 27). Con respecto a este apartado se han desarrollado metodologías para la valoración económica de los vínculos entre el manglar y las pesquerías, considerando al área de manglar como una variable que afecta el crecimiento de la pesca, de este modo se puede expresar que una disminución del área forestal en dicho ecosistema representaría una pérdida a la producción pesquera, por lo tanto cualquier disturbio causado al manglar (por ejemplo su conversión) implicará una menor población de especies marinas de valor comercial y menores ingresos para los pescadores.

Sin embargo, no es sencillo estimar el valor del servicio de protección de pesquerías provisto por el manglar ya que puede variar debido las condiciones de actividad como: explotación del mangle, tipo de organización pesquera (regulada o de libre acceso) y distribución entre pescadores (ribereños y de alta mar), así como las interacciones biológicas entre el manglar y la pesca de cada lugar.



**Figura 27.** El manglar como protección a las pesquerías: proviendo de refugio, alimentación y reproducción de diversas especies de peces y crustáceos con valor comercial.

En la LGM, la pesquería se realiza durante todo el año, principalmente en los meses de junio a octubre con excepción de los meses de veda que van de mayo a julio para el caso del camarón cristal (*Penaeus sp*), jaiba (*Callinectes similis*) y ostión (*Crassostrea virginica*) (Figura 28). El róbalo (*Centropomus parallelus*) solo entra en veda durante 15 días en mayo, en los cuales es el periodo de reproducción. Además de estas especies también se pesca mojarra (*Diplodus sp.*), lebrancha (*Mugil sp.*) y bagre (*Bagre sp.*). Existe una cooperativa de pescadores fundada alrededor de 100 años, en la cual existe una pesca semi-controlada y llevada sólo por la cooperativa (Figura 29).



**Figura 28.** Pesca de ostión en la Laguna Grande de Mandinga, Veracruz.



**Figura 29.** Cooperativa de pescadores en la Laguna Grande de Mandinga, Veracruz.

- b) Servicios recreativos: Los humedales costeros, en este caso los manglares son atractivos turísticos atrayendo así a muchos visitantes. En la LGM, se hacen recorridos en lancha en ciertas partes del cuerpo costero, llevando así a los turistas por el manglar de borde (*R. mangle*) y de isla (encontrándose una a tres especies de mangle, Figura 30). Durante el recorrido se da una pequeña explicación acerca de dicho ecosistema y su importancia (ecológica y económica), de esta manera los habitantes locales (cooperativa de lancheros) cobran a los visitantes por el paseo.



**Figura 30.** Recorrido en lancha por el manglar de borde (izquierda) y manglar de isla (derecha).

El valor de uso recreativo del manglar depende del valor que cada individuo le asigna a este servicio y más allá de los beneficios económicos que otorga este atractivo, los sistemas costeros, entre ellos, los manglares proveen bienestar a quienes los visitan. Para dar valor a este tipo de servicio están los métodos indirectos de mercado (preferencia revelada) y métodos de mercados simulados (preferencia declarada). En los primeros destaca el método de costo de viaje, en los últimos destacan los métodos de ordenación contingente y de valoración contingente. En ambos mercados (de preferencia revelada o preferencia declarada), con sus respectivas metodologías, tienen como finalidad asignar valor a un bien determinado, quedando así como posible tema de investigación en este apartado.

- c) Protección a la biodiversidad: La laguna se encuentra como área de importancia para la conservación de aves (4% del sitio de manglar), además de estar en el listado de sitios con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica. Es corredor biológico ya que funciona como zona de alimentación y anidación para especies de aves (figuras 31 y 32). Las tres especies de mangle se encuentran bajo la categoría de amenazadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (Lara *et al.*, 2009).



**Figura 31.** El manglar como corredor biológico para especies de aves.



**Figura 32.** El manglar como zona de anidación y alimentación de aves.

La importancia de los bosques de mangle como hábitat de aves está bastante sustentada y constituye un elemento fundamental para que diversas instituciones federales e internacionales así como privadas (ONG) realicen esfuerzos para su recuperación, protección y conservación. Durante los paseos en lancha que ofrecen sobre la laguna están las islas, en donde se pueden apreciar y observar aves. Para asignar un valor por el concepto de protección del hábitat de las especies de aves y seguir ofreciendo este servicio, podrían realizarse estudios con los métodos de mercados referidos con anterioridad.

- d) Otros valores ambientales: Si bien cada uno de los servicios ambientales que ofrecen los manglares son de gran importancia, encontramos aparte de los ya mencionados los siguientes: *la captura de carbono*, que en la actualidad no se puede reconocer un mercado plenamente formado, sin embargo, estudios realizados en los estados de Nayarit (Valdés *et al.*, 2011) y Tabasco (Moreno *et al.*, 2002) indican que el contenido de carbono de los suelos con vegetación de mangle es mayor al presente en otro tipo de vegetación, liberando así menos carbono que otros ecosistemas forestales; *el filtrado de aguas residuales* del manglar tiene la capacidad de disminuir la carga de materia orgánica del agua que utilizan en sus procesos naturales. Para calcular el valor de este servicio han utilizado el costo de un sustituto para aproximarse a su valor, por ejemplo, el costo anual de una planta de tratamiento de aguas residuales (Sanjurjo y Welsh, 2005); por último *la protección del manglar hacia las costas o poblaciones* reduciendo la velocidad del viento en el caso de huracanes y/o nortes y que alrededor de la laguna ofrece a los lugareños protección ante estas tempestades evitando que el efecto de los fuertes vientos sea menos agresiva y que el oleaje producido dentro de la laguna y el impacto de las mismas hacia tierra firme se vea disminuida por el bosque de mangle.

e) Usos forestales maderables y no maderables: Los manglares ofrecen una gran variedad de recursos forestales. Se identificaron para la Laguna Grande de Mandinga los usos directos extractivos que son de autoconsumo como la madera de *A. germinans* y *L. racemosa* para el sector agropecuario y como materiales para la construcción de herramientas, viviendas, infraestructura turística (muelles), leña y elaboración de trampas (tapos) para atrapar camarón (Figura 33). La madera no se comercializa, no cuentan con manejo silvícola y además el área de manglar se encuentra bajo prohibición no permitiendo su aprovechamiento, esto aunque la laguna no se encuentre en una categoría específica de protección, es decir, no es un área natural protegida y no se encuentra dentro de los sitios RAMSAR.

Un uso forestal no maderable se encuentra en el poder curativo de algunas plantas, tal es el caso del mangle rojo utilizado como planta medicinal (hojas, frutos y corteza) y representa un valor de uso directo extractivo dentro del VET.



**Figura 33.** Elaboración de tapos para la pesca de camarón.

La valoración de los productos forestales, como la madera, se puede realizar utilizando información de los precios en el mercado obteniendo curvas de oferta y demanda así como precios de equilibrio. Sin embargo el análisis se complica cuando son productos que no tienen precio en el mercado tal como

son los de autoconsumo (Sanjurjo y Welsh, 2005). Para el caso del aprovechamiento forestal maderero sin una buena administración en un bosque de manglar resulta muchas veces con externalidades, es decir, afectando otros aspectos como pérdidas para la pesca (mencionado en protección a las pesquerías) y al turismo. Sin embargo, Valdez (2002) muestra que bajo esquema de cortes selectivos, la explotación forestal de mangle blanco, lejos de disminuir los servicios ambientales los aumenta y representa una oportunidad para elevar la biomasa de dicho ecosistema.

De esta manera se hace la revisión de los bienes y servicios prestados por los manglares identificados para la Laguna Grande de Mandinga. De ésta se obtienen importantes fuentes de ingreso como la pesca y el turismo, diversidad de servicios ambientales y bienes de autoconsumo como los ya mencionados. Aunque cabe mencionar que la técnica de valoración es subjetiva, por lo que es poco adecuada para dar un valor certero al ecosistema. En cuanto a los usos futuros del manglar se tienen muy pocos conocimientos al igual que en los valores de existencia y herencia, dejando así una opción para investigación.

#### **5.4 Deterioro del manglar**

En México, así como en muchos otros países la problemática en la devastación de los ecosistemas de manglar es severo. El SLM y la LGM no están exentos. En Mandinga se realizan actividades turísticas, hoteleras, industriales, petroleras y pesqueras (camarón, jaiba, ostión, lisa y robalo). Su problemática se debe a dragados, alteración de cuencas con cambios hidrológicos, influencia de la planta nucleoelectrónica, contaminación por petróleo (Guzmán *et al.*, 2005), además de la pérdida en cobertura vegetal del manglar. Las actividades mencionadas se englobaron y clasificaron en dos partes: conversión y degradación, desglosándose de la siguiente manera:

#### **5.4.1 Conversión**

Cambio de uso de suelo:

- 1) Desarrollo urbano: El manglar ha disminuido su extensión por el crecimiento de localidades que rodean a la laguna y a la mancha urbana de municipios vecinos como Boca del Río, Veracruz. En la parte sur del estero Mandinga que conecta con la zona norte de la LGM se está construyendo una unidad habitacional (Figura 34), como parte del desarrollo urbano de la localidad que se encuentra sobre la línea este del estero Mandinga, la cual ha afectado en la reducción del área forestal y contribuirá aún más en su degradación si no se tienen medidas en el control de la descarga de aguas residuales y el arrojamiento de residuos sólidos como sucede en el fraccionamiento el Dorado y complejos comerciales ubicados entre el estero El Conchal y la laguna La Larga viéndose afectados estos cuerpos de agua por la contaminación que estos ejercen sobre los cuerpos de agua.

No se tienen estudios sobre pérdida de cobertura vegetal para el Sistema Lagunar Mandinga (SLM) puesto que de esta forma se tendrían los porcentajes en la reducción del área forestal del manglar. La reducción del manglar refleja una externalidad hacia las pesquerías y el turismo mencionado en el VET, de ahí la importancia de la conservación del bosque de manglar.





**Figura 34.** Cerca que limita al bosque de manglar con la construcción de un fraccionamiento habitacional.

2) Agricultura: Los suelos planos han favorecido que el manglar sea convertido para tierras de cultivo. Aunque algunas zonas se encuentran abandonadas o en barbecho. Durante el recorrido de los transectos (2 a 4) en la parte noreste (NE) a este (E) de la laguna la franja del manglar se encontraba muy reducida, aproximadamente unos 30 m del cuerpo costero hacia tierra firme, en ocasiones encontrándose solo *R. mangle* con vegetación secundaria e indicadora de disturbios (claros en el bosque) como lo es el helecho *Acrostichum aureum*, en donde la agricultura ha ganado paso.

De igual manera en la parte oeste (O) de la laguna, cerca del transecto 11 la vegetación se ha visto reducida por la conversión a agricultura, de modo que en algunas zonas el mangle blanco ha desaparecido y la merma ha llegado hasta los rodales de *A. germinans* que por lo general se encuentra en la parte intermedia. No obstante se encuentran franjas de manglar con un espesor de 400 m de noreste hacia sureste en la laguna con buen estado de conservación como se muestra en la figura 35.



**Figura 35.** Franja que ocupa el manglar alrededor de la laguna. En la parte superior izquierda de la imagen se observa claramente la disminución del bosque, mientras que en la parte inferior derecha de la misma se observa una franja del manglar más ancha y en aparente buen estado de conservación. También se puede observar el manglar de borde que ocupa *R. mangle* (un verde más claro), en donde inmediatamente después se encuentra *A. germinans* y por último *L. racemosa* (Foto de CONABIO, 2009).

#### **5.4.2 Degradación**

1) La contaminación es uno de los principales factores de degradación y los siguientes son con frecuencia hacia el agua, suelo y vegetación:

- a) La descarga de aguas residuales. Las localidades que se encuentran junto al sistema lagunar no poseen drenaje, por lo cual todos sus desechos van directamente al cuerpo de agua, convirtiéndose así en una fuente puntual de contaminación (FPC) y esta una vez que es localizada puede ser controlada a diferencia de las fuentes de contaminación no puntual o difusa (FNPC) que se genera por la lluvia y a través de distintos escurrimientos terrestres finalizan en ríos, arroyos, lagos, humedales, aguas costeras y mantos acuíferos. Las descargas de aguas domésticas son ricas en materia orgánica, a tal grado de

llevar a la eutrofización o eutroficación al cuerpo lagunar, sin embargo, un indicador biológico de este tipo de perturbación es el lirio acuático (*Eichhornia crassipes*), ausente en la laguna.

Las descargas aportan grandes cantidades de microorganismos patógenos al cuerpo de agua pudiéndose encontrar Coliformes Totales y Fecales así como *Escherichia coli*. De esta manera representa enfermedad (parásitos), mortandad y contaminación en organismos acuáticos de valor comercial para la pesquería como peces y crustáceos viéndose disminuidas las productividades acuáticas y significando pérdidas económicas a la cooperativa de pescadores. La contaminación al agua puede darse a través de metales pesados como Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb y Zn. Asimismo derivan en un problema social como lo es la salud humana, puesto que la contaminación microbiológica y de metales pesados puede rebasar los límites máximos permisibles como se especifica en la NOM-001-SEMARNAT-1996.

Por otra parte, al norte del SLM desemboca el río Jamapa siendo el principal aporte de agua dulce en el sistema y actúa como fuente de suministro de agua potable para los municipios de la cuenca baja como Veracruz, Boca del Río y Medellín, el cual enfrenta un grave problema ambiental de contaminación química y biológica que engloba efluentes de origen urbano, de la actividad agrícola y de la industria (petroquímica) siendo una FPC a lo largo del cauce del río en los municipios aguas arriba y circundantes como los ya mencionados, mientras que en el SLM constituye una FNPC de gran importancia por la severidad de la contaminación.

- b) Dragado. El dragado se hace en cuerpos de agua poco profundos, tal es el caso de la LGM, es para permitir la entrada a embarcaciones de mayor calado, esto representa una drástica manipulación física. El dragado se realizaba hacia la parte oeste del cuerpo lagunar con una profundidad media de 90 cm y valores máximos de 170 cm a 180 cm al este y sur de la misma

(Contreras, 1993; Citado por Castañeda, 2013). Este dragado se supone que libera una gran cantidad de gas tóxico ( $H_2S$ ), el cual normalmente está detenido en los lados de esteros y lagunas costeras como un anaerobio metabólico normal.

Es de esperarse que una gran cantidad del  $H_2S$  liberado cause la mortandad en masa de los organismos acuáticos, debido al agotamiento del oxígeno; pero además, estos efectos son todavía más severos en la laguna por la contaminación antropogénica (vertimiento de aceite, aguas negras, derrame de petróleo e insumos utilizados en la agricultura). Los manglares son básicos, pues son los contribuyentes más importantes a la base energética del ecosistema lagunar. El removerlos alterará radicalmente el flujo de energía en la laguna y, de hacerlo, se logrará solamente una producción escasa de hierbas marinas y de fitoplancton que serán inadecuados para sostener la actual diversidad de especies y la abundante vida marina.

Cuando el dragado sea inevitable (Figura 36), debe hacerse en forma coordinada y de acuerdo con los períodos de desove de las especies acuáticas. El invierno es la estación más indicada para el dragado, cuando éste sea absolutamente necesario y, en lugar de tirar indiscriminadamente el material dragado a lo largo de los canales, este material natural puede ser usado para crear islas artificiales y producir un medio adecuado para la vida silvestre.



**Figura 36.** Máquina de dragado en la Laguna Grande de Mandinga, Veracruz.

- c) Introducción de especies exóticas. La introducción de tilapia (*Oreochromis sp.*) es un tipo de contaminación biológica (biocontaminación) debido a su estatus de exótica tanto en el SLM como en México y en otros países (Lara *et al.*, 2009). Esto ocurre a través del establecimiento de granjas acuícolas de tilapia a las orillas del río Jamapa en los municipios de la cuenca baja, mencionados con anterioridad (Palomarez, 2010). Por otra parte, un impacto potencial de esta actividad acuícola es la eutroficación de las aguas adyacentes producida por la materia orgánica y los fertilizantes usados en las pozas o estanques, además de la contaminación química en aguas costeras y sistemas lagunares (en este caso) debido al uso de medicinas y antibióticos para el control de plagas, crecimiento y desinfección. Esto causa mortandad en organismos de los sistemas acuáticos, así como cambios en la biota béntica y en la diversidad de especies, la proliferación de agentes patógenos resistentes a los medicamentos y nuevamente haciendo hincapié sobre los efectos en la salud humana (Palomarez, 2010).

- d) El vertimiento de aceites y gasolina producidos por lanchas. Los primeros también llamados lubricantes se componen de aceites base y pueden provenir de la refinación del petróleo (aceites minerales) o bien mediante reacciones petroquímicas (aceites sintéticos). Los aceites base de tipo mineral están constituidos por tres tipos de compuestos: parafínicos, nafténicos y aromáticos, los primeros se encuentran en mayor proporción (60-70%). Los aceites base sintéticos son hechos de acuerdo a características especiales dependiendo de la función a cumplir.

La gasolina está constituida aproximadamente por 70% de compuestos alifáticos saturados y 30% de hidrocarburos aromáticos como el benceno, tolueno e isómeros del xileno (BTX) (Olguín *et al.*, 2007). De esta forma durante la pesca y en los recorridos por lancha que ofrece la cooperativa del lugar se vierten los compuestos anteriores, con lo cual conforman FPC. Además se encuentra el depósito de residuos sólidos como son los envases de aceite y bebidas sobre manglar que en varios transectos persistió, probablemente se deba a los lugareños, puesto que el turismo sólo se realiza en lancha por la laguna y en las islas. No se hacen recorridos a pie en la zona de manglar.

- e) El uso de agroquímicos y fertilizantes provenientes de la agricultura. Esto constituye tanto una FPC y FNPC para el SLM. Es una FPC en suelo, agua y vegetación cuando la agricultura que utiliza estos insumos se realiza alrededor de la laguna y puede controlarse. Es una FNPC cuando estos contaminantes provienen del acarreo del río Jamapa y son ricos en nitrógeno y fosfatos, repercutiendo principalmente en el suelo y agua, afectando su composición química como la alteración del pH, lo que podría afectar la vida microbiana y con ello el ciclo de nutrientes además de dañar a la vegetación presente.

f) Metales pesados. En un estudio realizado por Guzmán *et al.* (2005) de contaminación por metales pesados (Cadmio, Cobre, Cromo, Níquel, Plomo y Zinc) en sedimentos y ostión (*Crassostrea virginica*) en tres lagunas costeras de Veracruz; Alvarado, Tamiahua y el SLM, registraron para este último las concentraciones más altas de Ni, Pb, y Zn totales en sedimento (representando los valores más altos de concentración del 50 % de los metales estudiados, cuadro 12), esto se puede deber a que el sistema funciona como depósito de una zona industrial (refinerías, cementeras, fabricación de estructuras metálicas) ubicadas en los municipios de Veracruz, Medellín, Jamapa, Boca del Río, Tlalixcoyan y Alvarado.

**Cuadro 12.** Concentración de promedio de metales totales en sedimento ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ).

Metal	Alvarado	Mandinga	Tamiahua	V.S.E.B*
Cd	< L. D.	0.89 ± 0.46	6.21 ± 1.86	1.2
Cu	17.49 ± 4.09	15.77 ± 6.88	10.52 ± 11.48	34
Cr	13.75 ± 9.04	14.75 ± 9.76	26.40 ± 49.04	81
Ni	71.80 ± 7.19	72.26 ± 4.09	59.18 ± 20.37	20.9
Pb	27.49 ± 13.65	29.56 ± 5.40	17.35 ± 15.85	46.7
Zn	55.81 ± 20.70	56.14 ± 19.54	39.98 ± 24.66	150

\*Valor que en sedimento produce efectos biológicos (Long *et al.*, 1995; Citado por Guzmán *et al.*, 2005); LD= Límite de detección (Guzmán *et al.*, 2005).

Mientras que para el ostión por su contenido en Cd y Pb no cumple con la NOM-031-SSA1-1993. Por otro lado, según a lo señalado en los Niveles Críticos para Consumo de Moluscos de la FDA, la concentración de Pb y Cr en Mandinga sobrepasa el nivel máximo permisible para moluscos bivalvos. La concentración de Cu en ostión para el SLM se encontró por encima del promedio de los niveles máximos que señalan diversos países reportados por la FAO (Cuadro 13).

**Cuadro 13.** Concentración promedio de metales en ostión ( $\mu\text{gg}^{-1}$ ).

Metal	Alvarado	Mandinga	Tamiahua	Límites
Cd	4.61 $\pm$ 4.71	2.94 $\pm$ 0.97	7.32 $\pm$ 2.85	3.7 <sup>2</sup>
Cu	278.00 $\pm$ 264.3	165.75 $\pm$ 133.7	202.43 $\pm$ 61.6	32.5 <sup>1</sup>
Cr	10.60 $\pm$ 3.93	21.06 $\pm$ 2.69	33.64 $\pm$ 8.80	13 <sup>2</sup>
Ni	4.22 $\pm$ 3.91	3.64 $\pm$ 0.93	7.62 $\pm$ 2.43	80 <sup>2</sup>
Pb	9.05 $\pm$ 6.84	13.17 $\pm$ 1.92	21.42 $\pm$ 6.05	1.7 <sup>2</sup>
Zn	145.82 $\pm$ 62.9	159.81 $\pm$ 33.2	156.85 $\pm$ 70.15	718 <sup>1</sup>

Límite máximo promedio  $\mu\text{gg}^{-1}$  para moluscos bivalvos FAO (Nauen, 1983; Citado por Guzmán *et al.*, 2005); Niveles críticos  $\mu\text{gg}^{-1}$  para consumo de moluscos bivalvos (FDA, 1993; Citado por Guzmán *et al.*, 2005).

Según Guzmán *et al.* (2005) la concentración de metales en el ostión de Mandinga está determinada en mayor grado por la encontrada en sedimento, lo que probablemente se deba a que es un sistema menos dinámico. Sin embargo el SLM presentó menores problemas de contaminación que los otros dos cuerpos lagunares.

- g) El derrame de petróleo. En el litoral del estado de Veracruz están tres importantes campos petroleros (Agua Dulce, Poza Rica y Veracruz) y además como apoyo al desarrollo industrial del estado, en la zona costera hay cinco puertos importantes, entre ellos el de Veracruz afectando al SLM. Los derrames de petróleo son FNPC y representan un grave problema por la contaminación de hidrocarburos que principalmente se deben a la ruptura de ductos, derrames en plataformas y accidentes de buques tanque (Moreno *et al.*, 2002). Olguín *et al.* (2007) menciona que unos de los impactos que ha afectado negativamente a los ecosistemas costeros, entre ellos, los bosques de manglar; es atribuido al derrame de petróleo.

Los hidrocarburos son compuestos orgánicos que contienen carbono (80-87%) e hidrógeno (10-15%) y constituyen del 50-98% de la composición total del petróleo, aunque otros como el azufre (0-10%), nitrógeno (0-1%) y



oxígeno (0-5%) están presentes en cantidades menores. También se reportan metales traza como Vanadio, Niquel, Hierro, Aluminio y Cobre. Así, los hidrocarburos del petróleo están formados por alcanos, cicloalcanos y compuestos aromáticos, con al menos un anillo bencénico en su estructura (Botello, 2005), pudiendo presentar hasta 4 o 5 anillos los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP's) considerados compuestos de mayor persistencia en el ambiente (Botello *et al.*, 2005; Riser *et al.*, 1998 y Kerret *et al.*, 2001; citados por Requena *et al.*, 2012).

A pesar de ser compuestos orgánicos (petróleo, aceites de base mineral y gasolina) son altamente contaminantes debido a la cantidad y frecuencia con el que son vertidos. Las principales características de sus compuestos son: presentar nula insolubilidad debido a su baja polaridad, son menos densos y tienen puntos de ebullición y fusión mayores que el agua, lo que les permite demasiada persistencia y encontrarse en el agua flotando libremente, en emulsión, disueltos o adsorbidos a sólidos suspendidos (Reeves 2005; citado por Olguín *et al.*, 2007).

Los efectos a corto plazo en los manglares son: la asfixia y muerte de plántulas y árboles cuando los compuestos mencionados muy viscosos cubren los pneumatóforos y lenticelas mediante las cuales respiran. Asimismo los mangles pueden morir por intoxicación directa con los compuestos aromáticos de bajo peso molecular cuando estos dañan las membranas celulares de las raíces e impiden el proceso de exclusión de sal y provocan mutaciones (albinismo) (IPIECA 1993; citado por Olguín *et al.*, 2007). En la vida acuática los hidrocarburos del petróleo se adhieren a las branquias de los peces afectando su respiración. También se adhieren destruyendo algas y fitoplancton repercutiendo en la alimentación y reproducción en este medio. Requena *et al.* (2012) mediante un experimento para determinar y cuantificar los HAP's emanados de un análisis cromatográfico de gases en plántulas de *R. mangle*, *L. racemosa* y *A. germinans*, utilizo un método estándar externo a

partir de una mezcla que contiene 16 HAP's. La concentración de cada compuesto está dada en  $\mu\text{gg}^{-1}$  peso seco, de los cuales se registraron mayores concentraciones de Antraceno ( $124.6 \mu\text{gg}^{-1} \pm 98.3$ ), Pireno ( $99.1 \mu\text{gg}^{-1} \pm 70.2$ ) y Benzo (a) antraceno ( $97.8 \mu\text{gg}^{-1} \pm 10.0$ ), respectivamente. La concentración más baja correspondió para Naftaleno en las tres especies con  $0.2 \mu\text{gg}^{-1} \pm 0.2$ ,  $2.3 \mu\text{gg}^{-1} \pm 2.0$  y  $4.7 \mu\text{gg}^{-1} \pm 1.0$ , respectivamente. Ponce y Botello (2005), registraron contaminación por HAP's en el SLM entre los años 1997-1999 con una concentración promedio de  $5.7 \mu\text{gg}^{-1}$  con un intervalo de 2.2-18.2  $\mu\text{gg}^{-1}$ .

La atenuación (degradación) natural de los compuestos del petróleo, gasolina y aceites se realizan mediante procesos como la evaporación, foto-oxidación, emulsión, dispersión y biodegradación. Sin embargo no es suficiente la autodepuración ya que los derrames y el vertimiento de dichos contaminantes en su mayoría son en gran cantidad y frecuencia. También la atenuación natural se realiza en los mangles además de los animales asociados y depende de la concentración, tipo de hidrocarburo, y la intensidad de la contaminación.

Respecto a las FPC y FNPC en el SLM ocurren a través de los efluentes domésticos, industriales, escurrimientos y de las descargas de los estanques de acuicultura sobre el río Jamapa de municipios aledaños y aguas arriba. Las FNPC son de mayor severidad a la Laguna de Mandinga Grande ya que también se afecta al suelo y vegetación durante la pleamar (marea alta) y bajamar (marea baja) puesto que al subir la marea los distintos contaminantes fluyen sobre la vegetación del manglar y al bajar la marea estos se depositan en el suelo y flora. De esta manera todas las actividades como son la agricultura, la acuicultura, industria (petroquímica) y domésticas desarrolladas a lo largo y alrededor de los cuerpos de agua han afectado negativamente a estos ecosistemas llevándolos a un deterioro ambiental que debería ser evaluado y ver la magnitud de la degradación.

2) Turismo: Esta actividad económica tiene como principal problema la contaminación por residuos sólidos que arrojan tanto turistas como lugareños a las islas y bosque de mangle en los paseos por lanchas (Figura 37), de esta manera el suelo y vegetación son afectados. Los residuos son inorgánicos de plásticos de polietileno y polipropileno tipo PETE 1, HDPE 2, V 3, PP5 y PS 6 y vidrio. Estos plásticos según su tipo son fáciles de reciclar hasta extremadamente difícil reciclamiento, lo mismo en la naturaleza, persistiendo cientos de años, generando contaminación y degradación en el manglar.



**Figura 37.** El vertimiento de residuos sólidos fue constante en el manglar, persistiendo en varios transectos, principalmente envases de bebidas y aceites (motor).

3) Alteración de los flujos de agua: La apertura de canales o caminos es mínimo y de poca anchura dentro del manglar, por lo cual no repercuten de manera significativa al manglar. No obstante, el problema es más serio para el SLM en la

parte norte, donde se encuentra la desembocadura del río Jamapa y el estero El Conchal y Laguna Larga debido a la construcción del fraccionamiento el Dorado y un centro comercial del mismo nombre. Esto hace que se interrumpa el flujo superficial de agua en los manglares, alterando la tasa de recambio y la salinidad de las aguas que bañan los sistemas, provocando la mortalidad de los manglares.

- 4) Explotación: Los manglares son afectados de manera directa en la extracción de madera para postes que se utilizan en los muelles (infraestructura turística), en la construcción de palapas o viviendas, elaboración de tapos en pesquería, herramientas para la agricultura (Figura 38). También de la madera obtenían carbón. Los productos maderables solo son de autoconsumo, la explotación del manglar se hace de manera inadecuada y se han disminuido dichas actividades por la prohibición de diferentes dependencias e instituciones que trabajan en el SLM.



**Figura 38.** Aprovechamiento de *L. racemosa* para diversos fines.

## 5.5 Restauración y conservación del manglar

En base al estudio sinecológico, aprovechamiento y grado de perturbación del manglar de la Laguna Grande de Mandinga la restauración se puntualiza mediante un proyecto que contempla: a) analizar la formación de islas de manglar, b) mediante regeneración natural protegida, c) reforestación basada en zonificación, d) acciones de rehabilitación hidrológica, e) rehabilitación del medio físico (suelo y agua) contaminado por efluentes urbanos, agrícolas, petroquímicos y turismo, f) educación ambiental y g) normatividad aplicable.

### 5.5.1 Formación de islas de manglar

La formación de islas es propiciada por pescadores con desechos de conchas de ostiones que fueron depositadas alrededor de unos 30 años cercanos al manglar de borde, en la parte noreste-sureste y noroeste-oeste de la laguna. También las islas han sido formadas por el acumulamiento del material dragado que se ha realizado en el cuerpo lagunar. En las islas muestreadas se encontraron las tres especies de manglar teniendo como sustrato las conchas de ostión. La presencia de las especies de mangle se debe básicamente a las adaptaciones que han desarrollado como la viviparidad y la dispersión de propágulos mediante el agua como se discute más adelante.

Los frutos y las semillas de las especies de mangle son flotantes y dispersadas vía flotación, como las tres especies presentes en la laguna de Mandinga. La viviparidad ocurre cuando el embrión penetra a través del pericarpio del fruto antes de la dispersión. El embrión no muestra latencia y el propágulo (plántula) germina desde la semilla y el fruto mientras está unido al árbol, como en el caso de *Rhizophora mangle*. La criptoviviparidad es aquella en la que el embrión crece de la semilla pero no del fruto, es decir, no desarrolla lo suficiente como para romper el pericarpio antes de su caída del árbol (dispersión), como es el caso de *Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa* (Elmqvist y Cox, 1996).

Pannier y Pannier (1976) mencionan que el fenómeno de la viviparidad está determinado fisiológicamente por la necesidad que tiene el embrión, inicialmente pobre en sales, de acumularlas progresivamente en sus tejidos, con el fin de contrarrestar el notable gradiente osmótico que se establece entre él y el ambiente físico (agua y sustrato), una vez que se ha desprendido de la planta madre para comenzar su fase autónoma. El desarrollo de las plántulas es crítico para el manglar a causa del agua salina, del movimiento del agua, del stress ambiental intermareal y por la necesidad de una dispersión a largo plazo mediante las corrientes marinas, es por ello que presumiblemente, la viviparidad en las semillas a propágulos de los mangles representa una ventaja ya que mantienen la viabilidad por un largo período de tiempo mientras permanecen en condiciones de salinidad y al encontrar un sustrato adecuado les permite un rápido establecimiento de los propágulos directamente en el sedimento con la marea baja, puesto que ya no tienen que germinar.

Los propágulos de especies que se encuentran en zonas intermareal media y superior, es decir, para este caso, manglar interno (*A. germinans*) y próximo a tierra (*L. racemosa*) producen por lo general pequeños propágulos. Para el caso de *R. mangle* quien se presentó como manglar de borde en la zona intermareal inferior (de mayor inmersión o contacto con el cuerpo de agua) desarrollan grandes y pesados propágulos.

Sin embargo, no sólo de las adaptaciones referidas en párrafos anteriores se deba el establecimiento de los mangles en las islas, sino que también intervienen factores fisicoquímicos del agua como la velocidad y dirección de la corriente, temperatura y salinidad, así como del sustrato logrando influir tanto en el establecimiento de los mangles en las islas así como su ausencia.

Con respecto a los factores fisicoquímicos del agua para la Laguna Grande de Mandinga y el SLM es variable en un mismo día debido a las mareas y en periodo de secas como de lluvias. Rodríguez *et al.* (2013) mediante un estudio en los años 2008 al 2010 manifiestan que el promedio de la velocidad de la corriente en el SML

durante las temporadas fue de  $10.77 \pm 10.06$  m/s con un mínimo de 0.02 m/s al este de la LGM con dirección al sur en lluvias 2008 y un máximo de 73.79 m/s al sur de la misma laguna en secas 2009. La dirección de la corriente, en general tiene un comportamiento de norte a sur en la LGM.

La temperatura promedio del agua en el SLM durante las temporadas 2008 al 2010 fue de  $29.1 \pm 1.43$  °C. El valor máximo que se registró fue de 32.2 °C en la Laguna Grande de Mandinga. Castañeda (2013), reportó en marzo de 2009 una temperatura promedio de 27.39 °C (con valor mínimo de 26 °C y valor máximo de 28.3 °C) para la misma laguna.

La concentración promedio de salinidad para el SLM durante las temporadas fue de  $25.16 \pm 7.03$  ups (unidades prácticas de salinidad), siendo el valor máximo 33.8 ups en secas 2008 y el mínimo 10.5 ups en lluvias 2008. Asimismo Castañeda (2013) para la LGM reporta una salinidad promedio en marzo de 27.86 ups (con un valor mínimo de 13.9 ups y valor máximo de 34.6 ups).

El promedio de oxígeno disuelto en marzo de 2009 fue de 8.5 mg/l en la LGM (Castañeda, 2013). Mientras que Rodríguez *et al.* (2013) para el SLM reportan  $8.73 \pm 0.46$  mg/l en concentración promedio del mismo parámetro.

De los parámetros anteriores la salinidad parece ser un factor importante para eliminar la competencia con las plantas terrestres, pues aunque los mangles pueden crecer en hábitat de agua dulce, lo hacen lentamente y no compiten bien con las plantas típicas de un ambiente de agua dulce. Así, los mangles no requieren de condiciones salinas para crecer, más bien toleran tales condiciones tomando ventaja de la falta de competencia, es por eso que se les considera halófitas facultativas. No obstante, en la isla 1 estuvieron presentes especies como *Pachira acuática* y *Annona purpurea*. Respecto a lo anterior las tres especies de mangle se desarrollan bajo los siguientes niveles de tolerancia a la salinidad (Cuadro 14).

**Cuadro 14.** Niveles de tolerancia a la salinidad en las tres especies de mangle (CONAFOR, 2011).

Niveles de tolerancia a la salinidad	
<i>R. mangle</i>	0-37 ups, tolerancias hasta 65 ups
<i>A. germinans</i>	0-65 ups, tolerancia hasta 100 ups
<i>L. racemosa</i>	0-42 ups, tolerancias hasta 80 ups

UPS= Unidades prácticas de salinidad.

De esta manera, con referencia a lo anterior, se deduce que la presencia de las tres especies de mangles en las islas muestreadas se deba probablemente a los mecanismos adaptativos de reproducción (viviparidad y criptoviviparidad), la dispersión de propágulos mediante flotación por las corrientes de agua durante la pleamar y bajamar dentro de la laguna y el ambiente físico (agua y sustrato) como se explica a continuación:

La presencia de *R. mangle* en las islas se debe posiblemente a que es una especie pionera desarrollándose en las orillas de las costas, esteros o lagunas. Los propágulos de ésta especie tienen forma de dardos llamados “candela”, que llegan a medir desde 20 hasta 30 cm de largo y pesar aproximadamente 15 gramos antes de desprenderse de la planta madre. Una vez que se desprenden del árbol durante la bajamar, cierta proporción de ellos se clava de punta en el fondo gracias a la viviparidad, porque les permite el desarrollo de raíces adventicias en el hipocotiledón que brotan y sujetan al propágulo en el sedimento originando una nueva planta de mangle. Otros permanecen flotando largo tiempo mediante las corrientes dentro de la laguna y en direcciones ya mencionadas con anterioridad, hasta encontrar un sustrato adecuado donde enraizar, como sucedió en muchas de las islas. La viabilidad la mantienen por largo periodo si permanecen en condiciones ambientales de salinidad, en el rango que cada especie tolera (cuadro) y a las características fisicoquímicas del agua presentes en la laguna.

El establecimiento de *A. germinans* probablemente se deba a la capacidad de dispersión y estructura física de sus propágulos. Estos son de forma elíptica oblonga, pesando aproximadamente 1 gramo y aproximadamente 2 cm de longitud



cuando caen del árbol. El pericarpio se desprende a los pocos días de haber caído, en este período los cotiledones (hojas primarias) se abren y el propágulo se asemeja a dos mariposas, una encima de la otra (Pennington y Sarukhán, 1968). La capacidad de dispersión se refleja durante la pleamar, que es cuando tiene las posibilidades de salir del bosque interno hacia la laguna y lograr establecerse en las islas. Otra ventaja que representa la especie es la tolerancia a los altos niveles de salinidad.

*L. racemosa* posee la misma forma de dispersión de las dos especies anteriores. En la Laguna Grande de Mandinga se encontró normalmente donde la sedimentación fue mayor y menor influencia de las mareas. Su dispersión y establecimiento hacia las islas significa dificultad puesto que los propágulos en su dispersión pasarían por el manglar interno y de borde. Cuando inician su propagación a otros lugares, los frutos son de color verde parduzco cuando caen del árbol, después de 2 días se tornan color café. El pericarpio (pared del propágulo maduro) sirve como flotador y no se desprende hasta que la plántula se establece (Pennington y Sarukhán, 1968).

Es así como se fundamenta el establecimiento de las tres especies de mangle en las islas; mediante sus estrategias reproductivas, factores de mareas, factores fisicoquímicos del agua y sustrato. También puede depender de la distribución y densidad de árboles maduros, la producción de propágulos y depredación de los mismos (Rabinowitz, 1978a; McKee, 1995). Cabe mencionar que el estrato arbóreo fue bajo en altura (3-7 m), esto quizás se atribuya al sustrato (desechos de conchas de ostión) que son ricos en carbonatos de calcio, óxido de calcio e hidróxido de calcio, mientras que los mangles se desarrollan mejor en fango blando que consta de limo fino, arcilla y materia orgánica, además dependiendo de las concentraciones de cloruro de sodio (NaCl), puesto que se encuentra asociada con la tolerancia y la adaptación de cada especie de mangle. Sin embargo se encuentran depósitos de conchas y material dragado más alejadas del manglar y

dicha vegetación no ha podido establecerse, quedando como posible tema de interés.

Gracias a estos mecanismos de adaptaciones en los manglares y su potencial para establecerse en las islas, se toma el interés de proponer como una parte de la restauración de este ecosistema teniendo como enfoque aumentar la cobertura vegetal logrando impactar de forma positiva sobre el medio marino, especies de aves, así también para las personas, que obtienen sus recursos directa o indirectamente de los manglares.

### **5.5.2 Regeneración natural protegida**

Consiste en procurar y asegurar el establecimiento de nuevos propágulos o plántulas del mangle destinando áreas de conservación y protección en la franja de manglar que rodea a la laguna. Las áreas se proponen de acuerdo al análisis de los datos obtenidos en campo, como la estructura (vertical y horizontal) y perturbaciones, planteando las siguientes características:

- 1) Las áreas de conservación y protección se proponen en zonas cuyos transectos se registraron las tres especies de mangle.
- 2) Áreas cuyos transectos se observó abundante regeneración.
- 3) Zonas donde la franja del manglar es de mayor espesor.
- 4) Áreas en el que los transectos presentaron buen desarrollo estructural.
- 5) Zonas aledañas a los transectos con mejores índices estructurales y de diversidad.

Los lugares destinados como zonas de protección y conservación para la regeneración son aquellos que reúnen al menos dos características de las indicadas con anterioridad. Estas zonas no pueden ser cercadas puesto que no sería práctico además de ser costoso sino se cuenta con apoyo. Lo más viable consistiría en colocar anuncios especificando el motivo del programa.

De esta manera, de la parte noreste a sureste de la laguna se proponen los siguientes sitios: transecto 1, presenta las tres especies de mangle, buen índice de abundancia (Cuadro) con respecto a los otros transectos y se notó abundante regeneración, sobre todo de *A. germinans*; transecto 4, ubicado en la franja que ocupó mayor espesor del bosque alrededor de la laguna, obtuvo el mayor IC (Cuadro) e índice de Shannon-Wiener (Cuadro) así como densidad y se encontraron los tres mangles; transecto 5, situado de igual manera en la franja de mayor cobertura vegetal, la altura promedio del arbolado fue de 10.6 m, que refleja el desarrollo estructural del rodal, siendo esta la mayor con respecto a los demás transectos, además de presentarse *R. mangle*, *A. germinans* y *L. racemosa*; transecto 7, localizado en la zona de mayor espesura de manglar, presentándose los tres mangles, con un IC medio (Cuadro), y en la parte noroeste-oeste de la laguna sólo se considera el transecto 9 ya que únicamente en este se registraron las tres especies de mangle y el índice de Shannon-Wiener fue bueno respecto a los demás.

En relación a los criterios anteriores quedan propuestas las áreas para la protección de la regeneración natural, de una manera *in situ*, también podrían funcionar como “rodales semilleros”.

### **5.5.3 Acciones de rehabilitación hidrológica**

Una parte fundamental de la restauración del ecosistema manglar son las acciones de rehabilitación hidrológica, puesto que de estas dependen en gran medida el éxito o fracaso de la restauración. Estas técnicas se vienen utilizando con bastante éxito y se han implementado a gran escala. En los ecosistemas de manglar, existen una serie de caños, esteros y canales naturales que son los encargados de facilitar la dinámica hidrológica que podrían ser denominadas “las arterias del manglar” (Sánchez *et al.*, 2000). Es a través de dichas arterias donde circulan nutrientes, sedimentos, propágulos y demás elementos bióticos característicos del manglar, que mantienen las condiciones necesarias para el desarrollo de los manglares.

En el interior del bosque de manglar de la LGM se encontraron caños o canales internos naturales derivados de la entrada de aguas continentales o de la escorrentía en épocas de lluvias. De acuerdo con Sánchez *et al.* (2000) estos caños o canales son los que mantienen “vivo” al manglar. Con énfasis a lo anterior se recomiendan una serie de actividades de rehabilitación hidrológica como parte integral de los procesos de restauración del manglar de la LGM y acorde a CONAFOR (2011):

- 1) Desazolve y apertura de canales (naturales o artificiales): Consiste en la construcción, reconstrucción o limpieza, donde se recomienda rehabilitar los canales naturales para restablecer el flujo y reflujos de agua. Recomendado en aquellas zonas donde la franja que ocupa el bosque de mangles es reducida y sólo se presentan una a dos especies componentes del manglar de la LGM. En estas áreas desprovistas de vegetación la regeneración natural es afectada por la salinidad (alta), temperaturas (altas) y desecación de la superficie del suelo. Estas condiciones físicas extremas pueden ser críticas para la sobrevivencia de plántulas de manglar (Rabinowitz, 1978b; Febles *et al.*, 2009; Reyes y Tovilla, 2002).

Con el fin de preparar los sitios para una posible reforestación, esta acción permitirá humedad en el suelo, reducir la salinidad, aumentar el flujo de nutrientes y con ello lograr mayor porcentaje de sobrevivencia.

- 2) Bordes, camas elevadas de sedimentos o tarquinas: Consiste en acumular de manera manual sedimentos para aportar rugosidad y variaciones al relieve de la zona favoreciendo el establecimiento de plántulas de mangle y que se puedan aprovechar para reforestaciones. Febles *et al.* (2009) obtuvo una mayor sobrevivencia de *A. germinans* con la construcción de camas de sedimento para controlar el grado de inundación.

Esta técnica puede aplicarse en el manglar de borde así como en el interno para evitar el desarraigue de plántulas sobre todo de *A. germinans* y *L. racemosa* debido a que sus propágulos son pequeños y de menor peso a comparación de las candelas de *R. mangle*.

- 3) Desazolve de manantiales: Radica en identificar las fuentes que aportan agua dulce al ecosistema y si estas se encuentran sedimentadas hay que retirar los materiales que obstruyen para que el agua fluya. En el SLM el aporte de agua dulce proviene del río Jamapa y llega a la LGM a través de los esteros y lagunas de la parte norte. Las acciones en primer lugar serían identificar las posibles fuentes de sedimentación en los cuerpos de agua mencionados, sobre todo en los esteros debido a su angostura. El desazolve favorece en la disminución de la salinidad del agua y asegura un mejor desarrollo de la vegetación de manglar (Febles *et al.*, 2009).

En aquellas zonas de la LGM donde el manglar ha sido eliminado en su totalidad, la apertura de canales es primordial, acompañado de camas elevadas de sedimento aseguran un mayor porcentaje de sobrevivencia de propágulos en una reforestación, por lo siguiente: en el primer caso (apertura de canales) se forma un sistema hidrodinámico que diariamente por la pleamar y bajamar además de la acción de las corrientes (dirección y velocidad) que diariamente inundan la zona afectada, diluyen la sal acumulada en el suelo para posteriormente llevarla por los caños o canales habilitados hacia la LGM. También esto favorece humedad en el sustrato, reducir las altas temperaturas sobre la superficie del suelo y permitir el flujo de nutrientes. En el segundo caso (camas elevadas de sedimentos) se regulan los niveles de inundación logrando arraigue de propágulos y se tiene mayor éxito en sobrevivencia.

#### **5.5.4 Reforestación basada en su zonificación**

La reforestación es de acuerdo a la zonificación en que se encuentran las diferentes especies de mangle en la Laguna Grande de Mandinga, esto significa requerimientos específicos para cada zona donde se desarrollan dichos árboles. Las acciones de reforestación se recomiendan según CONAFOR (2011):

- a) Con planta de vivero: Es la producción de plantas manteniéndose en un determinado periodo (un mes a seis meses) dependiendo del requerimiento en tamaño de la planta. El riego debe ser una mezcla de agua salobre y agua dulce. Las condiciones ambientales del vivero deben ser similares al sitio donde se va a restaurar y evitar el “consentir” a las plantas. Esta actividad se propone puesto que la regeneración natural no es suficiente de acuerdo a lo observado en los transectos.

Estudios realizados mencionan una mayor sobrevivencia de propágulos provenientes de los viveros una vez que se ha reforestado por el cuidado en las necesidades de salinidad, temperatura, sustrato, luz y tamaño de la plántula (Reyes y Tovilla, 2002; Tovilla *et al.*, 2004, Febles *et al.*, 2009 y Sánchez *et al.*, 2000).

El cuidado técnico de los requerimientos anteriores hace posible a los mangles sobrevivir en condiciones de campo debido a la calidad de la planta cumpliendo ciertas características morfológicas como la altura, número de hojas y ramas así como la presencia de raíces adventicias.

La reproducción vegetativa representa en mangles y especies asociadas una opción que puede llegar a ser fundamental en la restauración de ecosistemas de manglar. En México los trabajos de investigación de esta índole son incipientes. La reproducción asexual de especies leñosas de mangle ha sido poco estudiada, géneros como *Avicennia* y *Rhizophora* tienen una capacidad

limitada para reproducirse de manera asexual (Tomlinson, 1994; citado por Benítez *et al.*, 2002). No obstante especies como *L. racemosa* y *C. erectus* poseen un potencial genético que les permiten propagarse asexualmente, bajo condiciones de luz, humedad, temperatura, adecuadas y tener éxito en las diferentes épocas del año (Benítez *et al.*, 2002).

- b) Siembra directa: Consiste en seleccionar propágulos colectados del árbol o recién caídos y plantarlos en el área afectada. Un punto clave que nos puede asegurar una baja mortalidad, consiste en la selección adecuada de los sitios de colecta directa de los propágulos en “árboles semilleros” y un buen manejo del material (Reyes y Tovilla, 2002). De las plántulas obtenidas del “banco de semillas” se debe tener la precaución que estas no tengan algún daño.

La siembra directa debe hacerse en áreas idóneas para el desarrollo de estas estructuras reproductivas. Al respecto Sánchez *et al.* (2000) menciona poner cuidado a los altos niveles de inundación y tiempo de estancamiento del agua. El primero puede ser tal, que mediante el flujo de las corrientes desarraigue a los propágulos durante sus fases iniciales, mientras que el segundo puede causar un sobrecalentamiento alcanzando los 40 °C ocasionando mortalidad. Bajo esta técnica de siembra, el porcentaje de mortandad y pérdida de plántulas es más alto que el sistema de vivero.

Uno de los inconvenientes de este sistema, es la cantidad de propágulos que se necesitan, lo cual representa dificultades para conseguirlos en algunas épocas del año debido a la baja producción, a zonas degradadas y a la calidad exigida. Conforme a las experiencias obtenidas en varias investigaciones, la especie más apta y recomendada para este tipo de actividad es *R. mangle* por las características de su hipocótilo en longitud y peso.

- c) Trasplante de plántulas: Consiste en extraer los propágulos silvestres de un sitio conservado y plantarlas en el área a restaurar. Se recomienda en aquellas áreas de los transectos o zonas distintas donde la abundancia y densidad de plántulas sean altas. De acuerdo con Sánchez *et al.* (2000) los beneficios de este método se pueden visualizar de dos maneras: 1) mayor vigor de las plantas, pues se hace una selección de los mejores individuos de la regeneración natural, garantizando también la viabilidad de los mismos, además la técnica facilita la plantación de otras especies como es el caso de *A. germinans* y *L. racemosa* cuya producción en vivero es más baja que en *R. mangle* (Reyes y Tovilla, 2002; Tovilla *et al.*, 2004, Febles *et al.*, 2009).

Las actividades anteriores se requieren en aquellas zonas donde la franja del bosque de mangles ha sido reducida y hay ausencia de una a dos especies en el manglar interno o en el peor de los casos la eliminación total de esta vegetación. *L. racemosa* fue la más impactada por encontrarse como límite o borde hacia tierra, viéndose reducida o eliminada por actividades agrícolas y aprovechamientos. Su disminución fue general, observándose en campo y en los datos obtenidos en densidad. La ausencia de esta especie se registró en los transectos 8, 10 y 11 correspondientes a la parte noroeste de la laguna. Del mismo modo en un recorrido realizado a pie de los transectos 1 a 3 (noreste), se ubicó una área muy reducida de manglar en donde sólo *R. mangle* estaba presente con un espesor aproximado de 20 m. La pérdida de cobertura vegetal es total en partes del cuerpo de agua de oeste a suroeste, cercano a la localidad de La Laguna.

La adecuación de las zonas de reforestación consiste en la “preparación del terreno” cuyas actividades permitan el buen desarrollo de los propágulos, básicamente son: la eliminación o control de material vegetativo muerto en el suelo que interfiere desviando o interfiriendo los flujos de agua, se realiza para mantener condiciones apropiadas de salinidad y temperatura; erradicación de residuos sólidos, con el fin de eliminar esta fuente de contaminación; chapeo para eliminar total o



parcialmente cobertura vegetal no deseable como el helecho *A. aureum* en las franjas muy reducidas de manglar donde sólo queda *R. mangle*.

Para las áreas desprovistas de vegetación se requerirá de primera instancia de las acciones de rehabilitación hidrológica con el propósito de establecer las condiciones necesarias para la reforestación. Las condiciones físicas extremas como alta salinidad y temperatura así como la desecación del suelo, pueden ser críticas para la sobrevivencia de los propágulos de mangle durante la fase de establecimiento. (Rabinowitz, 1978b).

La forestación de aquellas islas dentro de la LGM que aún no son colonizadas por los mangles es un punto de investigación sobre qué especies podrían establecerse mejor y bajo qué condiciones ambientales. Al respecto Hoffman y Rodger (1980) (Citados por Tovilla *et al.*, 2004) establecieron plantaciones de *L. racemosa* en una isla alterada por dragados, obteniendo un 73 % de supervivencia después de tres meses. La importancia de las islas y su posible forestación radica en que funcionan como hábitat para diversas especies de aves en donde anidan y alimentan, además de ganar paso a la pérdida de cobertura vegetal del manglar.

Es importante evaluar el nivel de éxito de las acciones de restauración implementadas para así mejorar y adecuar las estrategias. Asimismo dar seguimiento en evaluación de la supervivencia y crecimiento de las plántulas, realizar mediciones de los niveles de inundación así como de los factores fisicoquímicos del agua y suelo.

### **5.5.5 Rehabilitación del medio físico**

En el SLM y en especial en la LGM se recomiendan actividades de biorremediación y fitorremediación para suelo y agua. Estas tecnologías son pertinentes ambientalmente. En vegetación aparte de las actividades de reforestación y rehabilitación hidrológica, se tiene la eliminación o erradicación de los

residuos sólidos dentro del manglar mediante jornadas de limpieza similares a las que se realizan en diferentes localidades y ciudades o un tipo faena que se llevan a cabo en organizaciones tales como los ejidos.

- 1) Biorremediación en suelos de manglar. Es un proceso biológico en donde diversos microorganismos (m.o.) degradan varios contaminantes en suelo y agua o aire, trabajando de manera individual o coordinadamente dentro de un consorcio microbiano. Normalmente en los suelos de manglares existen m. o. que pueden degradar hidrocarburos, sin embargo el crecimiento de dichos m. o. se ve afectado por su baja biodisponibilidad, limitación de nutrientes y oxígeno, por la frecuencia, cantidad, acumulación y persistencia del contaminante, asimismo como la presencia de otro tipo de contaminantes como los metales pesados que inhiban la degradación de los componentes del petróleo.

Por lo anterior, se han utilizado dos estrategias para fomentar la actividad degradadora de la flora microbiana activa, una de ellas es la bioestimulación que consiste en la adición de nutrientes o compuestos estimuladores de la degradación, la otra llamada bioaumentación, que es la adición de cepas microbianas con atributos especiales para degradar contaminantes, se podría decir de una manera selectiva. Por otro lado, existe la remediación *in situ* en donde sólo la flora microbiana nativa o autóctona es la responsable de la degradación o transformación de los contaminantes, dicha estrategia se le conoce como atenuación natural o biodegradación pasiva (Olguín *et al.*, 2007).

En relación a investigaciones y trabajos llevados a la práctica de biorremediación en suelos de manglar es mínimo. Al respecto Olguín *et al.*, (2007) menciona que diversos estudios en laboratorio indican que la mejor técnica de degradación para hidrocarburos en suelos de manglar es la bioestimulación mediante la adición de nutrientes (fertilizante de liberación lenta) y de aireación (prácticas de labranza). En el caso de la bioaumentación,

el aspecto clave de éxito reside en la selección de la sepa con respecto al uso de m. o. competentes, además de cuestiones de mayor complejidad como criterios modernos de biología molecular y química analítica (utilización de organismos genéticamente modificados).

Se recomienda realizar una caracterización detallada de los suelos del sitio de trabajo, en este caso del manglar de la LGM, antes de decidir el tipo de tratamiento, puesto que las propiedades del suelo y el tipo de microflora autóctona afectan el grado de degradación.

- 2) Fitorremediación en suelos de manglar. La fitorremediación es un conjunto de tecnologías que reducen *in situ* o *ex situ* la concentración de diversos compuestos a partir de procesos bioquímicos realizados por las plantas y microorganismos asociados a ellas (Delgadillo *et al.*, 2011). Esta técnica utiliza plantas para remover, reducir, transformar, mineralizar, degradar, volatilizar o estabilizar contaminantes (Kelley *et al.*, 2000; Miretzky *et al.*, 2004; Cherian y Oliveira, 2005; Eapen *et al.*, 2007; Cho *et al.*, 2008; Citados por Delgadillo *et al.*, 2011). Sin embargo, en el caso de derrames con hidrocarburos, no es fácil aplicar tecnologías de fitorremediación utilizando plantas vivas, dado que las plantas también son sensibles a estos compuestos tóxicos.

Según Thangavel y Subhram (2004) (Citados por Delgadillo *et al.*, 2011) dependiendo del tipo de contaminante, las condiciones del sitio y el nivel de limpieza requerido; las tecnologías de fitorremediación se pueden utilizar como medio de contención (rizofiltración, fitoestabilización y fitoinmovilización) o eliminación (fitodegradación, fitoextracción y fitovolatilización). La presencia de metales pesados en sedimentos como el Cd, Cu, Cr, Ni, Pb y Zn y HAP's en la LGM, así como sus condiciones permiten discernir y optar por las siguientes tecnologías de fitorremediación:

La fitoestabilización que permite inmovilizar contaminantes en el suelo a través de su absorción y acumulación en las raíces o bien, por precipitación en la zona de la rizosfera. Aplica para sedimentos con contaminantes inorgánicos como los metales pesados registrados en la LGM. Este proceso reduce la movilidad de los contaminantes y evita su migración a las aguas subterráneas o al aire (Barton *et al.*, 2005; Mendez y Maier, 2008; Citados por Delgadillo *et al.*, 2011). La fitoestabilización es efectiva en suelos de textura fina con alto contenido de materia orgánica (Padmavathiamma y Li, 2007; Citados por Delgadillo *et al.*, 2011). *Brassica juncea* es una de las plantas empleadas en ésta técnica (Cd, Zn, Cu, Mn, Fe, Pb).

La fitoextracción o fitoacumulación consiste en la absorción de metales contaminantes mediante las raíces de las plantas y su acumulación en tallos y hojas. El primer paso para la aplicación de esta técnica es la selección de las especies de planta más adecuada para los metales presentes y las características del emplazamiento. Debido a los metales pesados registrados en la LGM la especie *Pistia stratiotes* (Ag, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn) parece ser la más acorde (Delgadillo *et al.*, 2011).

- 3) Fitorremediación en agua de manglar. La bioadsorción es una técnica que utiliza la biomasa seca no sensible de plantas para la adsorción de hidrocarburos en la columna de agua o adheridos a partículas suspendidas en el agua de ambientes de manglar. La biomasa de algunas plantas acuáticas representan una buena opción, dado que sus características fisicoquímicas la hacen un excelente adsorbente no sólo de hidrocarburos sino también de iones metálicos. Algunas especies utilizadas son *Salvinia minima*, *Typha dominguensis* y *Pistia stratioides*. Las primeras dos especies han sido probadas en su capacidad de remoción de gasolina mostrando buenos resultados. Otra especie utilizada para remover hidrocarburos es el lirio

acuático (*Eichornia crassipes*) por su gran contenido de fibra (Olguín *et al.*, 2007).

Otra técnica es la podría ser la rizofiltración que utiliza las plantas para eliminar del medio hídrico contaminantes a través de la raíz (Dushenkov *et al.*, 1995; Citados por Delgadillo *et al.*, 2011). En la rizofiltración estas plantas se cultivan de manera hidropónica. Cuando el sistema radicular está bien desarrollado, las plantas se introducen en el agua contaminada con metales, en donde las raíces los absorben y acumulan. A medida que las raíces se van saturando, las plantas se cosechan y se disponen para su uso final (Nedelkoska y Doran, 2000; Eapen *et al.*, 2003; Cherian y Oliveira, 2005; Citados por Delgadillo *et al.*, 2011). Existen diversas plantas acuáticas que han sido utilizadas en esta técnica, entre ellas *Ludwigia palustris* absorbiendo Cu, Zn, Mn, Fe y Ni. En el manglar de la LGM se registró la especie *Ludwigia adscendes*.

### **5.5.6 Educación ambiental**

Una estrategia de conservación ante la problemática que enfrentan los manglares, así como muchos otros ecosistemas, es la Educación Ambiental (EA) que debe implementarse e impulsar mediante un programa el cual busque y haga crear conciencia en la sociedad, sobre todo que ésta no sea sólo transmisora de esa educación sino sea transformadora de la misma. La EA es una alternativa para la conservación del SLM sobre todo en la LGM que es en donde se lleva a cabo las mayores actividades económicas (turismo, pesquería, aprovechamiento del bosque de manglar), por lo que se debe utilizar con fines preventivos para evitar el deterioro y agotamiento de sus recursos.

La Educación Ambiental se ha implementado como un instrumento de política pública desde la cumbre de la tierra en Río de Janeiro en 1992, en donde se hizo evidente la magnitud de los problemas ambientales globales. A partir de dicha

cumbre la inserción de la EA dentro de la currícula escolar se hizo inminente en los diferentes niveles de enseñanza, incluyendo la educación no formal (Linares *et al.*, 2004).

El programa de Educación Ambiental para el SLM, en específico a la LGM se contempla mediante dos subprogramas: a) subprograma de educación formal y b) subprograma de educación no formal. Asimismo los objetivos del programa se plantean de la siguiente manera:

- Concientizar a la sociedad sobre la problemática ambiental del SLM haciendo énfasis en la Laguna Grande de Mandinga.
  - Elaborar cursos de capacitación así como talleres educativos en relación a los usos y aprovechamientos del ecosistema manglar contemplando el modelo económico desarrollado en la presente investigación, a todos los niveles y sectores de la población local.
  - Involucrar a las comunidades locales y regionales en las actividades de educación y difusión que se estén implementando en la LGM.
  - Capacitar a la cooperativa de lancheros sobre la importancia ecológica y económica que representa el ecosistema manglar.
  - Desarrollar, mediante el ecoturismo, actividades recreativas, culturales y de enseñanza sobre la importancia del manglar y la problemática que enfrenta.
  - Elaborar material educativo como folletos y trípticos para las comunidades locales así como para los visitantes.
- a) Subprograma de educación formal. Se recomiendan pláticas en escuelas a nivel preescolar y primaria puesto que los niños son más receptivos y pueden cambiar la percepción de una manera más rápida. La temática a desarrollar es el manglar, su importancia ecológica, problemática, reforestación y conservación. Las pláticas pueden estar apoyadas con diferentes materiales didácticos como videos, posters, presentaciones en computadora, crucigramas y hasta realizar juegos variados. Con el fin de evaluar las pláticas

podrían aplicarse cuestionarios (grados en los que ya puedan leer y escribir) o pequeñas participaciones u discusiones.

A la LGM llegan grupos escolares de diferentes instituciones educativas a nivel licenciatura y posgrado, con lo cual se recomienda impartir talleres sobre el ecosistema manglar y proporcionar un acervo bibliográfico sobre los diferentes estudios realizados en el SLM. En estos talleres es aconsejable la participación de la gente local, con la finalidad de que se involucren en los proyectos y de esta manera se pueda generar una conciencia del valor de los recursos naturales de la LGM.

- b) Subprograma de educación no formal. En este subprograma lo ideal es impartir la EA a diferentes sectores de la sociedad como la población infantil, amas de casa, pescadores, lancheros, agricultores y turistas. De esta manera se puede buscar un cambio en la actitud hacia el ambiente entorno al manglar y generar o despertar la sensibilización y concientización ya sea individual o grupal. Un sector importante son los turistas ya que estos generan economía, se cree necesario promover una actitud conservacionista sobre el recurso manglar mediante folletos o trípticos, mediante la venta de playeras, gorras, calcomanías y otros objetos que los mismos pobladores puedan comercializar para poder conservar el manglar.

Es así como a través de los diferentes mecanismos referidos con anterioridad se busca que la EA refleje ser una alternativa viable para la conservación de los recursos naturales, desarrollando el conocimiento necesario en cada individuo y que éste pueda concebir de una manera íntegra la importancia económica y sobre todo ecológica que representa el manglar.

### **5.5.7 Normatividad aplicable**

Como hemos visto, los humedales, entre ellos el manglar es un ecosistema irremplazable y único, puesto que alberga una gran biodiversidad y se halla entre los más productivos del mundo, además de él dependen muchos otros organismos de ecosistemas adyacentes, en donde nacen, se alimentan y refugian.

Para abordar el tema de la normatividad se tiene que definir al humedal, en este caso al SLM considerando sus usos, formas de aprovechamiento, capacidad de asentar actividades humanas, de este modo se irá teniendo regulaciones especiales por áreas y, dependiendo de las actividades que en él se realicen, se podría legislar específicamente, es decir, si se aprovecha, se protege, se deseca, se cultiva, se destina a la pesca.

Si se considera que el SLM se protegiera, enmarcaría dentro de la normatividad de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, específicamente respecto a los ordenamientos sobre las Áreas Naturales Protegidas, pues si bien no existe una categoría única para el humedal, dependiendo de la importancia, características y condición de sus especies, el valor intrínseco del área y otros factores, se podría incluir en alguna de las categorías que la ley señala.

Si se considera que el SLM es susceptible de aprovechamiento, se deberán condicionar los mecanismos y formas para hacerlo, a través de un ordenamiento ecológico que, de acuerdo con ciertos criterios y la aplicación de políticas específicas, pueda ser la base de un plan de manejo y de un posible programa concertado con los habitantes y autoridades de la zona, así como para establecer los compromisos y obligaciones que se deriven de la realización de las actividades propias de su aprovechamiento.



Si se pretende dragar o realizar cualquier obra pública o privada, se debe evaluar el impacto ecológico sobre la zona y con base en esos estudios se elaborará el plan de manejo y mitigación de efectos adversos al SLM. Si existen áreas susceptibles al cultivo, se han de establecer las alternativas de producción en la zona y se integrarán a un posible programa integral de manejo. El SLM es un área susceptible a la pesca, se debe aplicar las disposiciones de la legislación pesquera y las normas oficiales mexicanas para las artes de la pesca. De esta manera la gestión y manejo de la zona costera y sus recursos requiere de la intervención de diversas instituciones, así como del establecimiento de responsabilidades compartidas y de la aplicación de múltiples instrumentos jurídicos a nivel federal, estatal y municipal. En este sentido México cuenta con un marco de políticas ambientales amplio que se orientan a fomentar el crecimiento económico, respetando el equilibrio y conservación de los recursos naturales en que se sustenta.

### **Leyes y Normas Oficiales aplicables para el aprovechamiento, protección, conservación y restauración del SLM.**

#### **Leyes**

- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.
- Ley de Aguas Nacionales.
- Ley Federal de Pesca y su Reglamento.
- Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.
- Ley General de Vida Silvestre.

#### **Normas**

**NOM-059-SEMARNAT-2010.** Protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación del 30 de diciembre de 2010.

**NOM-126-SEMARNAT-2001.** Que establece las especificaciones para la realización de actividades de colecta científica sobre material biológico de flora y fauna silvestres y otros recursos biológicos en el territorio nacional. Diario Oficial de la Federación del 20 de marzo de 2000.

**NOM-022-SEMARNAT-2003.** Que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable, y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar. Diario Oficial de la Federación del 10 de abril de 2003.

**NOM-001-SEMARNAT-1996.** Que establece los Límites Máximos Permisibles de Contaminantes en las Descargas de Aguas Residuales en Aguas y Bienes Nacionales. Diario Oficial de la Federación del 6 de enero de 1997.

**NOM-075-SEMARNAT-1995.** Que establece los niveles máximos permisibles de emisiones a la atmósfera de compuestos orgánicos volátiles provenientes del proceso de los separadores agua-aceite de las refinerías de petróleo. Diario Oficial de la Federación del 26 de diciembre de 1995.

**NOM-143-SEMARNAT-2003.** Que establece las especificaciones ambientales para el manejo de agua congénita asociada a hidrocarburos. Diario Oficial de la Federación del 3 de marzo de 2005.

**NOM-012-RECNAT.** Que establece los criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento de leña para uso doméstico. Diario Oficial de la Federación del 26 de junio de 1996.

**NOM-060-ECOL-1994.** Que establece las especificaciones para mitigar los efectos adversos ocasionados en suelos y cuerpos de agua por el aprovechamiento forestal. Diario Oficial de la Federación del 13 de mayo de 1994.

**NOM-061-ECOL-1994.** Que establece las especificaciones para mitigar los efectos adversos ocasionados en la flora y fauna silvestre por el aprovechamiento forestal. Diario Oficial de la Federación del 13 de mayo de 1994.

**NOM-062-ECOL-1994.** Que establece las especificaciones para mitigar los efectos adversos sobre la biodiversidad que se ocasionen por el cambio de uso del suelo de terrenos forestales a agropecuarios. Diario Oficial de la Federación del 13 de mayo de 1994.

**NOM-089-ECOL-1994.** Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de las actividades de cultivo agrícola.

**NOM-022-PESC-1993.** Que ordena el aprovechamiento de las especies de camarón en aguas de jurisdicción federal de los Estados Unidos Mexicanos. Diario Oficial de la Federación del 4 de diciembre de 1993.

**NOM-009-PESC-1993.** Que establece el procedimiento para determinar para determinar las épocas de veda para la captura de las diferentes especies de flora y fauna acuáticas, en aguas de jurisdicción federal de los Estados Unidos Mexicanos. Diario Oficial de la Federación del 4 de marzo de 1994.

Finalmente, la aplicación de la normatividad, para ser efectiva y cumplir con sus objetivos requiere de:

- Un marco regulatorio conocido por los especialistas en el manejo de las áreas.
- La aplicación de las normas:
  - ✓ Cumplimiento basado en el conocimiento.
  - ✓ Del conocimiento de las normas depende su análisis para cumplirlas.
  - ✓ Del cumplimiento de las normas depende su efectividad.

- ✓ Si la norma no es efectiva, eficaz o no sirve para los fines que fue diseñada se puede proceder a su reforma.

No obstante lo anterior, el reto continúa siendo la modernización de la regulación puesto que los humedales han sido objeto de análisis científico y por tanto, las propuestas de los especialistas deben servir de base para decidir qué hacer en los humedales.

## 6 CONCLUSIONES

El manglar de la Laguna Grande de Mandinga es del tipo fisonómico “cuenca” y está compuesto por tres especies de mangles zonificadas en gradiente agua-tierra: *R. mangle*, *A. germinans* y *L. racemosa*. La ausencia de *Conocarpus erectus* probablemente se debe a que no se le considera como un mangle verdadero y que sólo se asocia con las otras especies, también puede deberse a la pérdida de cobertura vegetal tal y como se ha afectado a *L. racemosa*.

Las características estructurales del manglar fueron significativamente diferentes para las tres especies de mangle en los trece transectos. El mayor número de individuos se encontró en la clase 5 m de altura. La densidad fue variable en los trece transectos debido a la perturbación del hábitat. *A. germinans* obtuvo la mayor área basal, mientras que en altura fue *L. racemosa*. El aporte de agua dulce proveniente del río Jamapa hace posible que la salinidad en el sistema lagunar no sea elevada.

La especie que dominó fue *A. germinans* obteniendo el valor más alto en el Índice de Valor de Importancia para los trece transectos. En la isla 1 quien dominó fue *L. racemosa*, además de presentar mayor número de especies como *Pachira acuática* y *Annona purpurea*, mientras que *R. mangle* en la isla 2 obtuvo el mayor IVI y sirve como hábitat para diversas especies de aves. En ambas islas el desarrollo estructural fue bajo, esto debido a que fueron formadas por desechos de conchas de ostiones, sustrato que no es idóneo para su buen desarrollo, además de ser una vegetación relativamente joven.

La diversidad fue baja (<2) debido a que el manglar es poco diverso en cuanto a composición de especies y su flora asociada es poca. Las variables estructurales medidas indican que el bosque es poco complejo (IC bajo) en comparación con manglares del mismo tipo fisonómico en América, esto se debe a la

ausencia de especies, la altura promedio del dosel, a un valor relativamente bajo en área basal y la variabilidad en densidad.

El ecosistema manglar representa una industria recreativa, pesquera, forestal y ambiental que con buena administración de sus recursos (sustentabilidad) puede generar ingresos económicos por mucho más tiempo para las localidades que se desarrollan a los alrededores. El modelo de valoración económica es subjetivo, por lo que es poco adecuado para dar un valor íntegro y certero al ecosistema. Sin embargo sirve para dar cuenta del grado en que las poblaciones cercanas dependen del manglar.

El deterioro ambiental que enfrenta el Sistema Lagunar Mandinga se refleja severo a futuro, puesto que la degradación es continua derivada de las actividades económicas (turismo, industria petroquímica, pesca, agricultura) de municipios vecinos y localidades aledañas a los cuerpos de agua, esto también significa riesgos en salud a los habitantes que dependen de dicho ecosistema.

Las acciones recomendadas para la restauración de la LGM deben implementarse para todo el SLM, puesto que no tendría caso enfocarse sólo a un cuerpo de agua cuando la afectación es para todo el sistema. Las actividades que se proponen para la recuperación del ecosistema manglar son basadas en casos donde se ha logrado tener éxito, no obstante, los trabajos realizados en dicha materia son relativamente recientes, por lo que se hace pertinente este trabajo. Es necesario analizar al bosque de manglar con un enfoque integral para abordar su problemática y entender mejor tanto los efectos como las causas que lo determinan.

Un aspecto importante para que todo el SLM siga siendo aprovechado de una manera sustentable, es la regulación y aplicabilidad de la normatividad existente en cuestión de humedales. Es importante señalar y proponer al Sistema Lagunar Mandinga como una Área Natural Protegida por la importancia ecológica y económica que representa.

## 7 LITERATURA CITADA

- Agráz, H. C., Noriega, T. R., López, P. J., Flores, V. F.J., y Z. J. J. Jiménez. 2006. Guía de Campo. Identificación de los Manglares en México. Universidad Autónoma de Campeche. 45 p.
- Benítez P. D., Flores, V. F. y H. J. I. Valdez. 2002. Reproducción vegetativa de dos especies arbóreas en un manglar de la costa norte del Pacífico mexicano. *Madera y Bosques*. 8 (2): 57-71.
- Botello, A. V. 2005. Características, composición y propiedades fisicoquímicas del petróleo, p. 261-268. *In*: Botello, A. V., Rendón-Von Osten, J. y H. C. Agráz (Eds.). Golfo de México contaminación e impacto ambiental: diagnóstico y tendencias. 2 da Edición. Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto Nacional de Ecología. 696 p.
- Brower, J. y J. H. Zar. 1977. Field and laboratory methods for general ecology. W. M. C. Brown Company Publishers. U. S. A. 194 p.
- Carmona, D. G., Morales, M. J. E., y L. E. Rodríguez. 2004. Plan de manejo para el manglar de Sontecomapan, Catemaco, Veracruz, México: una estrategia para la conservación de sus recursos naturales. *Madera y Bosques*. 10 (2): 5-23.
- Castañeda, M. J. 2013. Caracterización y evaluación ecológica de la ictiofauna en los estadios larval, juvenil y adulto del Sistema Lagunar de Mandinga durante la temporada de secas del año 2009. Tesis profesional. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM, México. 193 p.
- Chapman, V. J. 1976. Mangrove vegetation. J. Cramer. Berlin, Germany. 447 p.

- Chapman, V. J. 1975. Mangrove biogeography. In: G. E. Walsh, C. C. Snedaker y H. J. Teas. (Eds.) Proc. Of the international Symposium on Biology and Management of Mangroves. pp. 3-22. East-West Center, Honolulu, Hawaii, 823 pp.
- Cintrón, G. L. and Y. Schaeffer. 1982. Mangrove forests: Ecology and response to natural and man induced stressors. UNESCO-IOCARIBE. Coral Reef, Sea grass Beds and Mangroves: Their interaction in the coastal zone of the Caribbean, Workshop. West Indies Laboratory Fairleigh, Dickinsons University. St. Croix, U. S., V. I. 47 pp.
- Cintrón, G. L., A. E. Lugo y R. Martínez. 1980. Structural and functional properties of mangrove forests. A symposium signaling the Completion of the Flora of Panama. Universidad de Panamá. Panamá. 230 p.
- CONABIO. 2009. Manglares de México: extensión y distribución. 2ª ed. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F. 99 pp.
- CONABIO. 2013. Manglares de México/Extensión, distribución y monitoreo. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México D.F. 128 pp.
- CONAFOR. 2011. Recomendaciones para las actividades de restauración de manglares. Comisión Nacional Forestal. 3ª edición. México, D. F. 17 p. Disponible en URL: [www.conafor.gob.mx](http://www.conafor.gob.mx) (07/03/2013).
- Corella, J. F., Valdez, H. J. I., Cetina A. V. M., González C. F., Trinidad S. A. y Aguirre, R. J. R. 2001. Estructura forestal de un bosque de mangles en el norte del estado de Tabasco, México. *Ciencia Forestal en México*, 26(90). 73-102.



- Corella, J. F. 2003. Estructura, fenología y repoblación natural de un manglar en pantanos de Centla, Tabasco. Tesis de Doctorado. Montecillo Texcoco, Estado de México. 131 p.
- Cottam, G. y J. T. Curtis. 1956. The use of distance measures in phytosociological sampling. *Ecology*. 37 (3): 451-460.
- Davis J. H. Jr. 1940. The ecology and geologic role of mangroves in Florida. Carnegie Institute, Washington, D.C. Publ. 517. Tortugas Lab. Pap. 32: 303-412.
- Elmqvist, T. y P. A. Cox. 1996. The evolution of vivipary in flowering plants. *Oikos* 77: 3-9.
- Delgadillo, L. A. E., González, R. C. A., Prieto, G. F., Villagómez, I. J. R. y Acevedo, S. O. 2011. Tropical and Subtropical Agroecosystems. 14: 597-612.
- Febles, P. J L., Novelo, L. J. y S. E. Batllori. 2009. Pruebas de reforestación de mangle en una Ciénega costera semiárida de Yucatán, México. *Madera y Bosques*. 15(3): 65-86.
- Field, C. D. 1995. Impact of expected climate change on mangroves. *Hydrobiologia* 295: 75-81.
- Fonseca, M. E. 2010. Industria del camarón: su responsabilidad en la desaparición de los manglares y la contaminación acuática. *Revista Electrónica de Veterinaria*. 11 (5): 1-20.
- García, E. 1990. Carta de climas, atlas nacional de México. Instituto de Geografía. UNAM.

- Guzmán, A. P., Villanueva, S. F. y A. V. Botello. 2005. Metales en tres lagunas costeras del estado de Veracruz, p. 361-372. In: Botello, A. V., Rendón-Von Osten, J. y H. C. Agráz (Eds.). Golfo de México contaminación e impacto ambiental: diagnóstico y tendencias. 2 da Edición. Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto Nacional de Ecología. 696 p.
- Granados S. D. y V. R. Tapia. 1990. Comunidades vegetales. 1<sup>er</sup> edición. Universidad Autónoma Chapingo. 235 p.
- Hamilton, L. y S. Snedaker. 1984. Handbook for mangrove area management. Environment and Policy Institute. East West Center, IUCN, UNESCO y PNUMA. XII. 123 p.
- Jiménez, Q. C. y González, H. F. 1996. Análisis de la estructura del manglar de la laguna de Juluápan, Col., México. INP. SEMARNAP. Ciencia Pesquera No. 12: 76-84.
- Lara, D. A. L., López P. J., Martínez G. R. y L. A. D. Vázquez. 2009. Caracterización del sitio de manglar Mandinga, en Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica, México, D.F.
- Linares, M. R. M., Tovilla, H. C., y P. J. C. De la Presa. 2004. Educación ambiental: una alternativa para la conservación del manglar. Madera y Bosques. 10 (2): 105-114.
- López, P. J. y E. Ezcurra. 2002. Los manglares de México: una revisión. Madera y Bosques. Número especial: 27-51.

- Lugo, A. and S. Snedaker. 1974. The ecology of mangrove. Annual review of ecology and systematics. 5:39-64.
- Maimone, C. M. R. 2005. Manejo tradicional de humedales tropicales y su análisis mediante sistemas de información geográfica (SIGs): El caso de la Comunidad Maya Chontal de Quintín Arauz, Centla, Tabasco. Tesis de Doctorado en Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional. Colegio de Postgraduados. Puebla. 171 p.
- McKee, K. L. 1995. Seedling recruitment patterns in Belizean mangrove forest: effects on establishment ability and physicochemical factors. Oecologia. 101 (4): 448-460.
- Moreno, P., Rojas, J., Zárate, D., Ortiz, M., Lara, A. y T. Saavedra. 2002. Diagnóstico de los manglares de Veracruz: distribución, vínculo con los recursos pesqueros y su problemática. Madera y Bosques. Número especial, 61-68.
- Moreno, E., A. Guerrero, M.C. Gutiérrez, C.A. Ortoz y D.J. Palma, 2002. Los manglares de Tabasco, una reserva natural de carbono. Madera y Bosques. Número Especial 2002: 115-128.
- Moreno, C. P. y B. Wagner (Eds). 2009. Breviario para describir, observar y manejar humedales. Serie Costa Sustentable no. 1. RAMSAR, Instituto de Ecología A.C., CONANP, US Fish and Wildlife Service, US State Department. Xalapa, Veracruz, México. 406 p.
- Müller, D. D. y H. Ellenberg. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. Jhon Wiley & Sons. U. S. A. 547 p.

- Olguín, J. E., Hernández, M. E. y G. G Sánchez. 2007. Contaminación de manglares por hidrocarburos y estrategias de biorremediación, fitorremediación y restauración. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 23 (2): 139-154.
- Odum, E. P. 1972. *Ecología*. 3a. Edición. Edit. Interamericana, México. 639 pp.
- Palomarez, G. J. M. 2010. Valoración de la calidad de los influentes y efluentes de las granjas acuícolas de la cuenca baja del río Jamapa, Veracruz. Tesis Doctorado. Tepetates, Manlio Fabio Altamirano, Veracruz. 88 p.
- Pannier, F. y R. Pannier. 1976. Manglares: un enfoque fisiológico. *Biología*. (6): 51-57.
- Pannier, F. y R. Pannier. 1980. Estructura y dinámica del ecosistema de manglares: un enfoque global de la problemática. In: *Memorias del seminario sobre el estudio científico e impacto humano en el ecosistema de manglares*. UNESCO. Cali, Colombia. 46-55 p.
- Pennington, T. D. y J. Sarukhán. 1968. Manual para la identificación de campo de los principales árboles tropicales de México. INIF-FAO, México. 413 p.
- Pennington, T. D. y J. Sarukhán, K. 2005. Árboles tropicales de México; manual para la identificación de las principales especies. 3ª ed. UNAM- FCE. México, D. F. 523 p.
- Ponce, V. G. y A. V. Botello. 2005. Niveles de hidrocarburos en el Golfo de México. P. 269-298. In: Botello, A. V., Rendón-Von Osten, J. y H. C. Agráz (Eds.). *Golfo de México contaminación e impacto ambiental: diagnóstico y tendencias*. 2 da Edición. Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto Nacional de Ecología. 696 p.

- Pool, D. J., Snedaker S. C. and A. E. Lugo. 1977. Structure of mangrove forests in Florida, Puerto Rico, México and Costa Rica. *Biotrópica*. 9 (3): 195-212.
- Rabinowitz, D. 1978a. Dispersal properties of mangrove propagules. *Biotrópica*. 10 (1): 47-57.
- Rabinowitz, D. 1978b. Early growth of mangrove seedlings in Panama, and a hypothesis concerning the relationship of dispersal and zonation. *Journal of Biogeography*. 5: 113-133.
- Requena, P. G. C., Agráz, H. C. M., Vázquez, B. A., Osti, S. J., Reyes, C. J. E., Chan, K. C., García, Z. C. y C. E. Chan. 2012. Determinación de los compuestos orgánicos del petróleo sobre plántulas (*R. mangle*, *L. racemosa* y *A. germinans*) de manglar. *Ra Ximhai*. 8(2): 115-119.
- Reyes C. M. y H. C. Tovilla 2002. Restauración de áreas alteradas de manglar con *Rhizophora mangle* en la costa de Chiapas. *Madera y Bosques*. 8 (Número especial 1): 103-114.
- Richards, P. W., A. G. Tansley and A. S. Watt. 1979. The recording of structure, life form and flora of tropical forest communities as a basis for their classification. University of Oxford. Oxford. 190 pp.
- Rico G. V. 1982. *Rhizophora harrisonii* (Rhizophoraceae), un nuevo registro de las costas de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 41: 163-165.
- Rodríguez, V. A. C., Cruz, G. A., Castán, A. Y. I. 2013. El zooplancton de sistemas lagunares costeros. Editorial Académica Española. Primera Edición. UNAM, México 108 p.

- Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, 504 pp. Disponible en: <http://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMxLit.pdf>.
- Sánchez, P. H., Ulloa, D. G. A., L. R. Álvarez (Eds.). 2000. Hacia la recuperación de los manglares del Caribe de Colombia. Proyecto PD/171/91 REV 2 (F) Fase II, Etapa II, conservación y manejo para el uso múltiple y el desarrollo de los manglares en Colombia. Ministerio del Medio Ambiente, Asociación Colombiana de Reforestadores. ACOFORE, Organización Internacional de Maderas Tropicales-OIMT. Santa Fe de Colombia D. C., Colombia. 294 p.
- Sanjurjo, E. y S. Welsh. 2005. Una descripción del valor de los bienes y servicios ambientales prestados por los manglares. *Gaceta Ecológica*. (74): 55-68.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental – especies nativas de México de flora y fauna silvestres – categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio – lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación, 30 de diciembre de 2010.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996. Calidad del agua. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Diario oficial de la Federación, 6 de enero de 1997.
- SER. 2004. The SER International Primer on Ecological Restoration. Society for Ecological Restoration International. Tucson, Arizona. Disponible en URL: [www.ser.org](http://www.ser.org) 10/04/2013.

- Smith, T. J. III. 1992. Forest structure. In: A. I. Robertson y D. M. Alongi (Eds.). Tropical Mangrove Ecosystems. American Geophysical Union, Washington, D. C. 101-136 p.
- Téllez, G. C. P. y Valdez, H. J. I. 2010. Caracterización estructural del manglar en el estero Palo Verde, Laguna de Cuyutlán, Colima. Revista Chapingo: serie Ciencias Forestales y del Ambiente. 8 (3): 395-408.
- Tomlinson, P. B. 1986. The botany of mangroves. Cambridge University Press, Cambridge. 413 p.
- Tovilla, H. C., Román, S. A. V., Simuta, M. G. M. y M. R. M. Linares. 2004. Recuperación del manglar en la Barra del Río Cahoacán en la costa de Chiapas. Madera y Bosques. Número especial 2: 77-91.
- Valdés, V. E., Valdez, H. J. I., Ordaz, C. V. M., Gallardo, L. J. F., Pérez, N. J. y Ayala, S. C. 2011. Evaluación del carbono orgánico en los suelos de los manglares de Nayarit. Revista Mexicana Ciencia Forestal. 2 (8): 47-58.
- Valdez, H. J. I. 2002. Aprovechamiento forestal de manglares en el estado de Nayarit, Costa Pacífica de México. Madera y Bosques. Número especial 8: 129-145
- Valdez, H. J. I. 2004. Manejo forestal de un manglar al sur de Marismas Nacionales, Nayarit. Madera y Bosques Número especial 2:93-104.
- Van Lavieren, H., M. Spalding, D. Alongi, M. Kainuma, M. Clüsener-Godt, and Z. Adeel. 2012. Securing the Future of Mangroves. A Policy Brief. UNU-INWEH, UNESCO-MAB with ISME, ITTO, FAO, UNEP-WCMC and TNC. 53 pp.
- Walsh, G. E. 1974. Mangroves: a review. In: Ecology of Halophytes. Reimold, R. J. & W. H. Queen (Eds.). Academic Press, New York. pp. 51-174.



Zaldívar J. A., Herrera S. J., Coronado M. C. y P. D. Alonzo. 2004. Estructura y productividad de los manglares en la reserva de biosfera Ría Celestún, Yucatán, México. *Madera y Bosques*. Número especial 2:25-35.



## 8. ANEXOS

### 8.1 Relación de la composición florística del manglar de la Laguna Mandinga.

GRUPO	FAMILIA	ESPECIE	
Pteridofita	Polypodiaceae	<i>Acrostichum aureum</i>	
	Batidaceae	<i>Batis maritima</i>	
	Poaceae	<i>Bouteloua barbata</i>	
	Poaceae	<i>Bouteloua repens</i>	
	Bromeliaceae	<i>Bromelia plumeri</i>	
	Poaceae	<i>Cenchrus ciliaris</i>	
	Poaceae	<i>Chloris barbata</i>	
	Poaceae	<i>Cynodon dactylon</i>	
	Cyperaceae	<i>Cyperus articulatus</i>	
	Cyperaceae	<i>Cyperus ciliatus</i>	
	Cyperaceae	<i>Cyperus compressus</i>	
	Cyperaceae	<i>Cyperus iria</i>	
	Cyperaceae	<i>Cyperus odoratus</i>	
	Cyperaceae	<i>Cyperus surinamensis</i>	
	ANGIOSPERMAS MONOCOTILEDONEAS	Poaceae	<i>Digitaria ciliaris</i>
		Poaceae	<i>Echinochloa colonum</i>
		Cyperaceae	<i>Eleocharis mulata</i>
Poaceae		<i>Eleusine indica</i>	
Poaceae		<i>Panicum hirticaule</i>	
Poaceae		<i>Panicum repens</i>	
Poaceae		<i>Paspalum conjugatum</i>	
Cyperaceae		<i>Rhynchospora colorata</i>	
Ruppiaceae		<i>Ruppia maritima</i>	
Arecaceae		<i>Sabal texana</i>	
Alismataceae	<i>Sagittaria lancifolia</i>		
Bromeliaceae	<i>Tillandsia caput-medusae</i>		
Bromeliaceae	<i>Tillandsia fasciculata</i>		
Bromeliaceae	<i>Tillandsia polystachia</i>		
		<i>Urochloa maxima</i>	

GRUPO	ESPECIE	FAMILIA
	Mimosaceae	<i>Acacia pennatula</i>
	Cactaceae	<i>Acanthocereus tetragonus</i>
	Asteraceae	<i>Ambrosia peruviana</i>
	Bignonaceae	<i>Amphilophium paniculatum</i>
	Annonaceae	<i>Annona globiflora</i>
	Annonaceae	<i>Annona purpurea</i>
	Asclepiadaceae	<i>Asclepias curassavica</i>
	Avicenniaceae	<i>Avicenia germinans</i>
	Euphorbiaceae	<i>Bernardia mexicana</i>
	Scrophulariaceae	<i>Buddleja cordata</i>
	Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>
	Mimosaceae	<i>Calliandra magdalenae</i>
	Caesalpinaceae	<i>Cassia biflora</i>
	Amaranthaceae	<i>Celosia nitida</i>
ANGIOSPERMAS DICOTILEDONEAS	Ulmaceae	<i>Celtis caudata</i>
	Ulmaceae	<i>Celtis iguanaea</i>
	Rubiaceae	<i>Chiococca alba</i>
	Asteraceae	<i>Chromolaena odorata</i>
	Cucurbitaceae	<i>Cionosicyos macranthus</i>
	Verbenaceae	<i>Citharexylum ellipticum</i>
	Euphorbiaceae	<i>Cnidoscolus aconitifolius</i>
	Polygonaceae	<i>Coccoloba barbadensis</i>
	Polygonaceae	<i>Coccoloba humboldtii</i>
	Boraginaceae	<i>Cordia dodecandra</i>
	Euphorbiaceae	<i>Croton glandulosus</i>
	Euphorbiaceae	<i>Croton guatemalensis</i>
	Euphorbiaceae	<i>Croton lobatus</i>
	Cucurbitaceae	<i>Cucurbita argyrosperma</i>
	Fabaceae	<i>Dalea carthagenensis</i>
	Araliaceae	<i>Dendropanax arboreus</i>

GRUPO	FAMILIA	ESPECIE
	Myrtaceae	<i>Eugenia acapulcensis</i>
	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia marginata</i>
	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia schlechtendalii</i>
	Fabaceae	<i>Eysenhardtia polystachya</i>
	Moraceae	<i>Ficus pertusa</i>
	Asteraceae	<i>Gnaphalium polycaulon</i>
	Asclepiadaceae	<i>Gonolobus niger</i>
	Sterculiaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i>
	Boraginaceae	<i>Heliotropium procumbens</i>
	Malvaceae	<i>Hibiscus uncinellus</i>
	Lamiaceae	<i>Hyptis verticillata</i>
	Convolvulaceae	<i>Ipomoea wolcottiana</i>
	Amaranthaceae	<i>Iresine heterophylla</i>
	Asteraceae	<i>Lagascea mollis</i>
ANGIOSPERMAS DICOTILEDONEAS	Combretaceae	<i>Laguncularia racemosa</i>
	Onagraceae	<i>Ludwigia adscendens</i>
	Malvaceae	<i>Malvaviscus arboreus</i>
	Asteraceae	<i>Mikania cordifolia</i>
	Mimosaceae	<i>Mimosa chaetocarpa</i>
	Mimosaceae	<i>Mimosa pudica</i>
	Nyctaginaceae	<i>Okenia hypogaea</i>
	Cactaceae	<i>Opuntia dejecta</i>
	Bombacaceae	<i>Pachira acuatica</i>
	Passifloraceae	<i>Passiflora holosericea</i>
	Passifloraceae	<i>Passiflora suberosa</i>
	Asteraceae	<i>Pectis elongata</i>
	Loranthaceae	<i>Phoradendron amplifolium</i>
	Solanaceae	<i>Physalis pubescens</i>
	Cactaceae	<i>Pilosocereus leucocephalus</i>
	Mimosaceae	<i>Pithecellobium lanceolatum</i>

GRUPO	FAMILIA	ESPECIE
	Mimosaceae	<i>Pithecellobium crucigerum</i>
	Portulacaceae	<i>Portulaca pilosa</i>
	Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i>
	Rubiaceae	<i>Psychotria erythrocarpa</i>
	Fagaceae	<i>Quercus lancifolia</i>
	Fagaceae	<i>Quercus oleoides</i>
	Fagaceae	<i>Quercus sartori</i>
	Fagaceae	<i>Quercus xalapensis</i>
	Rubiaceae	<i>Randia aculeata</i>
ANGIOSPERMAS DICOTILEDONEAS	Rubiaceae	<i>Randia albonervia</i>
	Rhizophoraceae	<i>Rhizophora mangle</i>
	Malvaceae	<i>Robinsonella pilosa</i>
	Caesalpinaceae	<i>Senna fruticosa</i>
	Malvaceae	<i>Sida rhombifolia</i>
	Anacardiaceae	<i>Spondias mombin</i>
	Anacardiaceae	<i>Spondias purpurea</i>
	Bignoniaceae	<i>Tecoma stans</i>
	Asteraceae	<i>Tridax procumbens</i>
	Celastraceae	<i>Wimmeria concolor</i>
	Asteraceae	<i>Zexmenia serrata</i>