



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

DINÁMICA DE CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE MANGLAR EN LA
LAGUNA DE ALVARADO, VERACRUZ

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

BIÓLOGO

PRESENTA

LILIANA RAMOS MOGOLLAN

DIRECTOR DE TESIS

M. en C. JOSÉ PEDRO RAMÍREZ GARCÍA A.

INSTITUTO DE BIOLOGIA, UNAM.





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

- PRIMERO QUE NADA A LA VIDA Y AL DESTINO POR PERMITIRME LLEGAR A ESTE LUGAR Y CONCLUIR LO QUE ALGUNA VEZ FUE UN SUEÑO Y QUE EN OTRAS ETAPAS DE MI VIDA LO VI COMO IMPOSIBLE Y QUE GRACIAS A ESAS ETAPAS ME HICE UN SER HUMANO FUERTE Y SEGURO DE LO MUCHO QUE PUEDO DAR NO SOLO COMO PROFESIONAL SI NO COMO SER HUMANO.
- A MIS SERES QUERIDOS Y A LA PERSONA QUE ME VIO NACER UNA GRAN GUERRERA QUE QUIERO Y ADMIRO POR APOYARNOS SIEMPRE HOY TUS PASOS SON LENTOS PERO EN ELLOS LLEVAS EL EJEMPLO Y LA SABIDURIA A SEGUIR MAMA.
- A LA DRA SILVIA CASTILLO BLUM GRACIAS NO HAY PALABRAS PARA AGRADECER SU APOYO INCONDICIONAL POR PERMITIRME SER PARTE DE SU HOGAR POR SU APOYO Y ABRIGO POR CONOCERLA Y LLEGAR A MI DESTINO PARA QUE YO HICIERA UN SUEÑO REALIDAD LA VIDA LE DE SIEMPRE COSAS BUENAS POR TODO LO BUENA QUE ES.
- A MIS AMIGOS Y COLEGAS CON LOS CUALES VIVI MUCHAS ETAPAS DE ALEGRIA Y TRISTEZA GRACIAS POR SU APOYO Y AMISTAD A MIS AMIGAS: ALEJANDRA, ELIA, MARY, LAS VERITOS Y NORMA POR SER UNAS BUENAS AMIGAS , A MIS AMIGOS DURANTE LA CARRERA CON LOS CUALES VIVI BUENOS MOMENTOS: KAREN, MARLEN, SARA, ANA, ADRIANA, OSVALDO, DANIEL, MIREYA, EVA, RODRIGO, PAMELA, RODOLFO, CHABELO, MARIONTE, KENY, WILSON, SERVANDO, YAS GARDUÑO GRACIAS POR LAS PORRAS Y MAS NO MENCIONADOS PERO NO OLVIDADOS.
- A MIS PROFESORES POR APORTAR COMO UN GRANITO DE ARENA SUS CONOCIMIENTOS Y CONSEJOS GRACIAS
- A MI DIRECTOR DE TESIS POR SU CONOCIMIENTO, PACIENCIA Y APOYO EN EL AREA DE LOS MANGLES
- A LA MAESTRA BALBINA VAZQUEZ GRACIAS MAESTRA POR SU APOYO Y SUS CORRECCIONES PARA MEJORAR ESTE TRABAJO.
- A MIS DEMAS SINODALES GRACIAS POR SU APOYO PARA COREGIR MI ESCRITO
- A MI UNAM POR QUE ES Y SEGUIRA SIENDO LA MEJOR UNIVERSIDAD DEL PAIS SIEMPRE SOÑE CON ESTAR EN TUS AULAS, GRACIAS.

INDICE

	PÁGINA
RESUMEN -----	1
CAPITULO I	
INTRODUCCION -----	2
CAPITULO II	
MARCO TEÓRICO -----	4
2.1 Ecosistema del manglar -----	4
2.2 Taxonomía y distribución de los mangles -----	4
2.3 Reproducción y crecimiento -----	6
2.4 Estructuras principales del manglar -----	7
• Raíz -----	7
• Hojas -----	8
2.5 Mecanismos de eliminación de sal -----	8
2.6 Factores ambientales que influyen en el bosque de manglar -----	8
• Marea -----	9
• Salinidad -----	9
• Aportes de agua dulce -----	9
• Suelo -----	9
• Temperatura -----	10
• Luz -----	11
2.7 Problemática y pérdida del bosque de manglar -----	11
2.8 Descripción de las especies estudiadas -----	13
• <i>Avicennia germinans</i> -----	13
• <i>Laguncularia racemosa</i> -----	15
• <i>Rhizophora mangle</i> -----	17
2.9 Estudios previos -----	19
CAPITULO III	
3.1 HIPOTESIS -----	20
3.2 OBJETIVOS -----	20
• General -----	20
• Particulares -----	20
CAPITULO IV	
MATERIALES Y METODOS -----	21
4.1 Zona de estudio -----	21
• Suelo -----	22
• Vegetación -----	22
• Fauna -----	22

4.2	Fase de campo -----	23
4.3	Fase de laboratorio y gabinete -----	28
CAPITULO V		
	RESULTADOS -----	30
5.1	Estructura del bosque -----	30
5.2	Alturas y diámetros de los árboles -----	31
5.3	Abundancia de plántulas. -----	33
5.4	Clases altimétricas de plántulas etiquetadas. -----	34
5.5	Porcentaje de sobrevivencia y mortalidad de las plántulas -----	35
5.6	Luz -----	36
5.7	Salinidad -----	39
5.8	Crecimiento promedio en época de secas y lluvias -----	42
5.9	Crecimiento Anual -----	43
5.10	Producción de nodos por especie -----	44
5.11	Crecimiento internodal en época de secas y lluvias -----	45
5.12	Intervalo Plastocrono (PI) -----	47
5.13	Producción de hojas por especie -----	48
5.14	Análisis del crecimiento de las plántulas del manglar con respecto a la luz y a la salinidad del suelo donde crecen -----	49
CAPITULO VI		
	DISCUSION -----	50
CAPITULO VII		
	CONCLUSIONES -----	63
CAPITULO VIII		
	BIBLIOGRAFIA -----	64

INDICE DE FIGURAS.

	PAGINA.
Fig. 1 Mapa que muestra las cinco zonas costeras donde se distribuye el manglar en el país -----	6
Fig. 2 Estructuras de <i>Avicennia germinans</i> -----	14
Fig. 3 Estructuras de <i>Laguncularia racemosa</i> -----	16
Fig. 4 Estructuras de <i>Rhizophora mangle</i> -----	18
Fig. 5 Localidad Arbolillo Veracruz -----	21
Fig. 6 Esquema del método de muestreo utilizado en campo -----	23
Fig. 7 Esquema del método utilizado en campo basado en la sucesión de especies en la zona de estudio -----	24
Fig. 8 Plántula de mangle que muestra las partes a medir -----	27
Fig. 9 Altura promedio de los árboles de mangle de las tres especies -----	31
Fig. 10 Diámetro promedio de los árboles de mangle de las tres especies --	32
Fig. 11 Abundancia de plántulas en abril -----	33
Fig. 12 Abundancia de plántulas en junio -----	33
Fig. 13. Clases altimétricas de las plántulas de <i>Avicennia germinans</i> -----	34
Fig. 14. Clases altimétricas de las plántulas de <i>Laguncularia racemosa</i> -----	34
Fig. 15 Porcentaje de sobrevivencia de plántulas -----	35
Fig. 16 Porcentaje de mortalidad de plántulas -----	35
Fig. 17 Intensidad de luz en la orilla de la laguna -----	36
Fig. 18 Intensidad de luz en el subcuadro A -----	36
Fig. 19 Intensidad de luz en el subcuadro B -----	37
Fig. 20 Intensidad de luz en el subcuadro C-----	37
Fig. 21 Intensidad de luz en zonas abiertas y sombreadas -----	38

Fig. 22 Salinidad en la orilla de la laguna en los meses de muestreo -----	39
Fig. 23 Salinidad en el subcuadro A -----	39
Fig. 24 Salinidad en el subcuadro B -----	40
Fig. 25 Salinidad en el subcuadro C -----	40
Fig. 26 Crecimiento en época de secas y lluvias -----	42
Fig. 27 Crecimiento anual de <i>Avicennia germinans</i> y <i>Laguncularia racemosa</i> -----	43
Fig. 28 Nodos producidos de <i>Avicennia germinans</i> con una media móvil estacional (filtro del 30%) -----	44
Fig. 29 Nodos producidos de <i>Laguncularia racemosa</i> con una media móvil estacional (filtro 30%) -----	44
Fig. 30 Crecimiento internodal de <i>Avicennia germinans</i> en época de secas con una media móvil estacional (filtro del 30%) -----	45
Fig. 31 Crecimiento internodal de <i>Laguncularia racemosa</i> en época de secas con una media móvil estacional (filtro del 30%) -----	45
Fig. 32 Crecimiento internodal de <i>Avicennia germinans</i> en época de lluvias con una media móvil estacional (filtro del 30%) -----	46
Fig. 33 Crecimiento internodal de <i>Laguncularia racemosa</i> en época de lluvias con una media móvil estacional (filtro del 30%) -----	46
Fig. 34 Hojas y nodos producidos en <i>Avicennia germinans</i>-----	48
Fig. 35 Hojas y nodos producidos en <i>Laguncularia racemosa</i> -----	48
Fig.36 Relación entre el crecimiento de <i>Avicennia germinans</i> (cm) y salinidad (PSU) -----	49
Fig. 37 Relación entre el crecimiento de <i>Laguncularia racemosa</i> (cm) y salinidad (PSU) -----	49

INDICE DE CUADROS

	PAGINA
Cuadro 1. Familias y géneros de mangles -----	5
Cuadro 2. Características de la zona de estudio -----	30
Cuadro 3. Medidas de luz (en $\mu\text{M seg}^{-1}\text{m}^{-2}$) en la orilla de la laguna y los subcuadros A, B y C. -----	41
Cuadro 4. Medidas de salinidad (PSU) en la orilla de la laguna y los subcuadros A, B y C.-----	41
Cuadro 5. Valores de intervalo plastocrono estimado durante el periodo de estudio -----	47
Cuadro 6. Valores estructurales de diferentes zonas de manglar en México -----	51
Cuadro 7. Valores de tasas de crecimiento anual en plántulas de mangle en diferentes países -----	58
Cuadro 8. Producción anual de nodos en diferentes países -----	60
Cuadro 9. Valores de intervalo plastocrono estimado durante el periodo de estudio -----	62

RESUMEN

Los manglares son un tipo de vegetación que se desarrolla en las regiones de las costas tropicales y subtropicales, en orillas de lagunas costeras, bahías protegidas y desembocaduras de ríos donde hay zonas de influencia de agua marina (Valdez, 2004). Son especies conocidas como halófitos facultativas adaptadas a las aguas salobres, presentan una serie de mecanismos de regulación iónica interna y estructuras que las hacen especies excretoras de sal.

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar el crecimiento de las plántulas del manglar. En la comunidad de Arbolillo, Laguna de Alvarado Veracruz, en diferentes épocas del año. Para observar la dinámica de crecimiento se plantearon 3 subcuadros y se etiquetaron las plántulas presentes. En las cuales con la ayuda de una regla se tomo su altura, la distancia internodal y se conto el número de nodos presentes. Estadísticamente se aplico la prueba de ANDEVA para evaluar el crecimiento entre especies.

Como resultado se obtuvo un crecimiento en época de secas de 8.7 ± 1.26 cm. para *Avicennia germinans* y en *Laguncularia racemosa* de 8.2 ± 1.87 cm. En época de lluvias en *Avicennia germinans* se obtuvo un crecimiento de 6 ± 0.73 cm. y en *Laguncularia racemosa* de 8.1 ± 1.42 cm. La tasa de crecimiento anual fue de 6.97cm/año para *Avicennia germinans* y 8.56 cm/año para *Laguncularia racemosa* en donde se observa un crecimiento significativamente mayor en esta ultima especie. Se concluye que el crecimiento en época de secas y lluvias no mostro diferencias significativas. En el mes de junio se presento una mayor talla en las plántulas lo cual se relaciona a una mayor cantidad de luz en el bosque y una baja salinidad.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

Los manglares son un tipo de vegetación que se desarrolla en las regiones de las costas tropicales y subtropicales, en orillas de lagunas costeras, bahías protegidas y desembocaduras de ríos donde hay zonas de influencia de agua marina (Valdez, 2004). Es un ecosistema que contribuye a mantener los sistemas y procesos naturales como respuesta a cambios en el nivel del mar, trampas de carbono y contribuyen a los procesos de acreción, sedimentación y formación de turbas, control de inundaciones y mejoran la calidad del agua al actuar como filtros biológicos removiendo nutrientes y compuestos tóxicos (Agraz, 1999 citado en Gaona - Pineda, 2007). Los manglares constituyen áreas de refugio a diferentes especies de organismos vertebrados e invertebrados y son excelentes ambientes para la anidación de numerosas especies de aves (Valdez, 2004).

De los manglares se obtienen diferentes beneficios que el hombre utiliza de una manera directa como son: leña, carbón, postes, medicamentos, taninos y beneficios indirectos como alimentos y recreación. De manera natural los manglares contribuyen mediante su hojarasca al aporte de materia orgánica en la cadena trófica del ecosistema (Valdez, 2002; Twilley y Day, 1999).

La fase reproductiva inicia con la producción de flores, frutos y semillas, para posteriormente continuar con la germinación, desarrollo, supervivencia de las plántulas y crecimiento vegetativo, hasta alcanzar la primera floración (Rabinowitz, 1978 b).

La supervivencia de los manglares, depende de la abundancia de nutrientes en cada sitio, nivel de inundación o hidroperiodo, luz, salinidad, niveles de sedimento y competencia por espacio (Thi ha *et al*, 2003; Rabinowitz, 1978 b).

Una vez establecidas las plántulas de mangle continúan con un tipo de crecimiento modular, este tipo de crecimiento también lo presentan los pastos marinos, y es caracterizado por la producción de una serie de marcas a lo largo del tallo, las cuales son visibles antes de que la planta se lignifique (Duke y Pinzón, 1992; Short y Duarte, 2001).

En el desarrollo y establecimiento de los manglares en etapas juveniles influyen factores antrópicos y ambientales. Este proyecto se enfoco a estudiar la dinámica de crecimiento de las plántulas y observar los cambios de luz y salinidad, según lo reportado por Duke *et al*, 1998 y Cintrón y Schaefer-Novelli, 1983, las plántulas expuestas a poca luz presentan un crecimiento lento y las plántulas expuestas a más de 90 ppm de salinidad forman árboles achaparrados, en cambio si se desarrollan en su óptimo fisiológico, crecen más rápido y forman mayor área foliar. Con este estudio se espera contribuir con el conocimiento de los aspectos biológicos y ambientales que influyen en el crecimiento de los manglares en etapas juveniles y con ello poder tener

un mejor manejo de estos ecosistemas en la zona de Alvarado y que sirva como antecedente de referencia para otros estudios que se desarrollen en las zonas costeras de nuestro país ya que desafortunadamente han tenido un deterioro ambiental con la consecuente pérdida de hábitats naturales de la biodiversidad marina.

Veracruz es uno de los estados que cuenta con más de 20 lagunas donde se encuentran manglares, entre las que destacan por su superficie: Pueblo Viejo, Chairel, Las Pintas, Tamiahua, Tampamachoco, San Agustín, Grande, El Llano, La Mancha, Mandinga, Alvarado, Santecomapan y El Ostión. Entre estas principales lagunas se encuentra la laguna de Alvarado en la cual se distribuyen tres de las cinco especies de mangle presentes en nuestro país (Moreno *et al*, 2002).

En este estudio se plantearon las siguientes preguntas: ¿Existen diferencias en las tasas de crecimiento de las tres especies de mangle? ¿Que relación pueden tener el crecimiento de las plántulas de mangle y los niveles de luz debajo del dosel del bosque, así como las diferentes concentraciones de salinidad del agua donde se desarrollan?

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Ecosistema del manglar

Los manglares crecen principalmente en sedimentos de textura fina, suave y acuosa en las orillas de las lagunas costeras, de bahías protegidas y desembocaduras de ríos en donde hay zonas sujetas a mareas o con influencia de agua de mar. Los manglares para su desarrollo necesitan de un suelo profundo y agua salina. Toleran cambios fuertes de nivel de agua y de salinidad (Valdez, 2004).

Tomlinson (1986) describe las características ecológicas del ecosistema de manglar:

- Elementos arbóreos dominantes con modificación en el sistema radical.
- Alta capacidad para mantener el balance osmótico de los tejidos mediante mecanismos para eliminar niveles de salinidad abundantes en el hábitat.
- Desarrollo vivíparo, por medio del cual las semillas germinan en el fruto unidas a la planta madre.
- El sistema foliar entre los principales componentes del manglar en cuanto a forma, textura, color, succulencia y algunas estructuras microscópicas como son los estomas y el sistema de venación.

Los manglares ocupan el segundo lugar en la producción de oxígeno después de los arrecifes de coral, asimismo proporcionan un medio excelente para diversos organismos, como moluscos, crustáceos, poliquetos, esponjas, algas, peces, reptiles, anfibios y aves migratorias (Káiser *et al*, 2005). También de los manglares se obtienen productos como: madera, postes, durmientes, leña, carbón y taninos. En la zona costera los manglares reducen la erosión atenuando los efectos de olas y las corrientes, y ofrecen protección a los cambios climático-meteorológicos e hidrodinámicos (Yáñez-Arancibia y Lara-Domínguez, 1999).

2.2 Taxonomía y distribución de los manglares

Los manglares taxonómicamente pertenecen a el Reino: Plantae, Subreino Tracheobionta, División: Magnoliopsida y a diferentes ordenes y familias por ejemplo *Avicennia germinans* L. pertenece a el Orden: Lamiales, *Laguncularia racemosa* pertenece a el Orden: Rosidae y *Rhizophora mangle* al Orden: Rhizophorales. Están organizados en ocho familias, entre las principales se encuentran Avicenniaceae,

Combretáceae, Rhizophoraceae, Sonneratiaceae (Cuadro 1), entre los principales géneros se encuentran *Avicennia*, *Laguncularia*, *Lumnitzera*, *Bruguiera*, *Ceriops*, *Kandelia*, *Rhizophora*, *Sonneratia* y 54 especies de manglar (Tomlinson, 1986).

Cuadro 1 Principales Familias y géneros en los que se organizan los mangles

Avicenniaceae	Myrsinacea
• <i>Avicennia</i>	• <i>Aegiceras</i>
• <i>Chenopodiaceae</i>	Plumbaginaceae
• <i>Suaeda monoica</i>	• <i>Aegialitis</i>
Cambretaceae	Rhizophoraceae
• <i>Laguncularia</i>	• <i>Rhizophora</i>
• <i>Lumnitzera</i>	• <i>Bruguiera</i>
• <i>Conocarpus</i>	• <i>Ceriops</i>
Meliaceae	Sonneratiaceae
• <i>Xilocarpus</i>	• <i>Sonneratia</i>

Los manglares se distribuyen en dos regiones Indo pacífico y Nuevo Mundo-Oeste de África (Tomlinson, 1986). En la región del Indo pacífico comprende las costas de África del Este, el Mar Rojo, India, Asia del Sureste, Japón e Islas del Pacífico al este de Samoa. En la región del Nuevo Mundo - Oeste de África comprende las costas del Atlántico de África y América, el Golfo de México, las costas del Pacífico de América Tropical y las Islas Galápagos (Rico- Gray, 1993 citado en Rodríguez - Zúñiga, 2000). La primera región cuenta con 20 especies distribuidas en 13 géneros, la segunda región cuenta con 11 especies distribuidas en seis géneros (Tomlinson, 1986). En América Latina los manglares se encuentran en casi todos los países, los mejor desarrollados se ubican en el Norte de Ecuador, en la Costa pacífica de Colombia, Panamá y al Sur de Costa Rica (Yañes - Arancibia y Lara - Domínguez, 1999).

En México los manglares se distribuyen en el interior de lagunas costeras y sistemas deltaicos de las costas del Golfo de México y del Océano Pacífico. Las especies de manglar que se encuentran en nuestro país son *Rhizophora mangle* (mangle rojo), *Avicennia germinans* (mangle negro), *Laguncularia racemosa* (mangle blanco), *Conocarpus erectus* (mangle botoncillo) y *Rhizophora harrisoni* (Portillo y Ezcurra, 2002).

Para conocer la distribución de los manglares, la Comisión Nacional Para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) dividió a México en 5 zonas costeras 1) Pacífico Norte, 2) Pacífico Centro, 3) Pacífico Sur, 4) Golfo de México y 5) Península de Yucatán y estimó que los manglares actualmente en México ocupan un área territorial de 655,667 ha (Conabio, 2008), (Fig. 1).



Figura 1. Distribución de manglar en el país dividido en 5 zonas costeras
 1) Pacífico Norte, 2) Pacífico Centro, 3) Pacífico Sur, 4) Golfo de México y 5)
 Península de Yucatán

El estado de Veracruz cuenta con una gran área de lagunas donde habitan cuatro de las cinco especies de manglar reportadas para el país.

Las especies que se localizan en Veracruz son *Rhizophora mangle* (mangle rojo), *Avicennia germinans* (mangle negro), *Laguncularia racemosa* (mangle blanco) y *Conocarpus erectus* (mangle botoncillo). Moreno *et al*, (2002) realizaron un estudio sobre el diagnóstico de los manglares en el estado de Veracruz incluyendo distribución, recursos pesqueros y la problemática en la que se encuentran. La distribución se analizó por medio de 28 cartas de INEGI de cada una de las regiones del estado. Dicho estudio indica que la extensión de manglar en este estado es de 43,811 ha, la mayor extensión 30.27% se localiza en el complejo lagunar de Alvarado.

2.3 Reproducción y crecimiento

Los manglares cuentan con diferentes estrategias reproductivas que les permiten establecerse y crecer. Algunas de estas estrategias son la polinización, el viviparismo, y la flotabilidad de sus semillas. La polinización es efectuada por el viento, aves y pequeños insectos. *Rhizophora mangle* es polinizada por el viento y abejas (Tovilla y Orihuela, 2002), *Sonneratia* se poliniza por murciélagos; *Bruguiera* por aves y mariposas. Los principales polinizadores de *Acanto*, *Aegiceras*, *Avicennia*, *Excoecaria*, *Xilocarpus* y *Nypa* son abejas o pequeñas moscas de la familia Drosophilidae. Las flores de estas especies se caracterizan por su colorido y el perfumado néctar (Hogarth, 1999).

Después de la polinización y fecundación se forma un cigoto que madura hasta formar un embrión que continua su desarrollo hasta formar una plántula que crece en el árbol madre y depende de ella por un periodo que a menudo se extiende por varios meses. Este fenómeno se denomina viviparismo (Hogarth, 1999). *Rhizophora mangle* y *Avicennia germinans* son especies vivíparas debido a que la germinación de sus semillas ocurre cuando estas se encuentra todavía encerradas en el fruto y éste a la vez no ha sido dispersado. Una plántula distintiva se desarrolla antes de la caída del fruto del árbol progenitor. En *Laguncularia racemosa* existe una incidencia de viviparidad que es menor que la de otras especies de mangle, el fruto cae del árbol progenitor y la radícula emerge después de unos pocos días, las plántulas flotan y se ven dispersadas por el agua (Tomlinson, 1986). La mayoría de los mangles se dispersan por medio de agua llevando consigo nutrientes que les permiten sobrevivir mientras se establecen en el terreno (Duke *et al*, 1998).

Los manglares ya establecidos tienen un crecimiento que depende de la cantidad de luz, de los nutrientes y de los cambios de marea (Tomlinson, 1986). Durante el crecimiento los mangles van formando una serie de marcas a lo largo del tallo; este tipo de crecimiento se le conoce como modular y está relacionado con la producción de pares de hojas (Duke y Pinzón, 1992).

2.4 Estructuras principales del manglar

Raíz

Los manglares tienen una parte de raíz subterránea y otra aérea. Este último tipo de raíz ayuda a captar gases atmosféricos y transportarlos a las raíces subterráneas que se encuentran en el suelo anaerobio. El sistema de raíces proporciona estabilidad y transporta oxígeno a la planta (Tomlinson, 1986).

Rhizophora mangle presenta un sistema de raíces especial. En etapas juveniles desarrolla un sistema de raíces terrestres primarias de corta vida. Sin embargo, la forma adulta se caracteriza por un subsistema de raíces aéreas en arco (raíces fulcrantes) que emergen del tronco de manera perpendicular (Rabinowitz, 1978a), en las cuales se encuentran muchos poros pequeños llamados lenticelas que son altamente hidrofóbicas. Al bajar la marea permiten que el oxígeno se distribuya por toda la planta (Tomlinson, 1986).

Avicennia germinans se caracteriza por un sistema radical subterráneo superficial con raíces hundidas y pneumatóforos que se desarrollan a partir de raíces laterales horizontales (Rabinowitz, 1978 a).

Laguncularia racemosa posee un sistema radical poco profundo, con raíces que parten en forma radial desde el tronco. Los neumatóforos de esta especie no son tan desarrollados. Estos salen de la raíz y luego se bifurcan cerca de la superficie (Cintron y Schaffer-Novelli, 1983).

Hojas

Los manglares se componen de hojas suculentas, lo cual está relacionado con la secreción de sal. Son hojas perennes que tienen una tasa de recambio foliar anual. Este recambio favorece una producción constante de materia orgánica en los manglares. Las características de las hojas son diferentes para cada una de las especies. Por ejemplo en *Rhizophora mangle* las hojas son simples, opuestas y pecioladas, generalmente miden de 8-10 cm. de longitud por 4-5cm de ancho (Cintrion y Schaffer-Novelli, 1983). En *Avicennia germinans* son opuestas, de forma elíptico-lanceolada y de borde entero con un ápice agudo, generalmente miden 8 cm de largo por 3 cm de ancho. *Laguncularia racemosa* presenta hojas pecioladas opuestas, con pecíolos que miden de 1 a 2 cm. de largo, rojizos y con dos glándulas en ambos lados de la porción distal (Cintrion y Schaffer-Novelli, 1983).

2.5 Mecanismos de eliminación de sal

Los mangles son especies conocidas como halófitas facultativas adaptadas a las aguas salobres, presentan una serie de mecanismos de regulación iónica interna y estructuras que las hacen especies excretoras de sal

Los mangles presentan una fisiología especial para poder sobrevivir en suelos inundables y aguas salobres con diferentes gradientes de salinidad. Los mecanismos de tolerancia a la sal son complejos y variables e involucran factores como interacciones osmóticas, actuación de enzimas, potencial iónico a través de la membrana y síntesis de proteínas (Tomlinson, 1986). Dentro de las especies de mangle existen diversos mecanismos de eliminación de sales, por ejemplo *Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa* poseen glándulas sobre la superficie de la hojas para excretar el exceso de sal, *Rhizophora mangle* almacena el exceso de sal en las hojas y los frutos para después desecharlos (Tomlinson, 1986).

Especies del género *Avicennia* están adaptadas a diferentes porcentajes de salinidad Ye. *et al*, (2005) observaron el efecto de la salinidad sobre la germinación, desarrollo y crecimiento en plántulas de *Acanthus ilicifolius*, *Avicennia marina*, *Corniculatum blanco* y *Laguncularia aegiceras*. Y asimismo encontraron que *A. marina* sobrevivió en un 100% en los diferentes porcentajes de salinidad. Indicaron que la raíz emerge entre el tercero y sexto día.

2.6 Factores ambientales que influyen en el bosque de manglar

Los manglares tienen una gran variabilidad en cuanto a su desarrollo estructural la cual es resultado de múltiples factores físicos que operan a distintas intensidades en el ambiente, entre los que se encuentran cantidad de precipitación e intensidad de la evaporación, mareas, temperatura, heladas, sequías y concentración salina (Cintrion y Schaffer-Novelli, 1983; Duke *et al*, 1998).

Marea

Las mareas son el mecanismo principal que causa la incursión de aguas saladas al interior de la costa, son por lo tanto el agente que hace que el sustrato sea adecuado para ser colonizado por el manglar. Las intrusiones periódicas hacen que en estos terrenos se excluyan y transportan a las plantas carentes de adaptaciones salinas hacia el límite del manglar, tierra adentro y que coincide por lo tanto con la distancia máxima hasta la cual penetra el agua salada (Cintrón y Schaeffer-Novelli, 1983).

Las mareas juegan un papel importante en el transporte, selección y arraigamiento de las semillas y propágulos. Las semillas de mayor tamaño quedan en las áreas donde la marea es más activa mientras que las pequeñas pueden ser transportadas por flujo de aguas más débiles hacia las partes internas del manglar (Rabinowitz, 1978a, Cintrón y Schaeffer-Novelli, 1983).

Salinidad

Las especies que componen el manglar son halófitas facultativas aunque pueden tolerar ambientes libres de intrusiones salinas pero normalmente no forman bosques en esas áreas. El crecimiento de los manglares también ocurre en suelos muy salinos, la ocupación de estos suelos refleja la tolerancia a las altas salinidades (Tomlinson, 1986). No todas las especies son tolerantes a las altas salinidades. Así *Rhizophora mangle* forma troncos débiles en altas concentraciones de salinidad, en *Avicennia germinans* se da la formación de árboles achaparrados, *Laguncularia racemosa* posee una tolerancia intermedia entre las dos especies mencionadas, en salinidades mayores al 70% se encuentran zonas con reducción del bosque y un aumento en el área basal (m²/ ha) (Cintrón y Schaeffer-Novelli, 1983).

Aportes de agua dulce

Los manglares son sistemas abiertos por lo cual dependen de flujos de agua dulce para el transporte de nutrientes. Los bosques más desarrollados son de tipo ribereño que reciben aportes sustanciales de aguas fluviales y escorrentías terrestres. Los bosques de borde que pueden estar menos influenciados por las aguas fluviales y escorrentías se desarrollan en menor grado (Cintrón y Schaeffer-Novelli, 1983). La inundación es un factor importante para la exportación de materia orgánica disuelta desde las cuencas hacia los cuerpos de agua (Bosire *et al*, 2008).

Suelo

Los suelos del manglar presentan características altamente variables debido a sus diferentes orígenes que pueden ser, autóctonos (las turbas) o alóctonos originados de la intemperización de rocas intrusivas, volcánicas o sedimentarias o son combinaciones de

estos tipos. Otros componentes que pueden estar presentes en los suelos del manglar son los restos calcáreos de plantas y animales marinos (Twilley y Day, 1999).

Los procesos que traen los sedimentos al manglar son muy diversos entre estos se encuentra el acarreo fluvial y el acarreo por la deriva litoral y las olas, el transporte debido a los lavados de barras y cordones litorales, el transporte por el viento y acarreo del fondo a los estuarios (Duke *et al*, 1998).

En general en los manglares se encuentran suelos con fracciones finas de arcillas y de limos. Estos suelos contienen frecuentemente cantidades sustanciales de materia orgánica y un alto contenido de agua, dentro de este tipo de suelos los manglares se desarrollan más vigorosamente. Debido a las intrusiones salinas también contienen sales en proporción a la frecuencia de entrada de aguas saladas y el lavado por la escorrentía que junto con la precipitación contribuyen a traer al manglar sedimentos y nutrientes del exterior. Las características de los sedimentos son también modificadas por la propia vegetación, los manglares producen una gran cantidad de materia orgánica que contribuye a la formación de suelo (Twilley y Day, 1999).

Temperatura

Los manglares están generalmente restringidos en las zonas donde la temperatura media del aire es superior a los 20°C y donde la variación de rangos no exceda o es superior a los 10 °C (Tomlinson, 1986).

De acuerdo a la influencia que tiene la precipitación y la temperatura en la distribución de los manglares, Blasco (1984) realizó una clasificación de cuatro tipos de áreas.

- 1) Áreas cálido- húmedas donde el 90% de los manglares se establecen. Este tipo de áreas abarcan el sur de México a Colombia, el Caribe, Norte de Brasil, Sureste de Asia y el Norte de Australia.
- 2) Áreas subhúmedas donde ocasionalmente se establecen los manglares. Estas áreas abarcan desde el Este de África, India, Sur de Queensland, México y Venezuela.
- 3) Áreas semiáridas donde raramente los manglares se establecen, usualmente en la boca de ríos. Estas áreas abarcan Pakistán, India, Oeste y Norte de provincias Australianas y Ecuador.
- 4) Áreas áridas donde los manglares prácticamente no se establecen excepto cuando se presentan lluvias invernales como en Etiopía, Egipto, Golfo pérsico y Golfo de California.

En la clasificación anterior las zonas tropicales que presentan lluvias en verano son las que presentan mayor número de manglares altos y densos, así como una mayor

diversidad florística, mientras que en las regiones subtropicales, semiáridas y áridas los manglares son de una densidad menor, muy dispersa y esporádica (Duke *et al*, 1998).

Luz

La luz es un factor físico importante desde el punto de vista de la producción primaria por medio de la fotosíntesis (De la Lanza, 2004), la cual se define como el proceso mediante el cual las plantas capturan la luz solar para sintetizar compuestos ricos en energía, como glucosa, a partir de agua y dióxido de carbono, la fotosíntesis es un proceso natural de singular importancia y altamente complejo, en donde las plantas verdes sintetizan compuestos orgánicos de anhídrido carbónico y agua en asociación con clorofila, bajo la acción de la luz del sol (Curtis *et al*, 2006). Azócar *et al*. (1992) mencionan en su estudio, la cantidad fotosintética de *Avicennia germinans* y *Rhizophora mangle*. En *A germinans* encontraron que la especie disminuye sus tasa fotosintética y transpiratoria en la época de secas, lo cual asocian con una disminución del potencial hídrico foliar que produjo un estrés durante parte del día. En *Rhizophora mangle* reportan que la tasa fotosintética aumento en la época seca y mencionan que esto puede ser consecuencia de las temperaturas foliares. Algunos autores señalan que la tasa fotosintética de algunas especies de mangle disminuye a medida que aumenta la salinidad por efecto en el aumento de la concentración interna de iones (Ball y Forquhar, 1984; Ball y Anderson, 1986 ambos citados en Azócar *et al*, 1992; Ball, 1986).

2.7 Problemática y pérdida de bosque de manglar

Los manglares son especies que han sufrido diferentes daños antrópicos a nivel mundial, la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO) reportó que entre 1990 y 2000 se perdió en el mundo una superficie cercana a un millón 708 mil hectáreas de manglares, que representan una tasa anual cercana al 1%. La región que mayor superficie perdió en este periodo fue Asia, con cerca de 850 mil hectáreas, seguida por Norte y Centroamérica con 328 mil hectáreas y Sudamérica con 228 mil hectáreas (Instituto Nacional de Ecología, 2005).

En México no existen cifras definitivas acerca de la magnitud de pérdida, pero con base en información de la FAO entre 1990 y 2000 México perdió alrededor de 103 mil hectáreas, que equivale a una tasa anual del 1.1% (Instituto Nacional de Ecología, 2005).

México es un país que cuenta con ecosistemas frágiles y vulnerables ante los impactos de los fenómenos naturales y de origen antropogénico entre ellos el cambio climático (Lara – Lara, 2008). El ecosistema de manglar no ha sido ajeno a estos cambios, lo cual ha ocasionado que su recuperación sea lenta y en algunos casos nula. Se ha reportado que los valores económicos asociados con los manglares sanos pueden generar una estrategia óptima en el manejo y que a su vez genera productos y servicios muy significativos, para el bienestar de las zonas costeras y la humanidad, este tipo de estudios se ha aplicado en países en desarrollo para promover la equidad y combatir la pobreza (Constanza *et al*, 1997; Gayatri, 2002).

La situación geográfica de los manglares en estuarios y planicies inundables conduce a un conflicto entre el uso que se quiere dar en las costas y la conservación de esta comunidad de la zona intermareal. En los años 60 antes de que se demostrara su importancia como sitios de refugio y fuentes de alimentación de los organismos estuarinos, los manglares se consideraban como áreas insalubres, criaderos de mosquitos y como zonas que deberían de ser mejoradas para cultivos y hasta la fecha este criterio sigue siendo utilizado (Portillo y Ezcurra, 2002). No obstante la importancia ecológica y socioeconómica que representan estos humedales están sujetos a una degradación y destrucción sistemática, por factores como la contaminación, cambios de uso de suelo, construcción de obras hidráulicas deficientes, tala inmoderada, camaronicultura, asentamientos humanos y actividad petrolera (Valdez, 2004; Vázquez-Torres, 1998).

Los manglares de Alvarado presentan varios problemas, entre los que se encuentran las quemas periódicas de pastos que ocasionan incendios forestales, la apertura de caminos con drenado de pantanos en las zonas de manglar, la introducción de ganado, la contaminación por industrias asentadas en la parte alta y media de la cuenca, en los corredores de Orizaba-Córdoba y Tuxtepec, así como los cultivos de caña y la industria azucarera que vierten residuos orgánicos e inorgánicos en la cuenca (Vázquez-Torres, 1998).

En general todo esto impacta al sistema hidrológico incluyendo flora y fauna, limitando así su capacidad productiva en donde los manglares juegan un papel importante, ya que son los principales responsables de la productividad. Todo esto ha traído como consecuencia la fragmentación de la vegetación natural hasta reducirla a parches separados por caminos (Vázquez-Torres, 1998).

Los manglares en etapas juveniles se enfrentan a problemas de tipo antrópico y natural que influyen en el crecimiento y recuperación de las zonas de manglar. Los factores de tipo natural que influyen en el establecimiento de propágulos son: las mareas, la luz, y la salinidad.

Las plántulas expuestas a inundaciones prolongadas tienen diferentes daños a nivel fisiológico como:

1. La reducción de transporte de agua y del transporte de nutrientes a los tejidos de las hojas.
2. Las condiciones anaeróbicas en el suelo disminuyen la disponibilidad de macro nutrientes y aumentan la acumulación de toxinas que inhiben la absorción de nutrientes
3. La prolongada inundación, puede conducir a la deficiencia de nutrientes como son: N, P y K (Ye *et al*; 2004; Ye *et a*; 2005).

La luz es importante para el desarrollo y crecimiento de los manglares. Se han realizado estudios donde se observa que el desarrollo de los manglares es mejor en sitios con más luz, (Smith, 1987; Duke y Pinzón, 1992; Duarte *et al.* 1999, Thi ha *et al.*, 2003).

Los manglares se conocen como plantas halòfitas facultativas es decir que resisten altos índices de salinidad, pero no todas son igual de tolerantes a la salinidad. En salinidades altas se pueden encontrar bosques con árboles achaparrados y un poco desarrollo en sus troncos (Cintrion y Schaffer-Novelli, 1983).

2.8 Descripción de las especies estudiadas

***Avicennia germinans* (L.)**

Pertenece a la familia Avicenniaceae y es la única especie del género y que se conoce con el nombre común de mangle prieto (Fig. 2).

Avicennia germinans se distribuye en áreas costeras americanas que van desde el norte de Florida, Golfo de México, Brasil, las costas del Océano Pacífico de América del Norte y del Sur, hasta el sur de la punta Malpelo, en Perú (Tomlinson, 1986; Pennington y Sarukhán, 1998).

Avicennia germinans crece en una gran variedad de climas, en zonas de vida tropical y subtropical seca, húmeda y muy húmeda, con un amplio espectro de precipitación desde 800 a 7000 mm por año. Es sensible a las heladas, pero se le considera como la especie de mangle más tolerante a las bajas temperaturas (Tomlinson, 1986). Se desarrolla en suelos inundados de tipo arenoso o arcilloso con un alto contenido de salinidad, la cual puede ser excretada a través de sus hojas, que 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, el envés es de color blanquecino (Tomlinson, 1986).

Las flores se encuentran en inflorescencias axilares y terminales, de 1 a 15 pares de flores por espiga, son pequeñas (de 1 a 2 cm. de ancho), los pétalos son de color amarillo o crema a blanco. La flor es polinizada por los insectos produciendo frutos ovalados pequeños con una cápsula carnosa compuesta que contiene una semilla (Hogarth, 1999).

Avicennia germinans se considera como vivípara debido a que la germinación ocurre cuando el embrión se encuentra todavía encerrado dentro del fruto. Una plántula distintiva se desarrolla antes de la caída del fruto del árbol progenitor (Tomlinson, 1986). Las plántulas flotan al caer y son transportadas por las corrientes de las mareas (Clarke, 1993). Cuando los propágulos entran en contacto con el agua pierden el pericarpo y comienzan a desarrollar la radícula y el primer par de hojas (Tomlinson, 1986). El establecimiento se ve limitado a las áreas sobre el nivel del agua durante la marea baja (Ramírez- Ochoa, 2005). La turbulencia de las aguas inhibe el desarrollo de las raíces y las altas temperaturas del agua (de 39 a 40 °C) por más de 48 horas, son letales para las plántulas (Rabinowitz, 1978b).

Los árboles de *Avicennia germinans* alcanzan hasta 20 m de altura y un diámetro de 30 a 50 cm., su corteza es gris negruzca, ligeramente escamosa. Este tipo de manglar se caracteriza por la presencia de raíces modificadas largas y horizontales que tienen ramificaciones verticales aéreas cortas llamadas pneumatóforos, que miden entre 10 y 30 cm. de largo y crecen a partir de la raíz primaria. Los pneumatóforos presentan un arenquima muy desarrollado, además de las lenticelas por medio de las cuales el árbol toma oxígeno. Los pneumatóforos penetran profusamente en el suelo debajo del árbol y sobresalen de la superficie del agua y funcionan permitiendo la aireación de la planta (Tomlinson, 1986). Algunos usos reportados para *Avicennia germinans* son para fabricar postes y carbón (Valdez 2002; Basáñez *et al*, 2006).

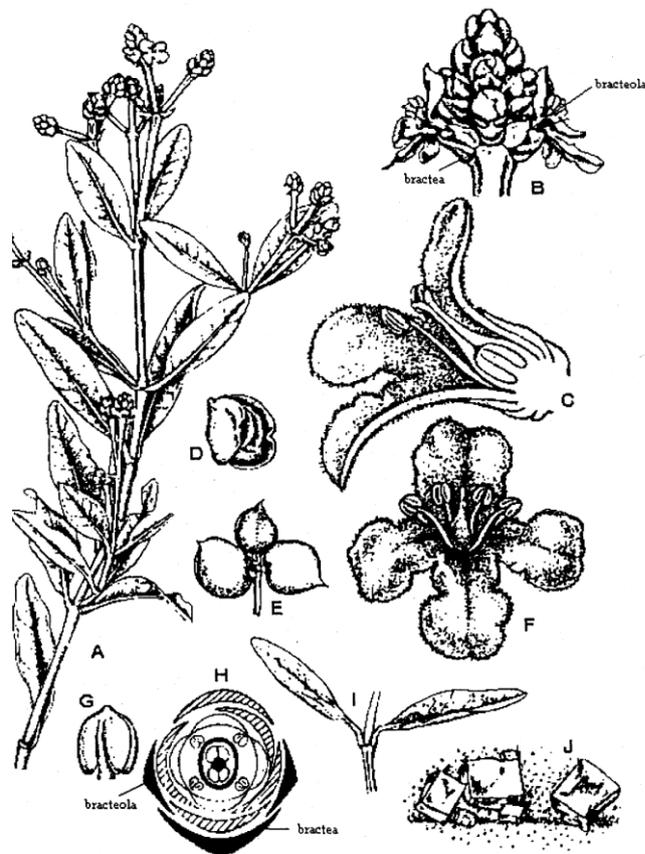


Figura 2. *Avicennia germinans* (Avicenniaceae) retoños y flores (A) retoño distal con flores, (B) grupo de flores terminal, (C) flor en corte longitudinal, (D) semilla, (E) grupo de frutos, (f) flor en vista frontal,(G) placenta aislada con cuatro óvulos péndulos, (H) diagrama floral, (I) nudo, (J)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

Laguncularia racemosa (L.)

Se clasifica dentro de la familia Combretaceae, es la única especie del género que se le conoce con el nombre común de mangle blanco (Fig. 3). Se distribuye en las costas tropicales y subtropicales de la América del Norte y del Sur, y África Occidental (Pennington y Sarukhán, 1998).

Laguncularia racemosa se encuentra en climas tropicales y subtropicales, en condiciones secas, húmedas y muy húmedas en donde la precipitación varía entre 800 y 7000 mm por año. Crece mejor en áreas en donde el agua es salada o salobre presenta poca tolerancia a las bajas temperatura. Se localiza en una gran variedad de condiciones de suelo, desde arenosos hasta depósitos arcillosos. Esta especie excreta el exceso de sal por medio de un par de glándulas localizadas en el pecíolo de las hojas, las cuales son opuestas, acorazonadas, ligeramente más delgadas que las de *Rhizophora mangle* y *Avicennia germinans* (Tomlinson, 1986, Pennington y Sarukhán, 1998).

Las flores son pequeñas de color blanco verdusco, son polinizadas por insectos. La producción de flores es estacional, el fruto es una drupa en forma de avellana, de 2 cm. de largo, ovaladas y con varios surcos longitudinales de color verde pardo, carnosas y contienen una sola semilla. El pericarpo sirve como flotador y no se desprende hasta que la plántula se establece en áreas acuáticas poco profundas (Rabinowitz, 1978a, Tomlinson, 1986; Hogarth, 1999). La mortalidad de las plántulas en esta etapa es alta (Rabinowitz, 1978b; Pizarro *et al*, 2004).

Laguncularia racemosa posee un sistema radicular poco profundo, con raíces que parten en forma radial desde el tronco. Los pneumatóforos de esta especie no son tan desarrollados, estos salen de la raíz pero luego se bifurca cerca de la superficie (Cintrion y Schaffer-Novelli, 1983; Tomlinson, 1986). Los árboles adultos llegan a medir hasta 25 m., su tronco es recto y la corteza es gris parda. Entre algunos de sus usos destaca la elaboración de carbón (Valdez, 2002; Pizarro *et al*, 2004; Basáñez *et al*, 2006).

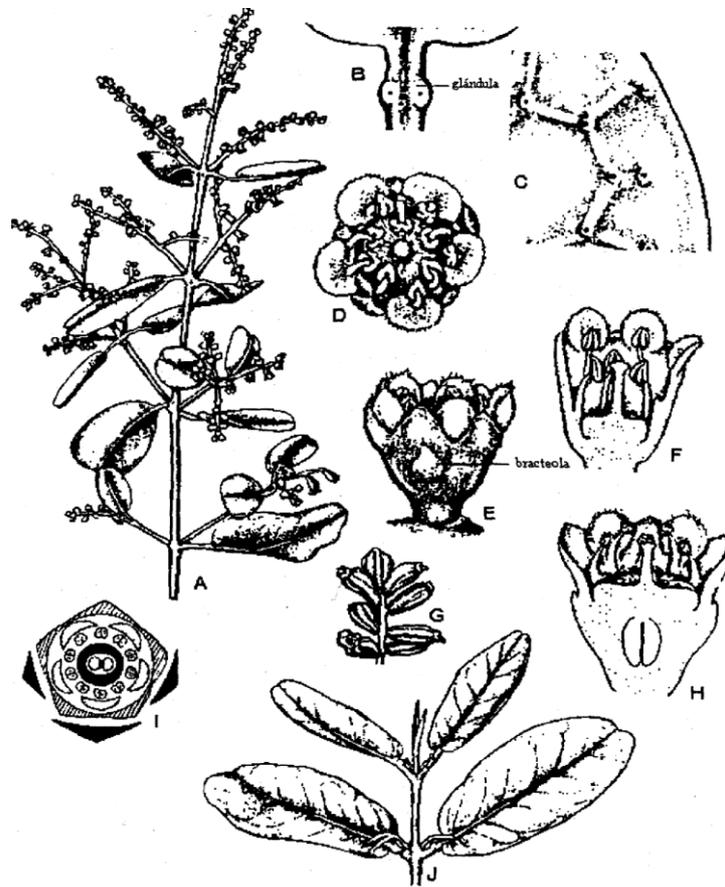


Figura 3. *Laguncularia racemosa* (Combretácea) hojas flores y frutos (A) retoño floreciendo, (B) detalle del pecíolo con par de glándulas, (C) detalle de la periferia de la hoja, con pequeñas glándulas, (D) vista superior de la flor macho, (E) perfil de la flor, con bráctea, representada por cicatriz,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

Rhizophora mangle L

Pertenece a la familia Rhizophoraceae se le conoce con los nombres comunes de mangle rojo, mangle tinto y candelón entre otros (fig. 4). Se distribuye a lo largo de las costas del Golfo de México, el Pacífico y el Caribe. En la vertiente del Golfo se presenta desde Tamaulipas hasta Yucatán y Quintana Roo y en la vertiente del Pacífico desde Baja California Sur, Sonora hasta Chiapas, (Tomlinson, 1986; Pennington y Sarukhán, 1998).

Rhizophora mangle crece en ambientes de continuo movimiento de agua y salinidad variable (hipersalino a salobre). Su mejor desarrollo es en litorales someros, con poca pendiente donde la marea entra con mayor facilidad, se desarrolla en los sitios protegidos del oleaje fuerte (Cintrion y Schaffer-Novelli, 1983).

Los manglares más productivos se desarrollan en estuarios con lodo fino, compuesto de arcilla y alto porcentaje de materia orgánica. Los suelos de los manglares de *Rhizophora* contienen generalmente mayores porcentajes de materia orgánica (Tomlinson, 1986; Pizarro *et al*, 2004).

Rhizophora mangle almacena el exceso de sal en las hojas y los frutos para después desecharlos. Las hojas de esta especie son opuestas, simples, pecioladas, elípticas a oblongas, aglomeradas en las puntas de las ramas, de 8 a 13 cm de largo por 4 a 5.5 cm. de ancho, coriáceas, lisas, gruesas; verde oscuras en el haz y amarillentas con puntos negros en el envés, presenta inflorescencias simples, con 2 ó 3 flores pequeñas con 4 sépalos y 4 pétalos, las flores son de color blanco amarillento, bisexuales y están presentes durante todo el año. El fruto tiene un solo propágulo el cual se asemeja a un ejote, presenta extremos puntiagudos, es vivíparo y germina cuando el fruto esta unido a la planta madre. Después de desarrollarse el embrión durante unos once o doce meses se desprende de la plántula progenitora (Tomlinson, 1986, Hogarth, 1999).

Las plántulas pueden medir de 25 a 30 cm. el propágulo y se establece con la influencia de las mareas (Rabinowitz, 1978a). Una vez establecido desarrolla un sistema de raíces terrestres primarias de corta vida, sin embargo la forma adulta se caracteriza por un subsistema de raíces aéreas en arco (raíces puntales), que emergen del tronco de manera perpendicular que se conocen como pneumatóforos. Los pneumatóforos están cubiertos por lenticelas, que son las estructuras que permiten el intercambio gaseoso (Tomlinson, 1986). Este tipo de raíces permite a *R. mangle* establecerse en aguas más profundas en comparación con los otros mangles. La red de raíces provee sostén al árbol además de llevar a cabo funciones vitales de nutrición. Los árboles llegan a alcanzar hasta 30 m de altura, la corteza externa es de color olivo pálido con manchas grises, pero si se raspa adquiere un color rojo intenso (Tomlinson, 1986; Cintrion y Schaffer-Novelli, 1983; Pizarro *et al*, 2004).

Se emplea como adhesivo, en la fabricación de triplay, uso artesanal, y como combustible en forma de leña y carbón (Portillo y Ezcurra, 2002; Moreno *et al*, 2002; Basáñez *et al*, 2006; Pizarro *et al*, 2004).

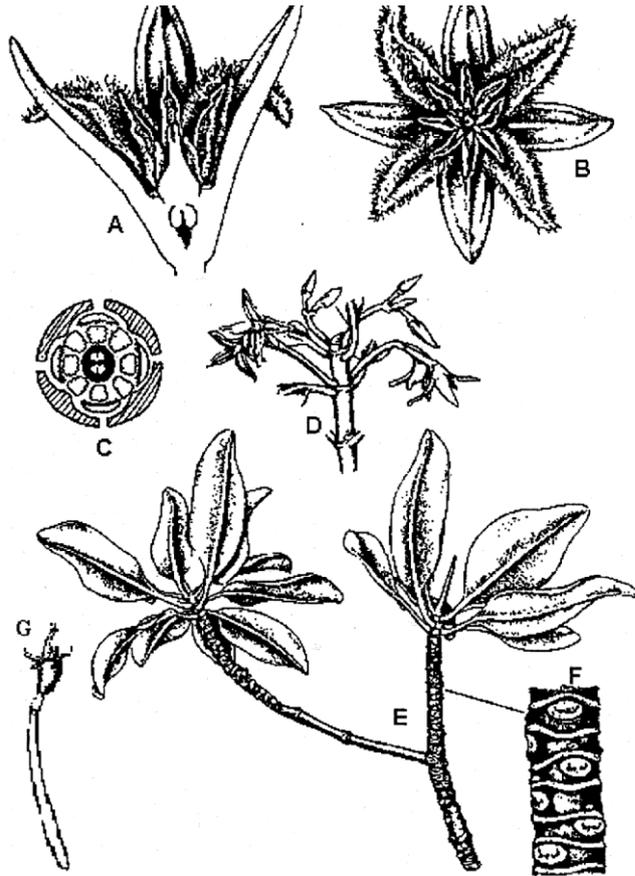


Figura 4. *Rhizophora mangle* (Rhizophoraceae) hojas y flores (A) flor en corte longitudinal. (B) flor en vista frontal, (C) diagrama floral, (D) retoño floral con inflorescencias axilares, (E) parte distal de una rama, (F) detalle del patrón de marcas de las ramas, (G) hipocótilo (Tomado de Tomlinson, 1986).

2.9 Estudios previos

Los estudios sobre la dinámica de crecimiento con métodos para una reconstrucción retrospectiva de la edad de los individuos, en las comunidades de manglar en nuestro país no se han registrado. La edad de un árbol se determina, generalmente por el conteo de anillos de crecimiento, sin embargo en algunos árboles tropicales, como los mangles la identificación de anillos es compleja ya que no son fáciles de identificar. Los mangles forman nodos a lo largo de su tallo los cuales pueden utilizarse para determinar su edad antes de que el árbol se lignifique (Duarte *et al*, 1999).

La producción de marcas conocidas como nodos tienen una relación 1:1 con la producción de pares de hojas (Duarte *et al.*, 1994). Esta característica de crecimiento ofrece un medio relativamente simple para establecer la edad de individuos y caracterizar rápidamente patrones demográficos en las comunidades de plántulas (Duke y Pinzón, 1992). Las unidades de tiempo básicas para la estimación de la edad son conocidas como intervalo plastocrono (PI). El intervalo plastocrono representa el ritmo interior de crecimiento de las plantas, el cual proporciona estimaciones útiles en el tiempo biológico (Ericsson y Micheline, 1957 citado en Duarte *et al*, 1994). El cronómetro de estas unidades de tiempo es para cada especie en específico y dependen de las condiciones ambientales.

Entre los estudios sobre mangles se encuentran los de Duke y Pinzón (1992) para *Rhizophora mangle* en Panamá, Duarte *et al*, (1999) para *Avicennia alba*, *Sonneratia caseolaris* y *Rhizophora apiculata* en el estuario Phanang Pak (sudeste de Tailandia), Thi Ha *et al*, (2003) para *Kandelia candel* en Vietnam.

CAPITULO III

3.1 HIPÓTESIS

Los manglares son afectados por diferentes condiciones ambientales en su crecimiento y establecimiento. Las plántulas expuestas a mayor cantidad de luz y menor salinidad serán las que presenten el mayor crecimiento en el periodo de estudio.

3.2 OBJETIVOS

General

- Evaluar el crecimiento de las plántulas del manglar de la Laguna de Alvarado, Veracruz, en diferentes épocas del año.

Particulares

- Determinar las tasas de crecimiento de las plántulas de las especies *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* y *Rhizophora mangle*.
- Analizar los cambios en la dinámica de crecimiento de las especies de manglar y su relación con la luz y la salinidad.

CAPITULO IV

MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Zona de estudio

Esta investigación se llevó a cabo en la comunidad de Arbolillo, perteneciente al municipio de Alvarado, Veracruz. Esta parte de manglar pertenece a la laguna de Alvarado y se localiza al Noroeste en $18^{\circ}48'55.58''$ y al Este en $95^{\circ}05'25.54''$, en la región del Golfo de México (Fig. 5), (Rodríguez-Zúñiga, 2002). El clima que se presenta en la zona es considerado como cálido subhúmedo (AW2 (i)) con lluvias en verano (García, 1988).

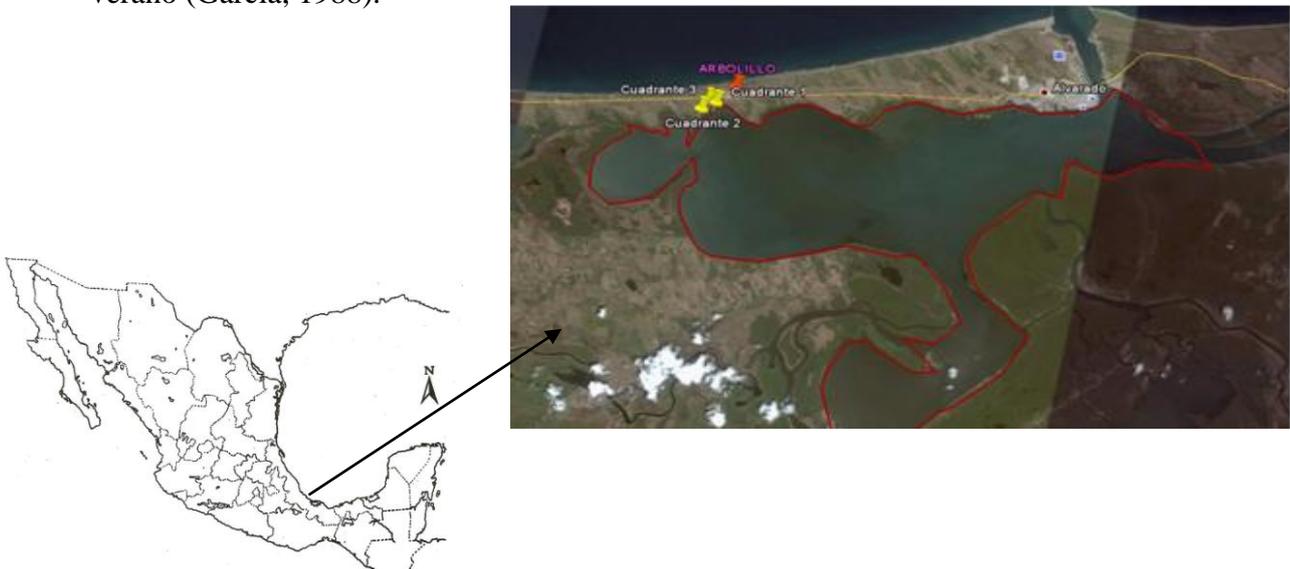


Figura 5. Mapa de la zona de estudio en la parte del poblado de Arbolillo Veracruz (imagen tomada de Google Earth, 2009).

El sistema lagunar de Alvarado está constituido por cuatro lagunas y un canal: Laguna de Alvarado, Canal Buen País, Laguna Buen País, Laguna Camaronera y Laguna Tlalixcoyan. La forma de este sistema es alargada con el eje principal paralelo a la costa y se comunica con el mar mediante una boca permanente, situada al extremo sur. El principal río que desemboca en el complejo lagunar llega por el sureste y es el Papaloapan. Este aporta un promedio anual aproximado de 40 millones de metros cúbicos de agua (Contreras, 1993).

Suelo

El tipo de suelo que presenta el sistema lagunar es limo-arcilloso con alto contenido de materia orgánica, en especial en el extremo noroeste de la Laguna Camaronera y la parte central de la barra de la laguna de Alvarado (Vázquez- Torres, 1998).

Vegetación

La diversidad que presenta el humedal de Alvarado hace que sea un sitio particularmente rico en especies vegetales. En la zona se localizan varios tipos de vegetación, algunos de ellos se caracterizan por no variar de fisonomía a lo largo del año. Entre los tipos de vegetación se encuentra especialmente, manglar, apompal, tular, popal, vegetación riparia y palmar. La vegetación presenta una característica notable de distribución en parches formando mosaicos de muy diversas composiciones y tamaños (Vázquez-Yanez, 1971; Vázquez- Torres, 1998).

Fauna

El Sistema Lagunar de Alvarado contiene riqueza en equinodermos, moluscos, crustáceos, peces, tortugas, aves y mamíferos marinos (Vázquez- Torres, 1998).

4.2 Fase de campo

Se realizó una salida de reconocimiento al sitio de estudio para observar las condiciones que presenta el bosque de manglar en esta zona. Se consideraron dos criterios para elegir las áreas a muestrear, la primera fue que no se presentara evidencia de perturbación como paso de personas y ganado y la otra que hubiera indicios de reclutamiento de plántulas.

Las salidas a campo se llevaron a cabo en los meses de Abril 2008, Junio 2008, Septiembre 2008 y Marzo 2009, tratando de cubrir las diferentes épocas del año secas (primavera), inicio de lluvias (verano) y lluvias temporada de nortes (otoño – invierno).

El método para estimar la estructura del bosque fue el de Cuadro (Mueller-Dombois, 1974), el cual consiste en el establecimiento de cuadros con medidas representativas. En este estudio se plantearon dos cuadros de 100 m². (Fig. 6 y fig. 7). El tamaño y el número se establecieron con base al criterio de área mínima en la cual se considera la homogeneidad de la vegetación (Mueller-Dombois, 1974).

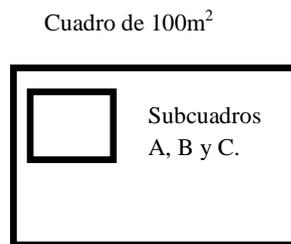


Figura 6. Esquema del método utilizado en campo

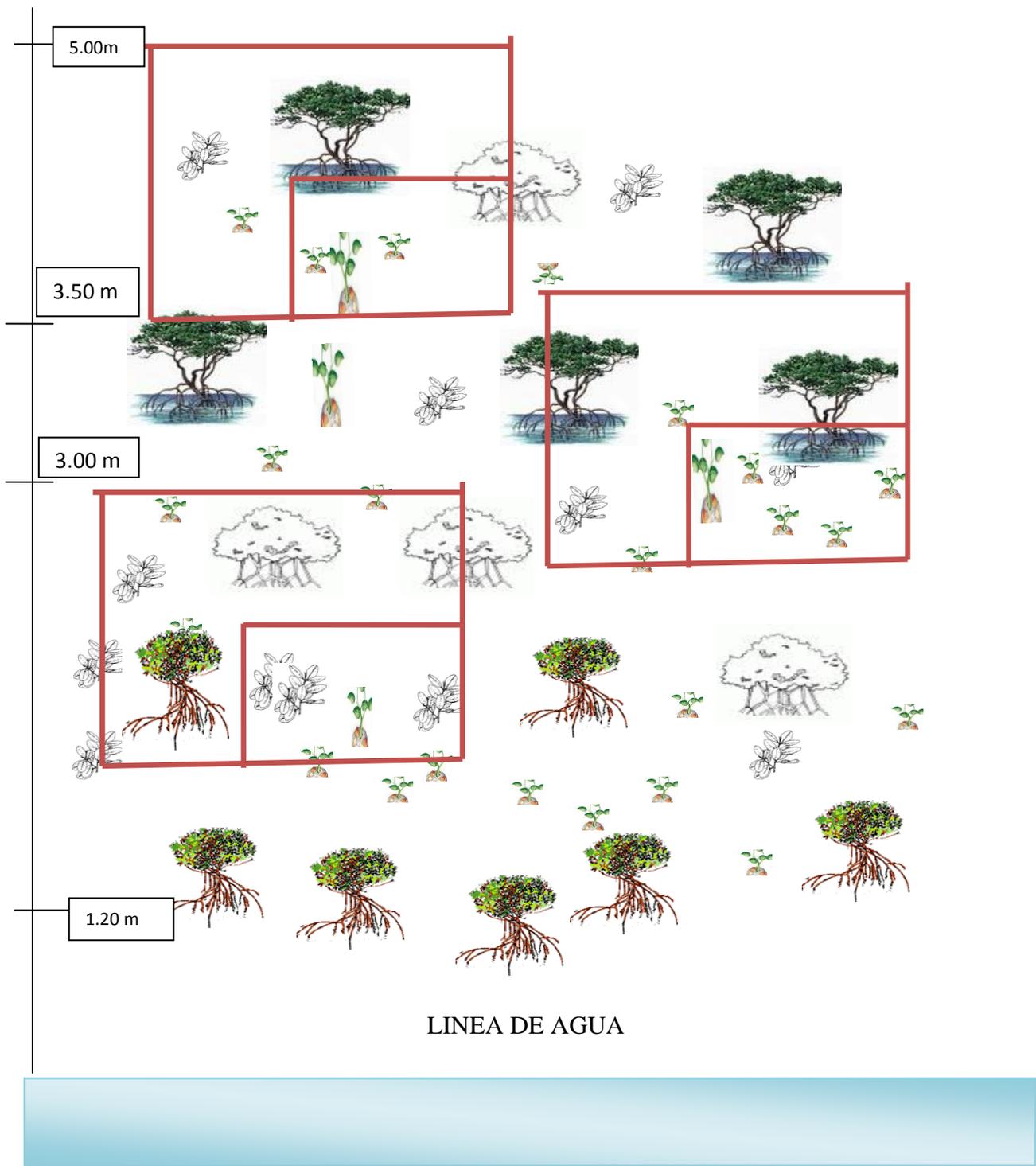


Fig. 7 Esquema del método utilizado en campo basando en la sucesión de especies en la zona de estudio.

En cada cuadro se registraron los árboles adultos presentes. Con el fin de conocer la estructura del lugar, se midió el diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor a 2.5 cm con la ayuda de un flexómetro. El DAP es una medida que ayuda a determinar el área basal expresada en m²/ha. Para conocer la talla de los individuos se tomo la altura con el apoyo de un estadal,

Con estos datos se obtuvo la densidad relativa (%), frecuencia relativa (%), área basal (m²/ha), el índice de dominancia y el valor de importancia relativo (%).

Asimismo en cada cuadro se registro el número de plántulas y brinzales presentes, para determinar la abundancia de especies en etapa juvenil.

Para determinar la estructura del bosque se utilizaron las siguientes formulas de acuerdo a lo establecido por Cintrion y Schaffer-Novelli, (1983):

Número de individuos de una especie

$$Densidad\ relativa = \frac{\text{Número de individuos de una especie}}{\text{Número total de individuos de todas las especies}} \times 100$$

Número total de individuos de todas las especies

Frecuencia de la especie x

$$Frecuencia\ relativa = \frac{\text{Frecuencia de la especie x}}{\text{Frecuencia de todas las especie}} \times 100$$

Frecuencia de todas las especie

Área basal = Es el espacio que ocupa una especie y se estima a través de DAP.

$$A\ B = \frac{(\pi = 3.1416) (dap)^2}{4(10,000)}$$

4(10,000)

Índice de distribución = Frecuencia relativa x densidad de especies.

Índice de dominancia (I D): indica cual es la especie dominante de la comunidad

$$I\ D = \text{íd.} \times A. B.$$

Id= índice de distribución

A.B.= Área basal

El valor de importancia (V.I.) Se obtiene al realizar la suma de la densidad, frecuencia y dominancia. El valor de importancia llega a alcanzar un valor máximo de 300, de manera que es una medida asignada por la contribución de todas las especies (Snedaker y Snedaker, 1984) y para una mejor apreciación del resultado se expresa en porcentaje.

Para la dinámica de crecimiento de plántulas, se establecieron dentro de los cuadros de 100 m², tres subcuadros (A, B y C) de 2 x 2 m. (Fig. 6), los cuales se marcaron con la ayuda de mecahilo. Se etiquetaron todas las plántulas presentes menores a 1.50 m. En este tamaño se observan mejor los nodos en el tallo ya que en las plántulas el tallo aun no se lignifica (Duarte *et al*, 1999). Dentro de estos cuadros se tomaron muestras de agua, con ayuda de un nucleador. Se dejó que el agua se concentrara para poder tomar la muestra, y posteriormente se transportó en frascos de plástico sellados con Parafilm. En época seca no se tomaron muestras de agua si no de sedimento, las cuales se transportaron en bolsas de plástico. Estas muestras fueron secadas, molidas y tamizadas. Para poder evaluar la salinidad se empleó el método de saturación (Jackson, 1976). Se tomaron 100 gr de las muestras tamizadas, se agregó agua destilada hasta formar una pasta de saturación. Posteriormente la pasta de saturación fue sometida a vacío y el filtrado obtenido sirvió para obtener la salinidad con la ayuda de un salinómetro. Las medidas obtenidas se reportaron en Unidad Práctica de Salinidad (PSU).

Asimismo se registró la intensidad de luz que entra al bosque utilizando un medidor de radiación fotosintéticamente activa PAR, por sus siglas en inglés (Photosintetic Active Radiation modelo LI-250 Light meter). Las medidas se tomaron en la orilla de la laguna, en los cuadros (A, B y C) a una altura de 1.70 m. y cerca del suelo. De la misma forma se tomaron otras medidas en diferentes áreas con sombra y donde se observaron aperturas naturales del dosel esto último solo se realizó en el mes de Marzo del 2009.

En las plántulas etiquetadas se aplicó el método de conteo internodal, con el cual es posible estimar la edad y crecimiento en unidades de intervalo plastocrono (PI, por sus siglas en inglés). Con la ayuda de una regla, se midió la distancia internodal de las marcas que dejan las hojas al separarse del tallo, esto se realizó tanto en plántulas como en brinzales ya establecidos en el sustrato. Se midió la longitud desde el sustrato hasta la altura del hipocotilo en el caso de *Rhizophora mangle*, y desde el sustrato hasta el primer par de cotiledones para *Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa*. A los cotiledones se les consideró como el nodo cero y a partir de ese punto se midió la distancia internodal entre nodo y nodo (Fig. 8).

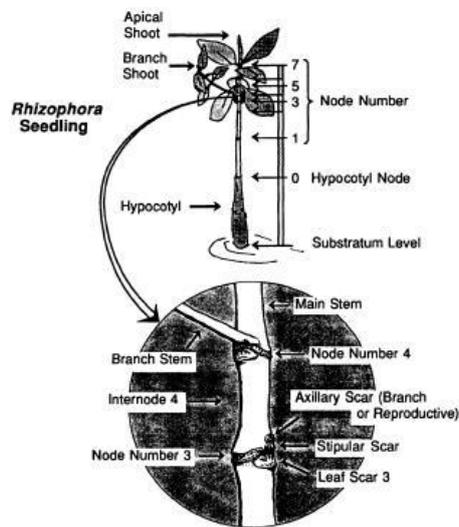


Figura 8. Plántula de manglar que muestra las partes a medir en campo (Duke y Pinzón, 1992).

Para calcular el intervalo plastocrono (PI), se conto el número de nodos nuevos que se produjeron en cada plántula en el periodo de estudio, y así se estimo el crecimiento y la edad en unidades de tiempo expresadas en días/nodo⁻¹. La fórmula para determinar el PI fue:

$$PI = \frac{\text{Intervalo de tiempo} \times \text{No. de rizomas marcados}}{\text{No. de marcas nuevas}}$$

(Short y Duarte, 2001).

En el caso de los manglares, se modificará la fórmula

$$PI = \frac{\text{Intervalo de tiempo en días} \times \text{No. de plántula marcadas}}{\text{No. de nodos producidos}}$$

Al mismo tiempo se llevo un control del porcentaje de supervivencia y porcentaje de mortalidad de las plántulas etiquetadas.

4.3 Fase de laboratorio y gabinete

A los datos obtenidos se les calculo la desviación estándar y el error estándar el cual es útil como medida de variación en un conjunto de datos (Daniel, 1995) la formulas es la siguiente:

$$EE = \frac{S}{\sqrt{n}}$$

S= Desviación estándar.

n = número de datos.

Con la ayuda del programa estadístico STATISTICA V.7 se analizaron en un ANDEVA, las alturas, diámetros, clases altimétricas, porcentaje de sobrevivencia y mortalidad, crecimiento en época de secas y lluvias y crecimiento anual, para ver si existían diferencias significativas entre las especies y entre época de secas y de lluvias.

También se realizó el cálculo del PI (intervalo plastocrono) para cada una de las especies.

Con los datos obtenidos en la producción de nodos y las distancias internodales se realizó la aplicación de una media móvil al 30% (filtro de bajo movimiento) expresándose como una media móvil estacional la cual hace que los datos tengan una suavización quitando el ruido que altera su producción y crecimiento internodal, este ruido se produce debido a factores ambientales producidos en el periodo de estudio (Duarte *et al*, 1994).

En los resultados de crecimiento y salinidad se aplicó un análisis de regresión lineal para ver si existe una relación entre estos dos parámetros, basándose en la siguiente fórmula:

$$Y=a + bx$$

CAPITULO V

RESULTADOS

5.1 Estructura del bosque

Las características estructurales de la comunidad del manglar de Arbolillo, se resumen en el Cuadro 2 donde se observan registradas tres especies de mangle de las cinco presentes en nuestro país *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* y *Rhizophora mangle*.

Los valores obtenidos para la densidad relativa fueron 50 % (220 ind. /ha) para *Laguncularia racemosa*, 30% (160 ind. /ha) para *Avicennia germinans* y 20 % (60 ind. / ha) para *Rhizophora mangle*. Los valores obtenidos para la frecuencia relativa fueron 40% para *Laguncularia racemosa*, 40% para *Avicennia germinans* y 20% para *Rhizophora mangle*.

Los valores obtenidos para la dominancia relativa fueron para *Avicennia germinans* de 63.72% y un área basal de 0.318m²/ha, seguida de *Laguncularia racemosa* con una dominancia relativa de 20.24% y un área basal de 0.101m²/ha, y por ultimo *Rhizophora mangle* fue la especie que presento el menor valor de dominancia relativa con 16.03% y un área basal de 0.08m²/ha. En cuanto al valor de importancia relativo, *Avicennia germinans* obtuvo un valor de 21.67%, seguida de *Laguncularia racemosa* con 7.24% y *Rhizophora mangle* con 5.54%.

Cuadro 2 Características estructurales de la zona de estudio.

Especie.	Número de Individuos.	Densidad Relativa (%).	Frecuencia Relativa (%).	Área basal (m ² /ha).	Dominancia Relativa (%).	V. I relativo (%)
<i>Avicennia Germinans</i>	8	36.36	40	0.318	63.72	21.67
<i>Laguncularia Racemosa</i>	11	50	40	0.101	20.24	7.24
<i>Rhizophora Mangle</i>	3	13.63	20	0.08	16.03	5.54

5.2 Alturas y diámetros de los árboles

Las alturas promedio encontradas para las tres especies de manglar fueron para *Avicennia germinans* de $9.8 \pm 1.43\text{m}$, (Fig.8), *Rhizophora mangle* de $7 \pm 0.67\text{m}$, (Fig. 8), y *Laguncularia racemosa* con $6.9 \pm 3 \text{ m}$., (Fig. 8). Aunque el 77% de los árboles de las tres especies se localizaron en alturas de 3 a 10 m.

A partir de un análisis de varianza (ANDEVA) se observó que entre las alturas de los árboles de las tres especies no existen diferencias significativas ($F_{2,19} = 1.8$, $p = 0.18$), (Fig. 9).

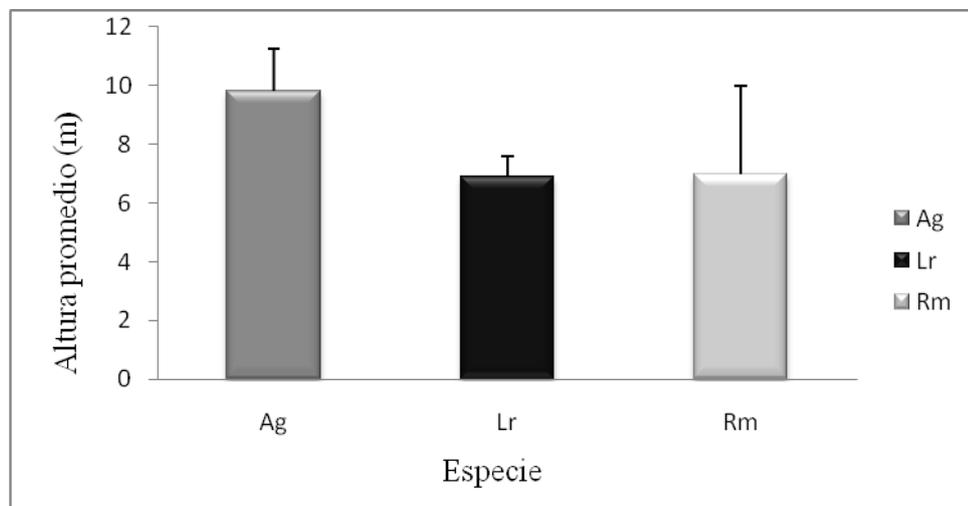


Figura 9. Altura promedio de los árboles de manglar de las tres especies. Ag = *Avicennia germinans*, Lr = *Laguncularia racemosa* y Rm = *Rhizophora mangle*, ANDEVA, n=9.

Los diámetros promedios medidos en los árboles fueron para *Avicennia germinans* de 19.6 ± 4.4 cm., *Laguncularia racemosa* con 6.5 ± 1.8 cm y *Rhizophora mangle* de 17.1 ± 7.2 cm. En donde el 63% de los árboles de las tres especies presentaron diámetros en un rango de 3 a 10 cm.

El ANDEVA nos muestra que existen diferencias significativas en los diámetros de las tres especies de manglar ($F_{2,19} = 4.7$, $p = 0.02$, Fig. 9), en la prueba de Tukey se analiza que estas diferencias se dan entre los diámetros de *Laguncularia racemosa* y *Rhizophora mangle*. La diferencia en el valor de los diámetros es de 10.6 cm. Se observó que *Rhizophora mangle* muestra troncos más formados en un intervalo de 5 a 30 cm, en el caso de *Laguncularia racemosa* se observó que los troncos de los árboles eran aun delgados presentando un intervalo de 3 a 24 cm (Fig. 10).

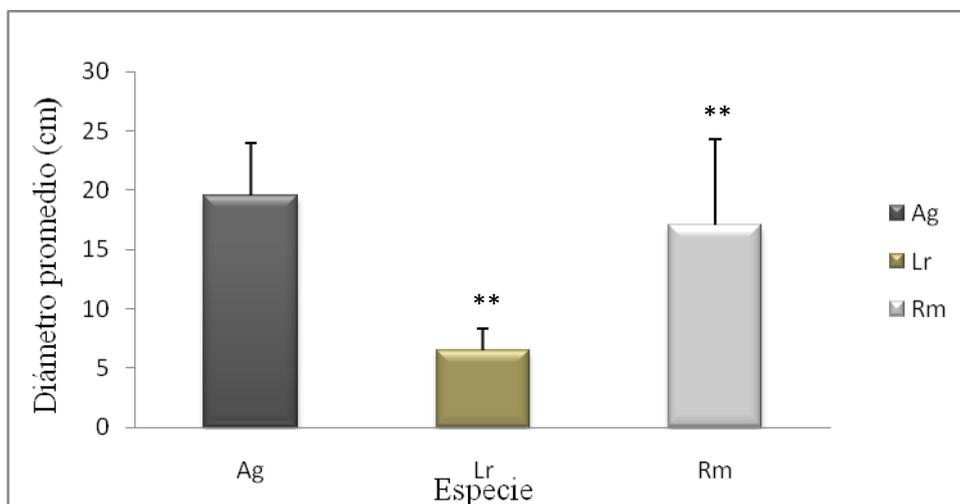


Figura 10. Diámetro promedio de los árboles de manglar de las tres especies. ** Diferencia significativa entre los diámetros de *Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa*.

5.3 Abundancia de plántulas

La abundancia de plántulas se registró en los dos cuadros de 100 m², esto se realizo en los meses de abril y junio del 2008. Se observo que *Avicennia germinasn* es la especie mas abundante con 544 plántulas en el mes de abril (Fig.10) y junio con 308 plántulas (Fig. 11). La especie con menor abundancia fue *Rhizophora mangle* presentando en el mes de abril 6 plántulas (Fig.10) y en junio 12 plántulas (Fig. 12).

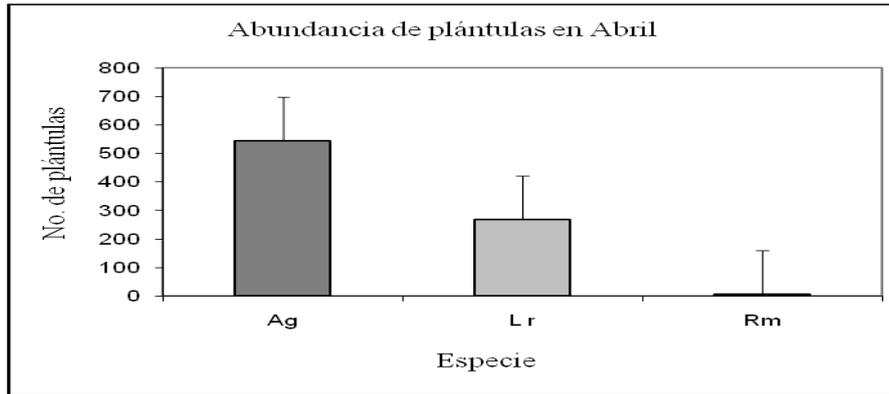


Figura 11. Abundancia de plántulas en Abril

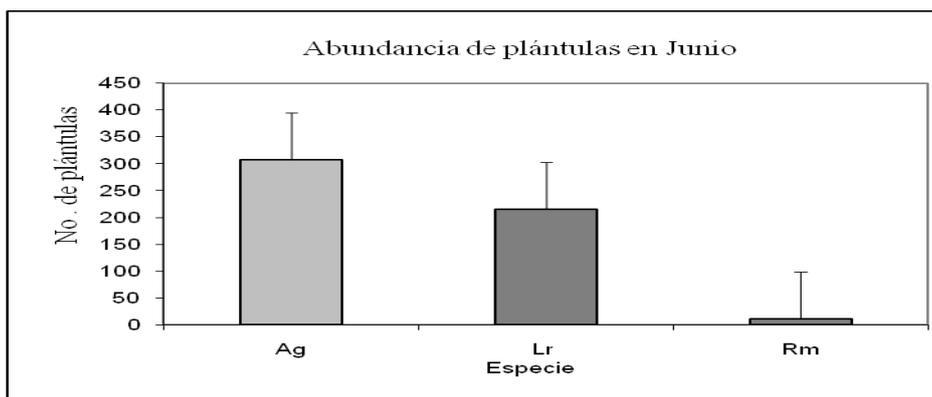


Figura 12. Abundancia de plántulas en Junio

5.4 Clases altimétricas de las plántulas etiquetadas

En los subcuadros A, B y C, se etiquetaron 181 plántulas de *Avicennia germinans*. Divididas en 8 clases altimétricas, la altura mínima fue de 5 ± 0.47 cm. y una máxima de 50 ± 1.5 cm., (Fig. 13). En *Laguncularia racemosa* se etiquetaron 62 plántulas, divididas también en 8 clases altimétricas las cuales presentaron una altura mínima de 8.5 ± 0.46 cm. y una máxima de 40 ± 0.5 cm., (Fig. 14), en *Rhizophora mangle* solo se etiquetaron 6 plántulas, con una altura mínima de 14cm y una máxima de 42 cm.

En el ANDEVA de las alturas de las plántulas etiquetadas de *Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa* no muestra diferencias significativas ($F_{2,249} = 0.03419$, $p = 0.96$), (fig. 13 y fig. 14).

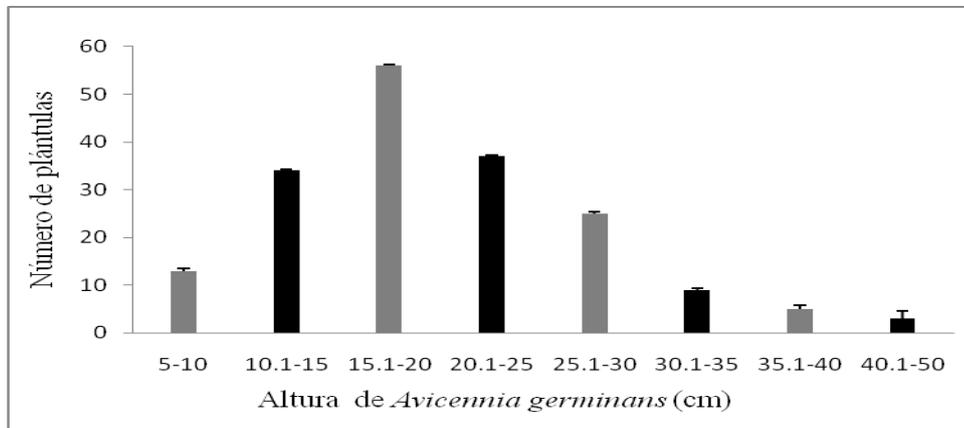


Figura 13. Clases altimétricas de las plántulas de *Avicennia germinans*.

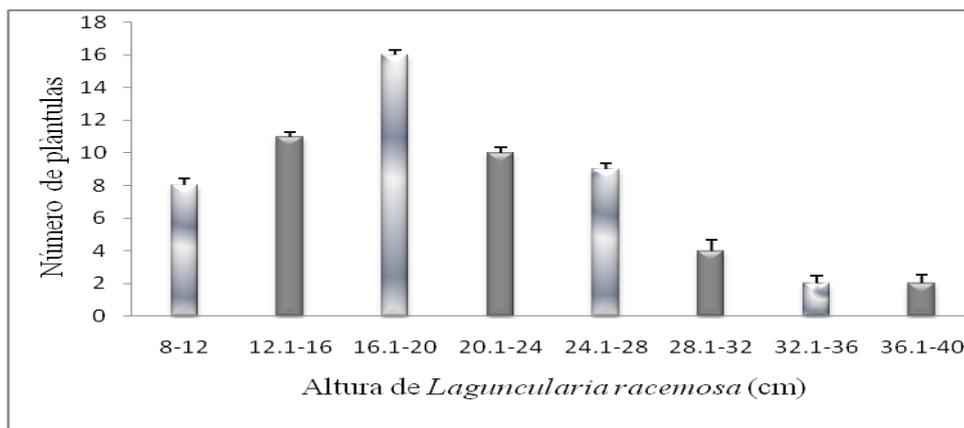


Figura 14. Clases altimétricas de las plántulas de *Laguncularia racemosa*.

5.5 Porcentaje de sobrevivencia y mortalidad de las plántulas

En el porcentaje de sobrevivencia de plántulas de las tres especies de manglar, se observa que la especie que tiene el mayor número de plántulas vivas es *Laguncularia racemosa* con un 50% (Fig.14). Aunque en el ANDEVA no se muestran diferencias significativas entre las tres especies ($F_{2,5}=2.64$, $p = 0.16$), (fig.15).

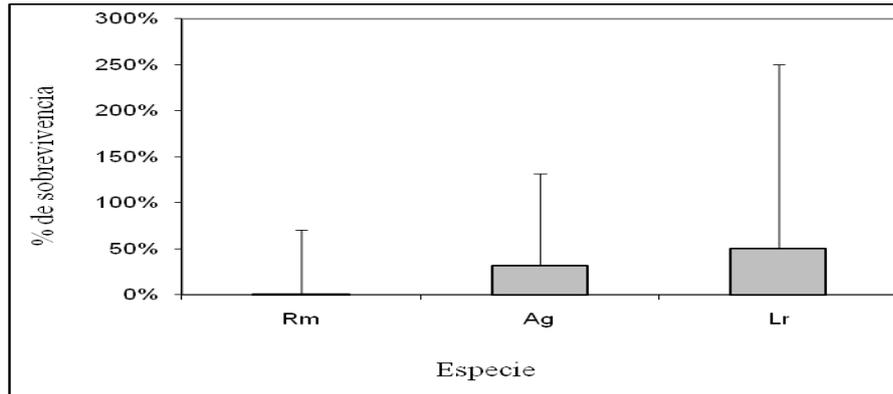


Figura 15. Porcentaje de sobrevivencia en las plántulas.

En el porcentaje de mortalidad se observa que la especie que presentó la mayor pérdida de plántulas fue *Rhizophora mangle* con un 90% (Fig. 15). El porcentaje de mortalidad en ANDEVA, no muestra diferencias significativas entre las tres especies ($F_{2,3}=2.53$, $p = 0.22$), (fig.16).

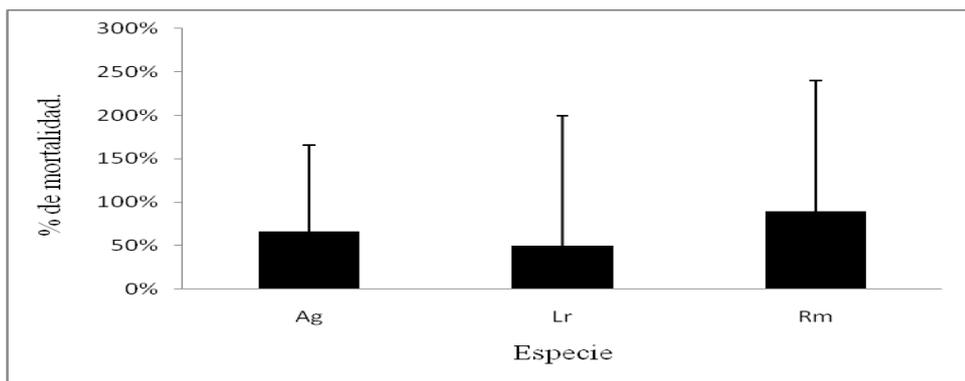


Figura 16. Porcentaje de mortalidad en las plántulas.

5.6 Luz

En la orilla de la laguna se tomaron medidas de luz en los meses de abril y junio del año 2008 y marzo del año 2009. El mes que presento la mayor cantidad de luz fue junio 08 con $674.8 \mu\text{M seg}^{-1}\text{m}^{-2}$ (Fig. 17, cuadro 3).

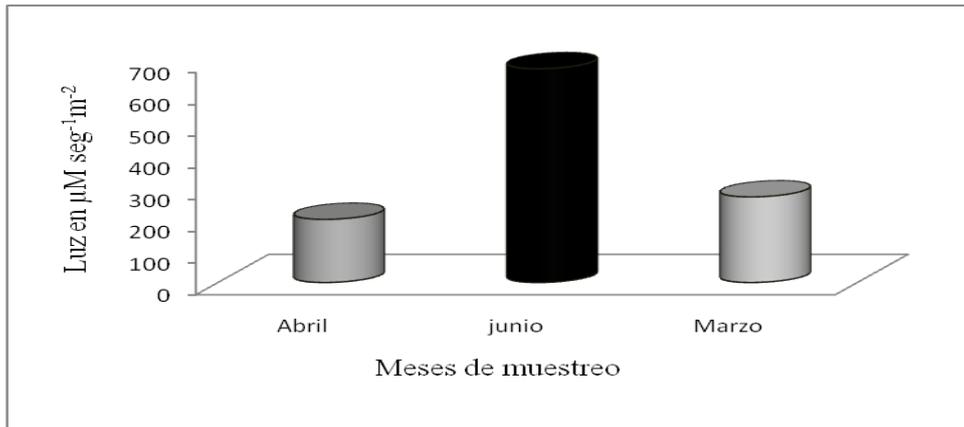


Figura 17. Medidas de luz tomadas en la orilla de la laguna.

En el subcuadro de muestreo A, las medidas de luz se registraron en los meses de abril, junio del año 2008 y marzo del año 2009. Las medidas de luz se tomaron en dos formas una a la altura de 1.70 y otra al ras del suelo para evaluar la cantidad de luz que llega a la vegetación rasante, en este caso a las plántulas de mangle (Fig. 18, cuadro 3). La mayor cantidad de luz del subcuadro A, se registró en el mes de abril del año 2008 con $197.7 \mu\text{M seg}^{-1}\text{m}^{-2}$ (altura de 1.70m) y $137.53 \mu\text{M seg}^{-1}\text{m}^{-2}$ (suelo), (Fig. 18, cuadro 3).

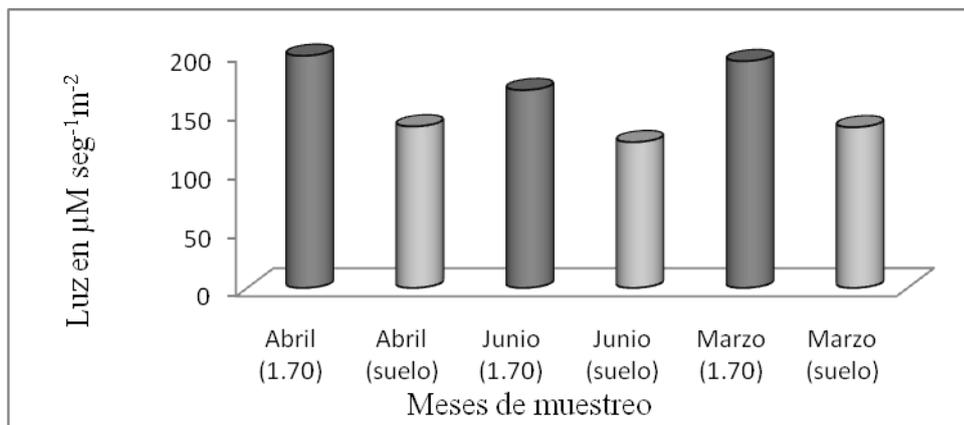


Figura 18. Medidas de luz tomadas en el subcuadro A.

En el subcuadro de muestreo B, las medidas de luz se registraron en los meses de junio del año 2008 y marzo del año 2009 (Fig. 19, cuadro 3). La mayor cantidad de luz se registro en el mes de junio del año 2008 con $810.6 \mu\text{M seg}^{-1} \text{m}^{-2}$ (altura de 1.70 m) y $230.3 \mu\text{M seg}^{-1} \text{m}^{-2}$ (suelo), (Fig. 19, cuadro 3).

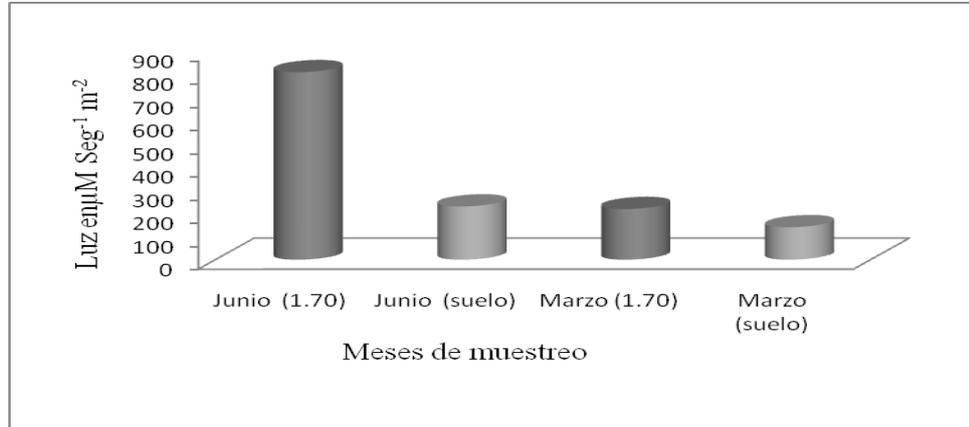


Figura 19. Medidas de luz tomadas en el subcuadro B.

En el subcuadro de muestreo C, también se midió la luz en junio del año 2008 y marzo del año 2009 (Fig. 20, cuadro 3). La mayor cantidad de luz se registro en el mes de junio del año 2008 con $262.5 \mu\text{M seg}^{-1} \text{m}^{-2}$ (altura de 1.70m) y de $165.06 \mu\text{M seg}^{-1} \text{m}^{-2}$ (suelo), (Fig. 20, cuadro 3).

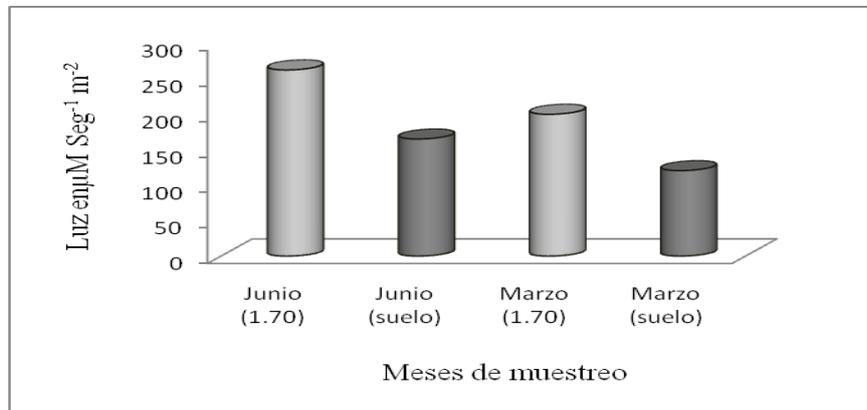


Figura 20. Medidas de luz tomadas en el subcuadro C.

Los valores de luz tomados en marzo del año 2009, en las zonas abiertas fue de $167.25 \mu\text{M seg}^{-1} \text{ m}^{-2}$ (altura de 1.70) y de $131.8 \mu\text{M seg}^{-1} \text{ m}^{-2}$ (suelo), (Fig. 21), en las zonas con sombra la luz fue de $99 \mu\text{M seg}^{-1} \text{ m}^{-2}$ (altura de 1.70) y de $7.46 \mu\text{M seg}^{-1} \text{ m}^{-2}$ (suelo), (Fig. 21, cuadro3).

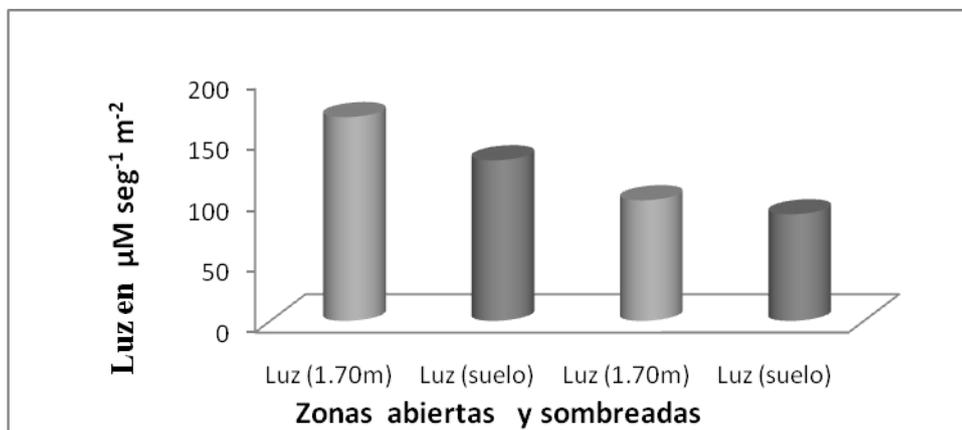


Figura 21. Medidas de luz tomadas en zonas abiertas y sombreadas.

5.7 Salinidad

La salinidad en la orilla de la laguna se registro en los meses de abril, junio y septiembre del año 2008 y marzo del año 2009 (muestra de sedimento), (Fig. 22, cuadro 4). El valor más alto se presentó en el mes de abril del año 2008 con 10.57 PSU, (Fig.22, cuadro 4).

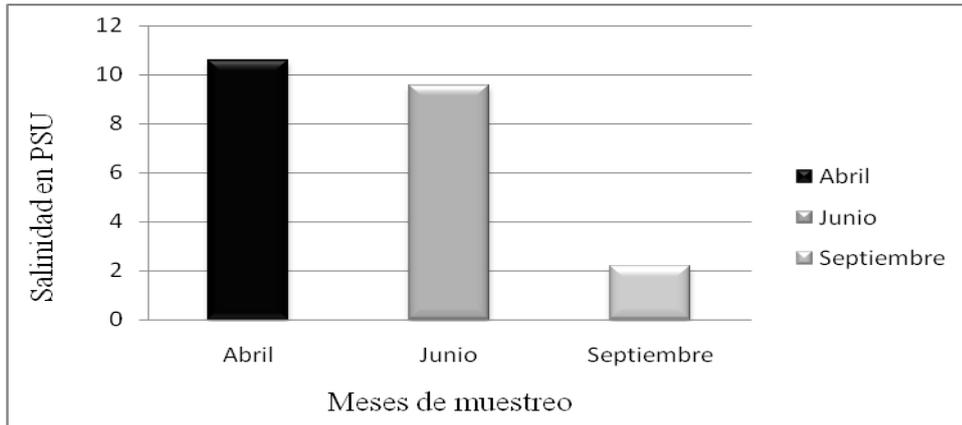


Figura 22. Salinidad obtenida en la orilla de la laguna en los meses de muestreo.

En el subcuadro de muestreo A la salinidad se evaluó en los meses de abril, junio y septiembre del año 2008 y marzo del año 2009 (muestra tomada de sedimento), (Fig. 23, cuadro 4). El valor de salinidad más alto se presentó en el mes de abril del año 2008 con 4.4 PSU, (Fig.23, cuadro 4).

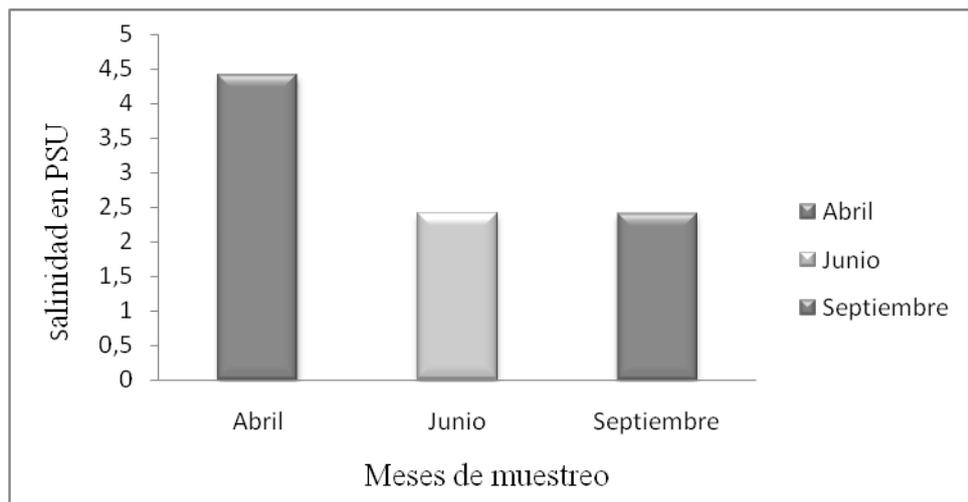


Figura 23. Salinidad obtenida del subcuadro A.

En el subcuadro de muestreo B la salinidad se tomó en los meses de junio, septiembre del año 2008 y marzo del año 2009 (muestra de sedimento), (Fig. 24, cuadro 4). El valor de salinidad más alto se presentó en el mes de Junio del año 2008 con 2.7PSU (Fig. 24).

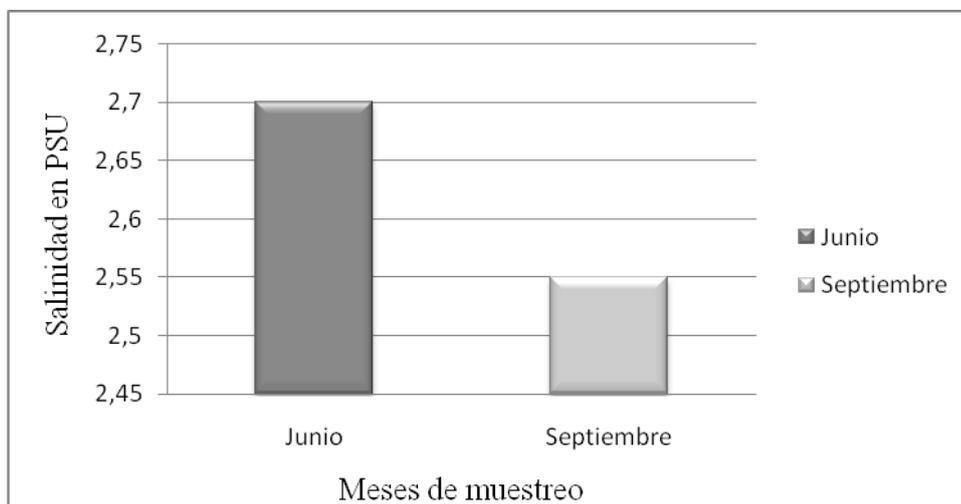


Figura 24. Salinidad obtenida del subcuadro B.

En el subcuadro de muestreo C la salinidad se tomó en los meses de junio y septiembre del año 2008 y marzo del año 2009 (muestra de sedimento), (Fig. 25, cuadro 4). El valor de salinidad más alto se presentó en el mes de septiembre del año 2008 con 3.5PSU (Fig. 25, cuadro 4).

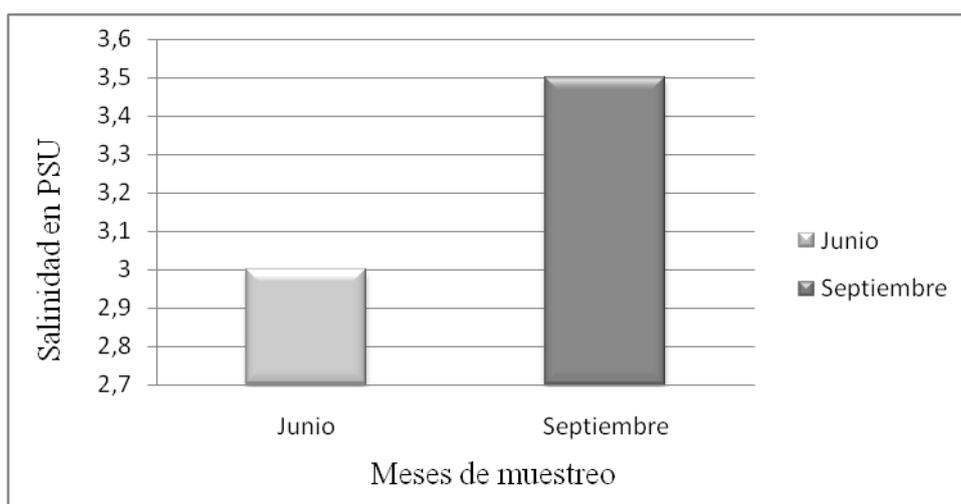


Figura 25. Salinidad obtenida del subcuadro C.

5.8 Crecimiento promedio en época de secas y lluvias

El crecimiento promedio por especie en época de secas fue para *Avicennia germinans* de 8.7 ± 1.26 cm y en *Laguncularia racemosa* fue de 8.2 ± 1.87 cm, (Fig. 26). El ANDEVA no muestra diferencias significativas ($F_{1,20} = .04$ $p = .84$).

El crecimiento en época de lluvias para *Avicennia germinans* fue de 6 ± 0.73 cm, (Fig. 26) en *Laguncularia racemosa* fue de 8.1 ± 1.42 cm, (Fig. 26). El ANDEVA no muestra diferencias significativas ($F_{1,96} = 1.87$, $p = .17$).

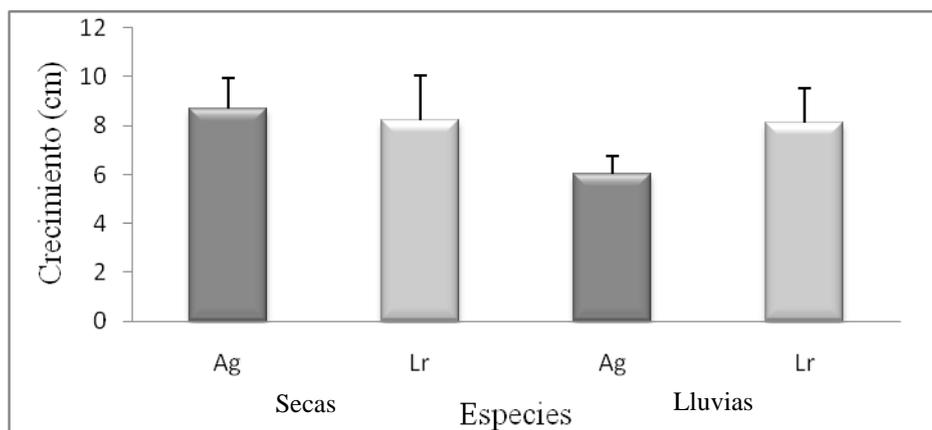


Figura 26. Crecimiento promedio en épocas de secas y lluvias.

5.9 Crecimiento anual

El crecimiento anual estimado para cada una de las especies es de 6.97 ± 0.81 cm/año para *Avicennia germinans* y de 8.56 ± 0.96 cm/año para *Laguncularia racemosa* (Fig. 27). En el ANDEVA se muestran diferencias significativas entre *Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa* ($F_{1,194} = 6.2$ $p = .01$) (Fig. 27).

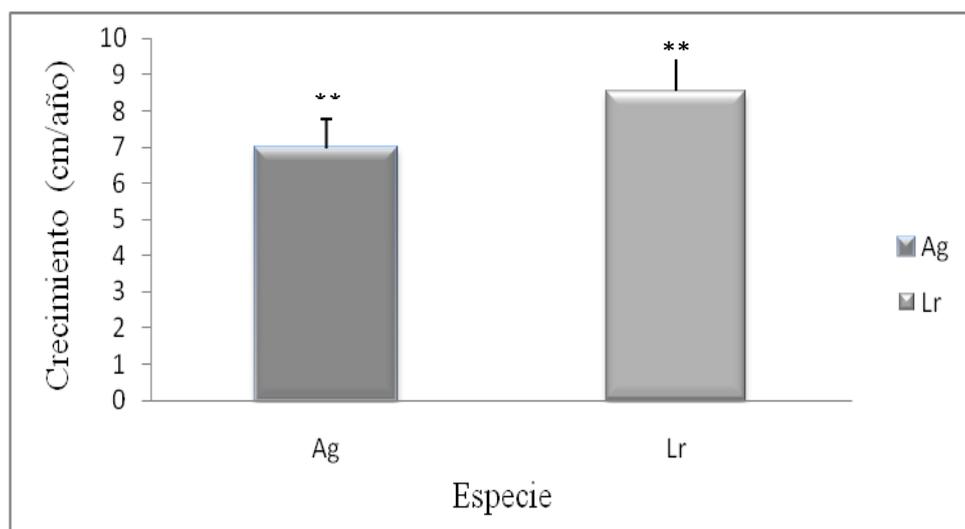


Fig. 27. Crecimiento anual de *Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa*. ** Diferencias significativas en el crecimiento anual de *Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa*.

Cuadro 3. Medidas de luz (en $\mu\text{M seg-1m}^{-2}$) en la orilla de la laguna y los subcuadros A, B y C.

Meses de muestreo/Lugares de Muestreo	abril 2008	junio 2008	marzo 2009
orilla de la laguna	199.2	674.8	270.1
subcuadro (A) a una altura de 1.70	197.7	168.48	193.2
subcuadro (A) al ras del suelo	135.53	124.16	136.8
subcuadro (B) a una altura de 1.70		810.6	219
subcuadro (B) al ras del suelo		230.2	140.33
subcuadro (C) a una altura de 1.70		265.5	200
subcuadro (C) al ras del suelo		165.06	120.5

Cuadro 4. Medidas de salinidad (PSU) en la orilla de la laguna y los subcuadros A, B y C.

Meses de muestreo/Lugares de Muestreo	abril 2008	junio 2008	septiembre 2008	marzo 2009
orilla de la laguna	10.57	9.57	2.19	2
subcuadro (A)	4.4	2.4	2.5	1
subcuadro (B)		2.7	2.55	3.2
subcuadro (C)		3	3.5	3

5.10 Producción de nodos por especie

Los nodos producidos aplicando una media móvil estacional con un filtro del 30%. En *Avicennia germinans* fue una producción de 2 nodos a 9 nodos, aunque en la figura 28 se observa que los nodos tienen una producción promedio de 3 ± 0.35 nodos/año⁻¹ (Fig. 28). Para *Laguncularia racemosa* se observó una producción de 1 nodo a 8 nodos, aunque en la figura 29 se observa que los nodos tienen una producción promedio de 5 ± 0.35 nodos/año⁻¹ (Fig. 29).

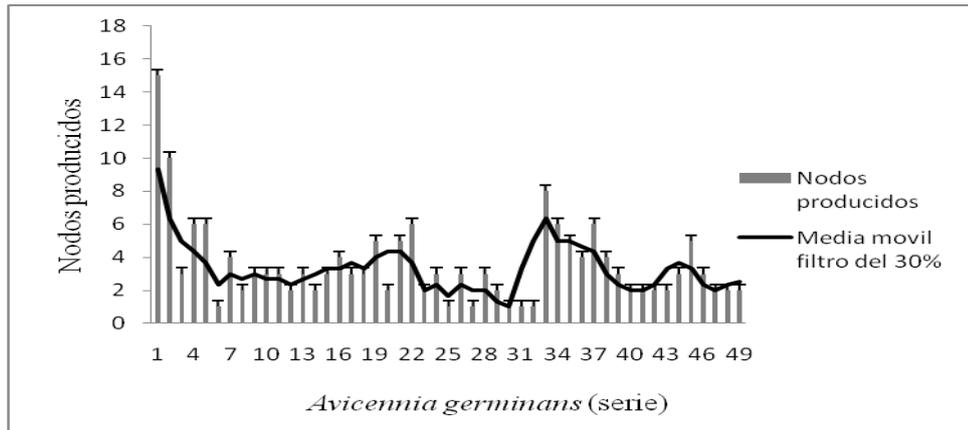


Figura 28. Nodos producidos de *Avicennia germinans* con una media móvil estacional (filtro del 30%).

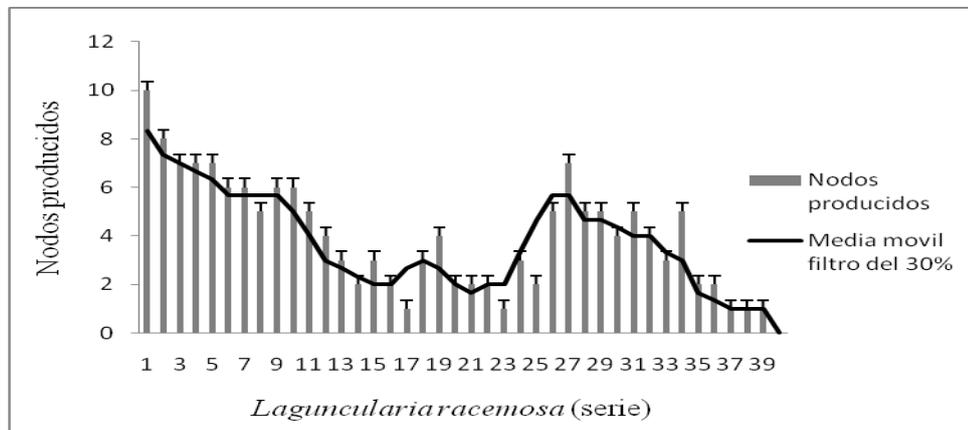


Figura 29. Nodos producidos de *Laguncularia racemosa* con una media móvil estacional (filtro del 30%).

5.11 Crecimiento internodal en época de secas y lluvias

El crecimiento internodal de *Avicennia germinans* en época de secas fue de 1 cm a 8 ± 0.14 cm, (Fig. 30). Para *Laguncularia racemosa* el crecimiento internodal fue de 1 cm a 6.8 ± 0.38 cm (Fig. 31).

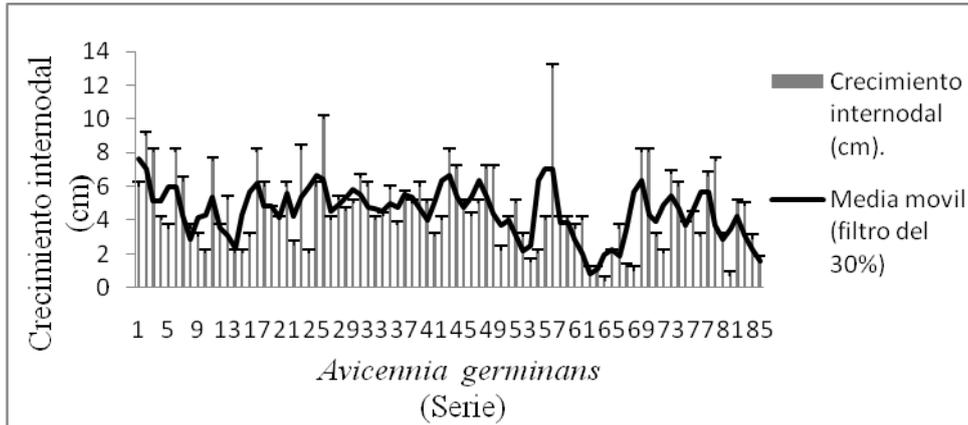


Figura 30 .Crecimiento internodal de *Avicennia germinans* en época de secas, con una media móvil estacional (filtro del 30%).

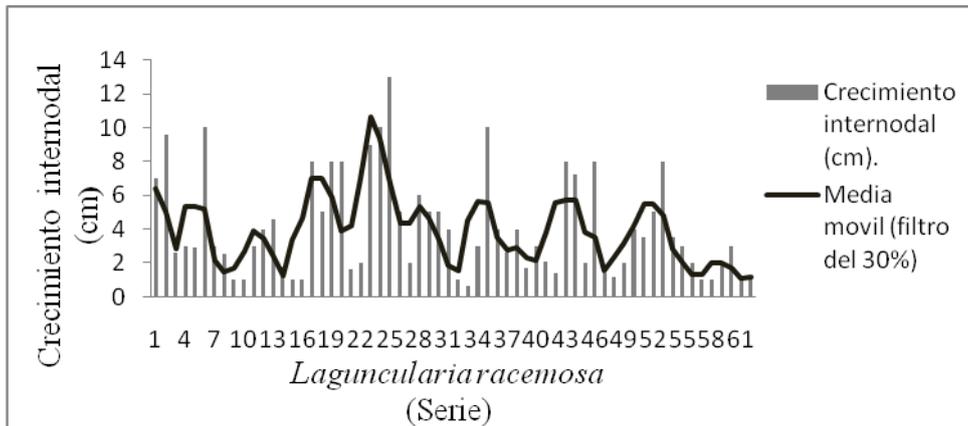


Figura 31 .Crecimiento internodal de *Laguncularia racemosa* en época de secas, con una media móvil estacional (filtro del 30%).

En época de lluvias el crecimiento internodal observado en *Avicennia germinans* fue un 1 cm a 9.7 ± 0.14 cm, (Fig. 32). Para *Laguncularia racemosa* el crecimiento fue de 1cm a 7 ± 0.15 cm (Fig. 33).

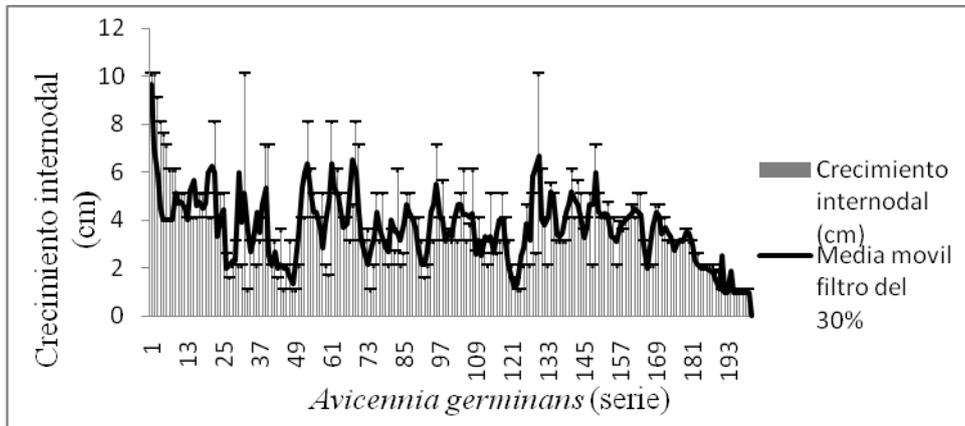


Figura 32 .Crecimiento internodal de *Avicennia germinans* en época de lluvias con una media móvil estacional (filtro del 30%).

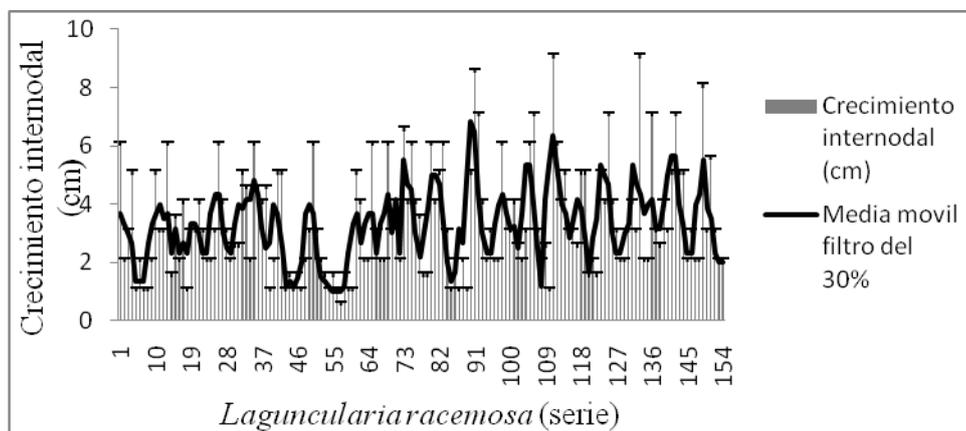


Figura 33 .Crecimiento internodal de *Laguncularia racemosa*, en época de lluvias con una media móvil estacional (filtro del 30%).

5.12 Intervalo plastocrono (PI)

El intervalo plastocrono (PI), se calculo después de observar la producción de nodos en cada una de las especies en dos tiempos 78 días y 261 días.

Durante 78 días se obtuvo un PI de 58.94 días/nodo⁻¹ para *Avicennia germinans* y para *Laguncularia racemosa* se obtuvo un PI de 30.47 días/nodo⁻¹, (Cuadro 5).

La estimación a los 261 días fue para *Avicennia germinans* de 71.35 días/nodo⁻¹ y para *Laguncularia racemosa* de 60.05 días/nodo⁻¹, (Cuadro 5).

Cuadro 5. Valores de Intervalo plastocrono estimado durante el periodo de estudio.

Especie.	Días transcurridos.	Intervalo plastocrono (PI) en días/nodo ⁻¹
<i>Avicennia germinans</i>	78	58.94
<i>Laguncularia racemosa</i>	78	30.47
<i>Avicennia germinans</i>	261	71.35
<i>Laguncularia racemosa</i>	261	60.05

5.13 Producción de hojas por especie

La producción de hojas en un tiempo de 264 días fue para *Avicennia germinans* de 2 a 30 ± 0.71 hojas, (Fig. 34). Para *Laguncularia racemosa* fue de 2 a 20 ± 0.36 hojas, (Fig. 35).

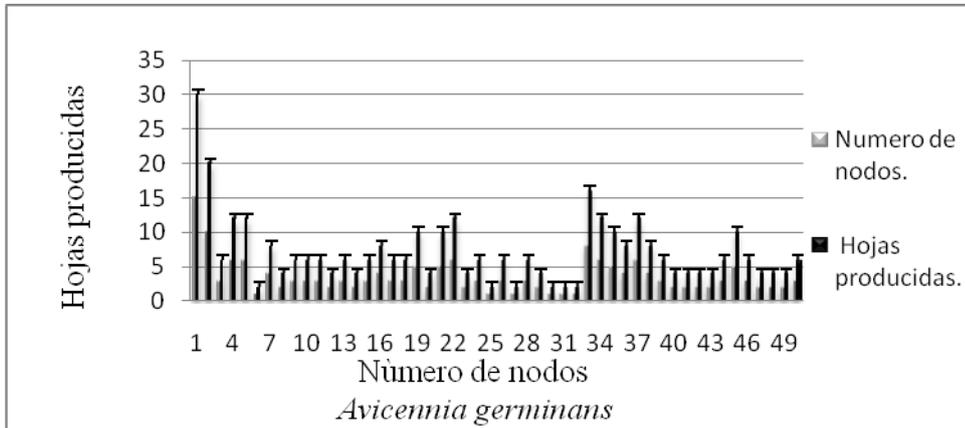


Figura 34. Hojas y nodos producidos en *Avicennia germinans*.

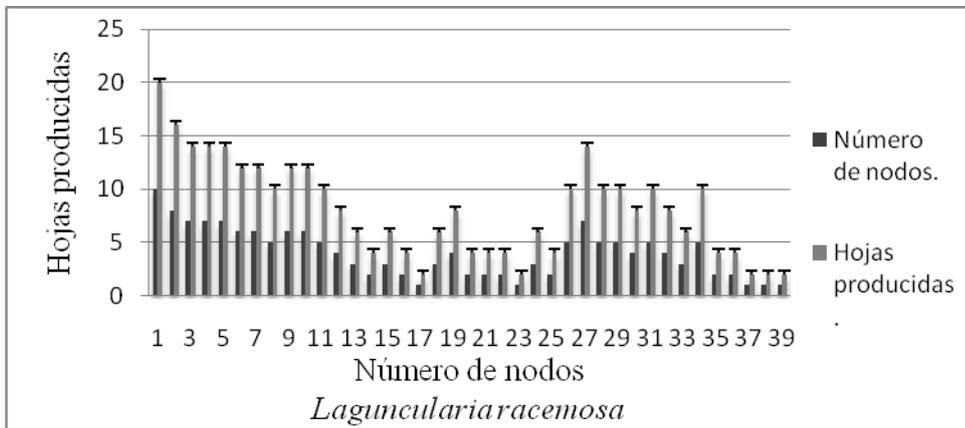


Figura 35. Hojas y nodos producidos en *Laguncularia racemosa*.

5.14 Análisis de Crecimiento de las plántulas con respecto a la luz y a la salinidad.

Los resultados obtenidos en el análisis de regresión para la relación entre la cantidad de luz que reciben las plántulas y el crecimiento de *Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa* no mostró una relación significativa. Sin embargo el resultado obtenido para la salinidad y el crecimiento de *Avicennia germinans* si fue significativo ($p < 0.003$), (Fig. 36). En el caso de *Laguncularia racemosa* también se obtuvo una relación significativa ($p < 0.001$) (Fig. 37) que nos indica que a mayor salinidad el crecimiento disminuye en ambas especies.

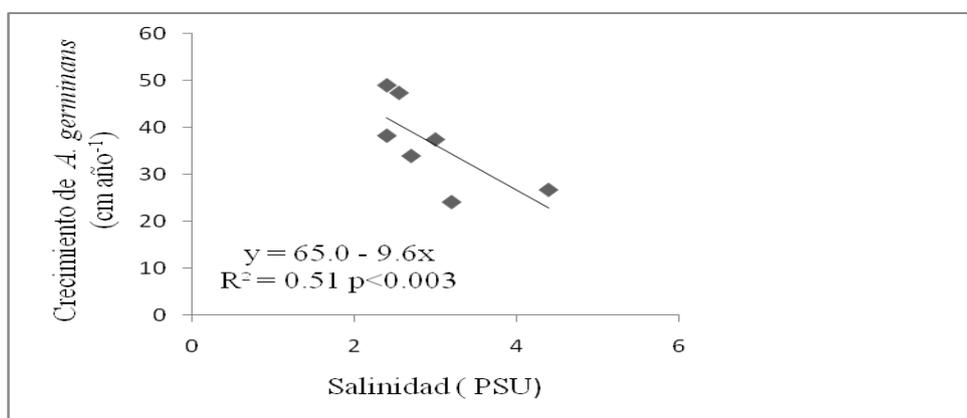


Fig. 36. Relación entre el crecimiento de *Avicennia germinans* (cm) y salinidad (PSU)

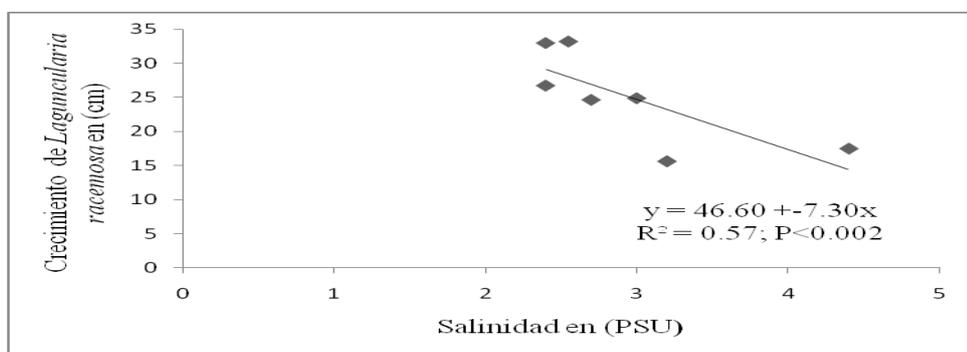


Fig. 37. Relación entre el crecimiento de *Laguncularia racemosa* (cm) y salinidad (PSU)

CAPITULO VI

DISCUSION

Estructura del Manglar

La especie dominante en la comunidad de manglar de Arbolillo, Veracruz fue *Avicennia germinans* con 63.72%, valor cercano al obtenido por Vázquez-Lule (2008) con 60.7 % y mayor que el reportado por Rodríguez-Zúñiga (2002) de 43.19%. Ambos estudios realizados en el sistema lagunar de Alvarado ubicándose en diferentes zonas

Asimismo los valores de área basal e importancia de *Avicennia germinans* fueron menores que los reportados por Rodríguez-Zúñiga en (2002) y Vázquez-Lule (2008), al igual que Bojorquez - Leyva (2002) en Vena de Caimán estero las Urias Sinaloa y en Basáñez *et al* (2006) para Cerro de Tumilco Veracruz (Cuadro 6).

Laguncularia racemosa fue la segunda especie dominante en donde el valor de importancia y el área basal fueron menores a los reportados por Vázquez – Lule (2008), quien también reporta a *L. racemosa* como la segunda especie dominante en su zona de estudio (Cuadro 6).

En el caso de *Rhizophora mangle* también el resultado en el valor de importancia y el área basal (m^2/ha) son menores a los reportados por Ramírez-Ahumada (1995) en el Estero la Angostura laguna oriental Oaxaca, Segura – Zamorano (1997) en la Laguna Panzacola Chiapas, Carrillo-Bastos *et al* (2008) en Puerto Morelos, Quintana Roo. (Cuadro 6).

Estos valores son diferentes probablemente debido a que se trabajaron distintas zonas del Sistema Lagunar de Alvarado y otras partes del país en donde no se utilizaron los mismos métodos para cuantificar la estructura.

En la estructura del manglar van a influir la topografía de la zona, el tipo de bosque, el daño a la zona de manglar por factores antrópicos, los cambios ambientales (tormentas, huracanes), cambios geomorfológicos y salinidad del suelo (Thom, 1967; Vázquez – Torres, 1998; Basáñez *et al* 2006). Otros autores como Arreola – Lizárraga *et al* (2004) menciona que los altos niveles de evaporación y la escases de agua dulce en la época de verano, son factores que influyen en los cambios estructurales del bosque. De igual manera el crecimiento y establecimiento de plántulas contribuye a los cambios estructurales (Sousa *et al* 2007).

Con respecto a las plántulas, Guzmán y Menéndez (2006) mencionan que en Cuba, después del paso del huracán Michelle en 2001, hubo una gran pérdida de árboles adultos de *Rhizophora mangle* y *Avicennia germinans* en la zona de Matanzas y Villa Clara. Asimismo *Rhizophora mangle* perdió gran parte de su follaje y se presentó un

gran número de árboles muertos; las plántulas presentes en el sotobosque ayudaron a la recuperación de la estructura del bosque, la entrada de mayor luz hizo que las plántulas tuvieran un rápido crecimiento. En el caso de *A. germinans* la estrategia de recuperación implicó no solamente un aumento notable de la regeneración natural, lo que generó una gran densidad de plántulas de diferentes tamaños, sino que también se observaron retoños en los troncos y el nacimiento de nuevas hojas. Pegadas. *Avicennia germinans* presenta por tanto dos estrategias de recuperación:

1. Regeneración natural con una mayor densidad de plántulas estimuladas por mayor entrada de luz y
2. Mediante el retoño de nuevos vástagos y la recuperación del follaje.

Cuadro 6. Valores estructurales de diferentes zonas de manglar en México.

Especie	Valor de importancia (%)	Área basal (m ² / ha).	Zona	Autor/año
<i>Rhizophora mangle</i>	84.41	82.99	Estero la Angostura laguna oriental Oaxaca.	Ramírez-Ahumada, 1995.
<i>Rhizophora mangle</i>	80	23.950	Laguna Panzacola Chiapas.	Segura – Zamorano, 1997.
<i>Avicennia germinans</i>	50.58	1.221.5	Celestum Yucatán	Rodríguez-Zúñiga, 2000.
<i>Avicennia germinans</i>	40	14.94	Vena de caimán estero las Urias, Sinaloa México	Bojorquez – Leyva, 2002.
<i>Avicennia germinans</i>	43.19	30.42	Sistema Lagunar de Alvarado	Rodríguez – Zúñiga, 2002
<i>Avicennia germinans</i>	116.9	20,000	Ejido Cerro de Tumulco, Veracruz.	Basáñez <i>et al</i> , 2006
<i>Avicennia germinans</i>	60.70	18.31	Sistema Lagunar de Alvarado	Vázquez – Lule, 2008
<i>Laguncularia racemosa</i>	20.54	1.35	Sistema Lagunar de Alvarado	Vázquez – Lule, 2008
<i>Rhizophora mangle</i>	238.9	30.63	Puerto Morelos, Quintana Roo.	Carrillo-Bastos <i>et al</i> , 2008
<i>Avicennia germinans</i>	21.67	0.318	Sistema Lagunar de Alvarado, Arbolillo	Presente estudio, 2009

En las tres especies de manglar observadas en la zona de estudio, se observaron alturas en un rango de 3 a 10 metros. Estos valores se encuentran dentro de los reportados por Rodríguez – Zúñiga (2002), quien reporta un promedio en las tres especies de 7 m y menores que los de Vázquez – Lule (2008) con individuos de hasta 11 m de altura en *Avicennia germinans* y 8 m de altura en el caso de *Laguncularia racemosa*.

La altura de los árboles varía dependiendo del tipo de bosque y las condiciones que se den en cada zona de estudio, como son cambios en las condiciones de salinidad, luz, cantidad de nutrientes y regeneración de zonas perturbadas.

Aunque el 63% de los árboles de las tres especies presentaron diámetros en un rango de 3 a 10 cm., Vázquez – Lule, 2008 reporta para el Sistema Lagunar de Alvarado individuos de *Avicennia germinans* con diámetros mayores a 22cm y diámetros menores a 10 cm en *Laguncularia racemosa*.

El diámetro de los árboles puede variar dependiendo de la madurez que presente el árbol ya que generalmente a medida que un árbol crece, gana más biomasa que puede observarse en el engrosamiento del diámetro. Asimismo factores ambientales como son huracanes y tormentas puedan afectar la estructura del bosque y el engrosamiento de los árboles. Frecuentemente estos factores ambientales forman claros en los bosques, que son aprovechados por los arboles vecinos para obtener un mayor crecimiento, que se genera por la Falta de competencia por nutrimentos y espacio con otros individuos de la misma especie o con otras especies (Barboza *et al.* 2006; Tovilla y Orihuela, 2004; Carrillo - Bastos *et al.*, 2008).

Características estructurales de las plántulas

Las plántulas más abundante fueron de *Avicennia germinans* en los meses de abril y junio, y la especie menos abundante fue *Rhizophora mangle*. La abundancia de plántulas puede depender de la capacidad de sobrevivencia y las características reproductivas que presentan cada una de ellas. *A. germinans* es una especie que presenta periodos reproductivos estacionales, tiene una producción de semillas alta y es una especie que puede arraigarse fácilmente en cualquier sitio (Tomlinson, 1986). *R. mangle* tiene periodos de floración y reproducción en todo el año; sin embargo el número de hipocotilos que sobrevive es bajo pese a que presentan una reserva de material nutritivo, pero su gran flotabilidad hace que tenga una mayor dispersión fuera de las zonas de origen (Rabinowitz, 1978a). El número bajo de plántulas de *R. mangle* en la zona de estudio se puede deber a que existe una alta tasa de mortalidad en la etapa de propágulos o que es una especie que tiene una gran migración hacia otros lados del Sistema Lagunar de Alvarado.

Rodríguez – Zúñiga 2002, reporta para otra zona del Sistema Lagunar de Alvarado una abundancia de 1016 plántulas por hectárea de *Rhizophora mangle* y pese a ser abundantes en la etapa juvenil no es la especie que domine en las etapas más tardías debido a los cambios a los que se va enfrentando a lo largo de su desarrollo.

Otro estudio donde se observa el reclutamiento de plántulas en condiciones naturales fue en el realizado por Ramírez - Ahumada en 1995, en el estero La Angostura, Laguna Oriental Oaxaca. Observo que el mayor reclutamiento de plántulas corresponde a *Rhizophora mangle* y reporta que el mayor porcentaje de reclutamiento lo obtuvo en el mes de marzo con 46.99% y un valor mínimo de reclutamiento de 6.55 en el mes de junio, y asimismo menciona que la zona de manglar presentaba la mayor inundación y los hipocotilos al llegar al sedimento no penetraban en el sino que quedaban flotando en el agua, obteniéndose una tasa de mortalidad media anual de 0.78, a diferencia de los meses donde el sedimento se encontraba húmedo.

Tovilla, 1998 en su estudio realizado en la zona costera de Barra de Tecoaapa Guerrero, reporta que en sitios donde se observo el derribo de árboles existe una mayor entrada de luz y señala que encontró un gran número de plántulas, siendo mas dominante *Laguncularia racemosa* con 230 plántulas.

La abundancia de plántulas por lo tanto va a depender de las características de su desarrollo, así como de los factores ambientales que se presenten en los bosques de manglar, como son periodos de lluvias, secas, tormentas, huracanes, los cambios en las mareas, así como la modificación de la estructura del bosque con el derribo de árboles y los factores antrópicos van a contribuir a la perdida o abundancia de plántulas en los bosques de manglar (Thi ha *et al*, 2003; Tovilla, 1998).

Avicennia germinans presenta el mayor número de plántulas en la categoría de 20.1 a 25 cm con 38 individuos y de 15.1 a 20 cm con 55 individuos. Para *Laguncularia racemosa* se observa el mayor número de plántulas en la categoría de 16.1 a 20 cm con 16 individuos y de 12.1 a 16 cm con 10 individuos. Para ambas especies las densidades disminuyen en clases altimétricas más altas. Se etiquetaron un mayor número de la especie *Avicennia germinans* la cual fue más abundante en los cuadros de hecho se observo que esta especie crecía más cerca de los árboles adultos formando manchones, sin embargo no fue la especie que obtuvo el mayor porcentaje de sobrevivencia. Se podría suponer que las plántulas no tuvieron el suficiente espacio para desarrollarse pese a las características que presenta para su sobrevivencia, la mayor pérdida se reporto en el mes de septiembre donde se observo la zona muy inundada con condiciones de baja salinidad.

Sobrevivencia de las plántulas

El mayor porcentaje de sobrevivencia fue para *Laguncularia racemosa* con un 50%, seguida de *Avicennia germinans* con 32% y *Rhizophora mangle* con 1%. La sobrevivencia de las plántulas se relaciona con los cambios que hubo en el bosque de manglar como lo fue la salinidad y la entrada de luz (Duke y Pinzón, 1992; Tovilla, 1998; Ye Y *et al*, 2005). De acuerdo a lo mencionado por Sousa *et al* 2007 el tamaño y peso de las plántulas afecta su establecimiento, así como la explosión a inundaciones prolongadas ocasiona que las plántulas sufran diferentes daños a nivel fisiológico, lo cual limita su sobrevivencia (Ye Y *et al*, 2004).

Ramírez – Ochoa (2005) reportan para *Avicennia germinans* que a salinidades de 35 PSU obtiene el 60.57% de sobrevivencia y a salinidades de 65 PSU reporta el 30.42%. Los porcentajes de sobrevivencia van a estar relacionados al tipo de bosque que se presente, factores ambientales y daños antrópicos.

Febles *et al*, 2007 estudio el efecto de los factores abióticos en el desarrollo de raíces primarias, crecimiento y supervivencia de *Rhizophora mangle*, observaron que los propágulos puestos en condiciones de sombra y agua dulce, marina e hipersalina presentaron un 100% de sobrevivencia, pero también presentaron un déficit en el desarrollo de sus raíces: los propágulos puestos en condiciones de insolación y mismas características del agua presentaron un 53.33% de sobrevivencia, en luz y agua dulce, 40% de sobrevivencia en luz y agua marina y 0% de sobrevivencia en luz y agua hipersalina. El mejor desarrollo de raíces se presentó en la condición luz agua dulce y luz agua marina. En condiciones hipersalinas los propágulos no mostraron crecimiento de sus raíces y se vio afectado su peso.

Por lo tanto la sobrevivencia va a depender de las condiciones ambientales, luz y salinidad que se presente en los bosques de manglar, de las características fisiológicas de cada una de las especies para resistir a estos cambios, el tamaño y peso de los propágulos.

La mortalidad de las plántulas fue mayor en el mes de septiembre. En este mes el bosque de manglar se encontró totalmente inundado cubriendo completamente las plántulas, la especie que presentó el mayor porcentaje de mortalidad fue *Rhizophora mangle* con un 90%, seguida de *Avicennia germinans* con un 66% y *Laguncularia racemosa* con 50%. En este mes la salinidad promedio del agua fue menor que en los meses de abril y junio (2.68 PSU).

Estos porcentajes de mortalidad son mayores a los reportados por Reyes de la Cruz *et al*, 2002 en la laguna de Mecoaacán Tabasco, para *Laguncularia racemosa* 24% y *Rhizophora mangle* 27%. De igual manera reportan que la mayor mortalidad ocurrió en la época de inundación. Estos datos son mayores a los reportados por Reyes – Chargoy y Tovilla (2002), para *Rhizophora mangle* en la laguna de Cabildo en Chiapas con 73.14% de mortalidad; estos autores mencionan que los factores ambientales como la temperatura, insolación y evaporación contribuyen a elevar la salinidad y disminuir la posibilidad de retener agua y elevar la mortalidad de plántulas.

De acuerdo a lo mencionado por Elster *et al*, 1999 los porcentajes de mortalidad en las plántulas concuerdan con fluctuaciones extremas de salinidad e inundación, por lo tanto las variaciones anuales en los niveles de precipitación y salinidad pueden acelerar el proceso de degradación del manglar.

Crecimiento de plántulas en época de secas y lluvias

El crecimiento en época de secas para *Avicennia germinan* fue de 8.7cm y 6 cm en época de lluvias, mientras que para *Laguncularia racemosa* fue de 8.2cm, en secas y 8.1 cm en lluvias. Estos resultados son menores a las reportadas por Tovilla y Orihuela (2002), en las misma épocas, para *Rhizophora mangle* en barra de Tecoaapa, Guerrero, quienes reportan para la época de lluvias un crecimiento de 30.6 cm y en época de secas de 23.4 cm. La diferencia en las tasas de crecimiento se podría relacionar a las diferencias propias de las zonas de estudio, que implican diferentes condiciones ambientales, así como la especie estudiada la cual tienen características especiales para su sobrevivencia. El tipo de bosque influye en el crecimiento y establecimiento de las plántulas (Sousa *et al*, 2007), en el Sistema Lagunar de Alvarado se clasifica como tipo cuenca, el cual se observo inundado en la época de lluvias, con hasta 1 m de profundidad.

La mayor talla de las plántulas se observo en el mes de junio lo cual probablemente se relaciona con la poca salinidad en promedio de los cuadros A, B y C de 2.7 PSU y una mayor cantidad de luz en promedio ($479.09 \mu\text{M seg}^{-1}\text{m}^{-2}$), en este mes daba inicio a las lluvias por lo que empezaron a cambiar las condiciones secas del suelo del manglar.

Tovilla y Orihuela (2002) mencionan que en la época de lluvias el embrión dispone de mayor reserva nutritiva, lo cual le permite flotar durante más tiempo, con la posibilidad de poder colonizar nuevas áreas. Contrariamente en la época de secas, donde crecen los propágulos con un menor tamaño pero con la posibilidad de establecerse más rápido, debido a que la columna de agua es menor y forman la cohorte de plántulas más importantes del año, este fenómeno fue observado en el fondo del bosque de manglar. En la zona de Arbolillo el subcuadro A, que se estableció más hacia el fondo del bosque se observo que las plántulas presentaron un mayor tamaño e inclusive con formación de pequeñas ramas.

Ramírez - Ochoa (2005) menciona que en época de sequia los valores de salinidad son más altos y pueden inhibir el crecimiento de los individuos, la salinidad varia dependiendo del tipo de bosque. En su estudio el bosque de manglar presentaba características semiáridas y niveles de precipitación bajos, a diferencia de la zona del Sistema Lagunar de Alvarado en donde existen precipitaciones anuales que van de 600 a 3000 mm al año (Portillo - Ochoa, 2003) y las medidas de salinidad en el periodo de

estudio oscilaron en valores mínimos de 2 PSU y máximos de 10PSU en la orilla de la laguna.

El crecimiento de las plántulas depende de factores ambientales, como la marea, luz, salinidad, cantidad de nutrientes, además de que el tamaño de los propágulos es importante para que las especies tengan una mayor posibilidad de establecerse en un sedimento fijo (Sousa *et al*, 2007).

Crecimiento de plántulas

La tasa de crecimiento en *Avicennia germinans* fue 6.97 cm/año y para *Laguncularia racemosa* de 8.56 cm/año. La mayor tasa de crecimiento la obtuvo *Laguncularia racemosa*, la cual es una especie que se establece en los suelos menos inundados junto con *Avicennia germinans* (Rabinowitz, 1978 a).

Laguncularia racemosa cuenta con ciertas características fisiológicas para su establecimiento y entre las más importantes es que presenta una producción estacional alta de semillas y se puede arraigar rápidamente, además cuenta con glándulas sobre la superficie de las hojas para excretar el exceso de sal (Tomlinson, 1986).

La mayor talla de las especies se reportó en el mes de junio 08 esto se relaciona con la poca salinidad y una mayor entrada de luz (cuadro 7).

La mayor pérdida de plántulas en *Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa* se registró en el mes de septiembre 08 donde el bosque de manglar presentó la mayor inundación.

En el cuadro 7 se presentan tasas de crecimiento anual reportado para diferentes especies de manglar, en diferentes países. Comparando los valores obtenidos con los del cuadro 5 son menores a los reportados por Duke y Pinzón, 1992 para *Rhizophora mangle* en Panamá, *Avicennia alba* en Asia (Duarte *et al*, 1999) y para *Kandelia candel* en Vietnam (Thi ha *et al*, 2003) y menores a las tasas reportadas para *Rhizophora mangle* en México (Estero la Angostura, Laguna Oriental Oaxaca) (Ramírez –Ahumada, 1995), *Rhizophora apiculata* en Asia (Duarte *et al*, 1999) y para *Rhizophora mangle* (sitios sombreados) en Panamá.

Las tasas de crecimiento son diferentes debido a las condiciones ambientales que se presentan como son luz, salinidad, inundación, cantidad de nutrientes, competencia por espacio y las características fisiológicas de cada una de las especies (Rabinowitz, 1978 b, Duke *et al* 1998; Elster *et al*, 1999; Thi ha *et al*, 2003).

Cuadro 7 Valores de tasas de crecimiento anual de plántulas de mangle en diferentes países.

Especie.	Crecimiento (cm/año).	Lugar.	Autor/Año.
<i>Rhizophora mangle</i> (Sitios sombreados).	5.66	Panamá	Duke y Pinzón, 1992
<i>Rhizophora mangle</i> (Sitios soleados)	16.5	Panamá	Duke y Pinzón, 1992
<i>Rhizophora mangle</i>	5.81	México	Ramírez –Ahumada, 1995
<i>Avicennia alba</i>	14.2	Asia	Duarte <i>et al</i> , 1999
<i>Sonneratia caseolaris</i>	8.6	Asia	Duarte <i>et al</i> , 1999
<i>Rhizophora apiculata</i>	3.21	Asia	Duarte <i>et al</i> , 1999
<i>Avicennia germinans</i>	3.8	Colombia	Elster <i>et al</i> , 1999
<i>Kandelia candel</i>	13.3	Viet Nam	Thi ha <i>et al</i> , 2003
<i>Avicennia germinans</i>	6.97	México	Presente estudio, 2009
<i>Laguncularia racemosa</i>	8.56	México	Presente estudio, 2009

Producción anual promedio de nodos

En la producción anual promedio de nodos se observó que *Laguncularia racemosa* obtuvo el valor más alto con 5 nodos/año⁻¹ y *Avicennia germinans* presentó una producción promedio de 3 nodos/año⁻¹.

La mayor producción de nodos se reportó en el mes de Junio 08, donde las plántulas presentaron la mayor talla y se registró una menor salinidad (cuadro 8).

La producción de nodos se relaciona con la tasa de crecimiento anual la cual fue mayor en *Laguncularia racemosa* y a las características reproductivas que presenta la plántula para su establecimiento, así como su fisiología especial como son la presencia de glándulas sobre la superficie de las hojas que le permiten excretar el exceso de sal (Tomlinson, 1986).

En el cuadro 6 se presentan datos de tasas de producción anual de nodos para diferentes especies en diferentes países. Comparando la producción de nodos obtenida para la comunidad de manglar de Arbolillo Veracruz, se observa que es menor a la reportada para *Rhizophora mangle* en Panamá (Duke y Pinzón, 1992), *Kandelia candel* en Vietnam (Thi ha. *et al*, 2003) y para *Sonneratia caseolaris*, *Avicennia alba* y *Rhizophora apiculata* en el SE de Tailandia (Duarte *et al*, 1999) y mayor a la reportada para *Rhizophora mangle* en Panamá (sitios sombreados), (Duke y Pinzón, 1992).

La producción de nodos en las diferentes especies depende de las condiciones donde se desarrollen las plántulas y la cantidad de luz entrando al bosque. Así Duke y Pinzón, 1992 en Panamá, compara sitios sombreados con sitios soleados y reportan una mayor producción de nodos en los sitios donde se tiene una mayor entrada de la luz.

Cuadro 8 Producción anual de nodos en diferentes Países.

Espece.	Nodos producidos. (nodos/año ⁻¹)	Lugar.	Autor/Año
<i>Rhizophora mangle</i> (Sitios sombreados).	3.8	Panamá	Duke y Pinzon.1992
<i>Rhizophora mangle</i> (Sitios soleados).	7	Panamá	Duke y Pinzon.1992
<i>Kandelia candel</i>	8.4	Viet Nam	Thi ha H. <i>et al</i> ,2003
<i>Kandelia candel</i>	6.6	Viet Nam	Thi ha H. <i>et al</i> ,2003
<i>Avicennia alba</i>	17.6	SE Tailandia	Duarte <i>et al</i> , 1999.
<i>Sonneratia caseolaris</i>	28.8	SE Tailandia	Duarte <i>et al</i> , 1999.
<i>Rhizophora apiculata</i>	8.03	SE Tailandia	Duarte <i>et al</i> , 1999.
<i>Avicennia germinans</i>	3	México	Presente estudio, 2009
<i>Laguncularia racemosa</i>	5	México	Presente estudio, 2009

Distancia internodal

Avicennia germinans es la especie que tuvo el mayor crecimiento en época de secas y lluvias, aunque su producción de nodos no fue mayor a la reportada para *Laguncularia racemosa*, así como su tasa de crecimiento anual. El crecimiento internodal varía dependiendo de los factores ambientales que se presentaron a lo largo del periodo de estudio. Duke y Pinzón, 1992 en Panamá reporta una tasa de crecimiento internodal total de 0.5 cm para plántulas de *Rhizophora mangle* en donde observa un mayor crecimiento internodal en los sitios soleados y una disminución en los sitios sombreados. La distancia internodal reportada en el presente estudio es mayor a la distancia internodal reportada por Duke y Pinzón, 1992 en Panamá

Duarte *et al*, 1999 en SE Tailandia reporta el crecimiento internodal en tres especies de manglar, en *Avicennia alba* de 0.39 cm día⁻¹, *Sonneratia caseolaris* de 0.24 cm día⁻¹ y *Rhizophora apiculata* de 0.091 cm día⁻¹.

La distancia internodal reportada en este estudio es diferente también a la reportada por Duarte *et al*, 1999 en SE Tailandia debido a que las unidades de tiempo no son similares.

En la distancia internodal van a intervenir diferentes factores como son luz, salinidad, herbivoría, mareas y competencia por espacio, así como la capacidad que presenta cada una de las especies para lograr su establecimiento (Rabinowitz, 1978 b, Thi ha *et al*, 2003).

Las especies estudiadas como se ha mencionado pueden crecer en condiciones donde el agua sea salobre, ya que cuentan con glándulas sobre la superficie de sus hojas las cuales les ayudan a excretar el exceso de sal, aparte de contar con un sistema de pneumatóforos que permite el intercambio de gases como en el caso de *Avicennia germinans*. *Laguncularia racemosa* pese a contar con un sistema de raíces poco profundas y pneumatóforos poco desarrollados es una especie que puede arraigarse fácilmente al sustrato (Cintron y Schaffer-Novelli, 1983, Tomlinson, 1986). Por estas características ambas especies presentaron un buen establecimiento en la zona de estudio.

Cálculo del intervalo plastocrono (PI)

El intervalo plastocrono se estimó dos veces en 98 días y 261 días (cuadro 9), el objetivo de calcular el intervalo plastocrono fue para estimar el tiempo en el cual aparece un nuevo nodo, en los manglares de la zona de Arbolillo Veracruz fue muy corto el periodo de estudio, por lo cual la estimación es importante como antecedente pero faltarían más días de muestreo para observar bien los cambios de las plántulas en las diferentes épocas del año.

El cálculo del PI va a depender de los días de muestreo y de las alteraciones medio ambientales las cuales afectan o benefician el crecimiento de las plántulas, según lo reportado por Duke y Pinzón, 1992; Duarte *et al*, 1999, el PI en estos estudios se realizó de una manera retrospectiva a lo largo del tiempo en sus estudios ellos incluyeron intervalos de tiempo más amplios en donde es posible analizar más exactamente el crecimiento y comportamiento de una plántula ante los factores ambientales y así poder relacionarla de una manera retrospectiva a un grupo de plántulas de más edad.

Cuadro 9 valores de Intervalo plastocrono estimado durante el periodo de estudio.

Especie.	Días transcurridos.	Intervalo plastocrono (PI) en días/nodo ⁻¹	Número de nodos nuevos	Estimación de nodos al año	Producción de hojas nuevas al año
<i>Avicennia germinans</i>	78	58	2	9	18
<i>Laguncularia racemosa</i>	78	30	3	14	28
<i>Avicennia germinans</i>	261	71	4	6	12
<i>Laguncularia racemosa</i>	261	60	5	7	14

CAPITULO VII

CONCLUSIONES.

- Se registraron tres especies de manglar de las cinco presentes en México. Las especies registradas en esta zona son *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* y *Rhizophora mangle* siendo la primera la especie dominante en la zona de estudio, la cual contribuye con el mayor número de árboles adultos en esta parte del Sistema Lagunar de Alvarado.
- *Laguncularia racemosa* fue la especie que presentó el mayor porcentaje de sobrevivencia. La especie que presentó el mayor porcentaje de mortalidad fue *Rhizophora mangle* con un 90%. lo cual puede indicarnos que a la especie le afectaron más los cambios que se registraron en la zona de estudio o que existe una alta migración de propágulos a otras zonas del Sistema Lagunar de Alvarado.
- Los altos porcentajes de mortalidad en las plántulas concuerdan con fluctuaciones extremas de salinidad e inundación lo cual acelera el proceso de degradación del manglar. por lo tanto es importante mantener el caudal de los ríos en aquellas desembocaduras que presentan comunidades de manglar circundantes para evitar de alguna manera que esto siga siendo un problema para el establecimiento y sobrevivencia de las plántulas.
- El crecimiento en época de secas y lluvias no mostro diferencias significativas en las dos épocas. En el mes de junio se presentó una mayor talla en las plántulas lo cual se relaciona a una mayor cantidad de luz entrando al bosque y una baja salinidad.
- La mayor tasa de crecimiento anual la obtuvo *Laguncularia racemosa* la cual cuenta con ciertas características fisiológicas para su establecimiento. La mayor talla de las especies se reporto en el mes de junio 08 esto se relaciona con la poca salinidad y una mayor entrada de luz (cuadro 3).
- El crecimiento internodal varia dependiendo de las condiciones que se presentaron en la zona de estudio como son los cambios de luz y salinidad,
- El intervalo plastocrono (PI) se estimo en dos tiempos en 98 días y 261 días,. Este resultado nos sirve como antecedente, para poder conocer el tiempo en el cual se produce una nueva marca para poder tener una estimación más exacta, hace falta marcar un mayor número de plántulas.

CAPITULO VIII

BIBLIOGRAFIA

- Arreola – Lizárraga J. A., Flores-Verdugo F.J., Arteaga – Rubio A. 2004. Structure and litterfall of and arid mangroves stand on the Gulf of California, México. *Aquatic Botany*.79: 137-143.
- Azócar A., Rada F. y Orozco A. 1992. Relaciones hídricas e intercambio de gases de dos especies de mangle, con mecanismos contrastantes de regulación de salinidad interna. *Ecotropicos*. 5:11-19
- Ball M.C.1986. Photosynthesis in mangroves0 *Wetlands Australia* 6:12-22.
- Barboza F., Barreto M.B., Figueroa V., Francisco M., González A., Lucena L., Mata Y.K., Narváez E., Ochoa E., Parra C., Romero D., Sánchez J., Soto N.M., Vera J.A., Villarreal L.A., Yabrondi C.S., Medina E. 2006. Desarrollo estructural y relaciones nutricionales en un manglar ribereño bajo clima semi-árido. *Ecotropicos*. 19:13-29.
- Basáñez M.A. de J., Olmedo P.G., Rojas M.P. 2006. Características estructurales y usos del manglar en el Ejido Cerro de Tumilco, Tuxpan Veracruz, México. *UDO Agrícola*. 6:114-120.
- Bojorquez – Leyva. 2002. Crecimiento productividad y estructura de manglares en un sistema lagunar eutroficado (Estero las Urias) y en estanques experimentales. México. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. Tesis de Maestría. 65p.
- Bosire J. O., Dahdouh-Guebas F., Walton M., Crona B. I., Lewis R.R., Field C., Kairo J.G., Koedam N. 2008. Funtionality of restore mangroves: A review. *Aquatic Botany* 89:251-259.
- Blasco F. 1984. Taxonomic consideration of the mangrove species. UNESCO. 80-90PP. En Snadaker S.C. y Snadaker J. G. 1984. The mangrove ecosystem: research methods. UNESCO. Bungay. Reino Unido. 251p.
- De la Lanza-Espino G. 2004. Gran escenario de la zona costera oceánica de México. *Ciencias*. 76:4-13
- Carrillo - Bastos A., Elizalde - Rendón E.M., Torrescano V.N., Flores O.G. 2008. Adaptaciones ante disturbios naturales, Manglar de Puerto Morelos, Quintana Roo, México. *Foresta veracruzana*. 10:31-38.

- Cintrón G y Schaeffer-Novelli Y. 1983. Introducción a la Ecología del Manglar. Ciencia y Tecnología de la UNESCO para América Latina. Uruguay. 109p.
- Contreras E. F. 1993. Ecosistemas Costeros Mexicanos. Comisión Nacional Para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa. México. 415 p.
- Constanza R. d' Arge R., de Groot R., Farber S., Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., O'Neill R. V., Paruelo J., Raskin R.G., Sutton P. y Van den Beelt M. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387: 253-260.
- Comisión Nacional Para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2008. Manglares de México. México. 38p.
- Curtis M., Barnes, N. S., Schyek A. y Flores G. 2006. Invitación a la Biología. Ed. Médica Panamericana, 6.ta edición.
- Clarke J.P. 1993. Dispersal of grey mangrove (*Avicennia marina*) propágulos in Southeastern Australia. *Aquatic Botany*. 45:195-204.
- Daniel W.W. 1995. Bioestadística base para el análisis de las ciencias de la salud. 5ta. Edic. Edit. Limusa. México. 878 p.
- Duarte M.C., Marba N., Agawin N., Cebrián J., Enríquez S., Fortes M.D., Gallegos E. M., Merino M., Olesen B., Sand-Jensen K., Uri J., Vermaat J. 1994. Reconstruction of Seagrass dynamics age determinations and associated tools for the seagrass ecologist. *Marine Ecology Progress Series*. 107:195-209.
- Duarte M. C., Thampanya U., Terrados J., Geertz-Hansen O y Fortes D. M. 1999. The determination of the age and growth of SE Asian mangrove seedlings from intermodal counts. *Kluwer Academic Publishers*. 3: 251 – 257.
- Duke C. N. y Pinzon S. Z.M. 1992. Aging *Rhizophora* seedlings from leaf scar nodes: A technique for studying recruitment and growth in mangrove forests. *Biotrópica*. 24:173-186.
- Duke C. N., Ball M. C. y Ellison J. C. 1998. Factors influencing biodiversity and distributional gradients in mangrove. *Global Ecology and Biogeography*. 7:27-47.

- Elster C., Perdomo L. y Schnetteri.1999. Impact of ecological factors on the regeneration of mangroves in the Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia. *Hidrobiología*. 413: 35-46.
- Febles P. J.L, Novelo L.J y Batllon S. E. 2007. Efectos de factores abióticos en el desarrollo de raíces primarias, crecimiento y supervivencia de propágulos en *Rhizophora mangle* L. *Madera y Bosques* 13:15-27
- García E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen para adaptarlo a las condiciones de la república Mexicana. 217p.
- Gayatri A. 2002. Life at the margins: The social, economic and ecological importance of mangroves. *Maderas y Bosques*. Vol. 129:53-60.
- Gaona – Pineda O. 2007.Consideraciones Ambientales y Prospección para la Restauración de un Ecosistema de Manglar al Sureste de la Reserva de la Biosfera "Los Petenes". México. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. Tesis de Maestría. 60p.
- Guzmán M.J. y Menéndez C.L.2006.Huracanes y bosques de manglar. 300-306 p. en *Ecosistemas de manglar en el archipiélago cubano estudios y experiencias enfocadas a su gestión*. Edit. Academia. La Habana Cuba. 324p.
- Hogarth P. J. 1999. *The Biology of Mangroves*. Oxford University Press. Gran Bretaña. 228p.
- Instituto Nacional de Ecología.2005. Evaluación preliminar de las tasas de pérdida de superficie de manglar en México. Dirección General de Investigación de Ordenamiento Ecológico y Conservación de los Ecosistemas.
- Jackson M .1976.*Análisis Químico de Suelos*. Tercera Edición. Ediciones Omega S.A. Barcelona.250 Pág.
- Káiser M. J., Attrill M.J, Jennings S., Thomas D.N., Barnes D.K.A., Brierley S.A., Polinin C. N.V.G., William P.J. 2005. *Marine Ecology Processes. Systems and impacts*. Oxford. E.U. 555p.
- Lara-Lara J.R. 2008. Los Ecosistemas Costeros, Insulares y Epicontinentales. En *Capital Natural de México*. Vol. 1. Conocimiento Actual de la Biodiversidad. CONABIO. México. 109-134 p.

- Moreno C. P., Rojas G.J.L., Zarate L.M., Ortiz P.M.A., Lara D. A.L., Saavedra V. T. 2002. Diagnóstico de los manglares de Veracruz: distribución, vínculo con los recursos pesqueros y su problemática. *Madera y Bosques*. Número especial. 61:88- 61.
- Mueller – Dombois. 1974. *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. Edit. John Wiley & Sons. E.U. 67-72p.
- Odum W. E., Mc Ivor C.C., Smith T.J., III. 1982. *The ecology of mangrove of south Florida a community profile*. U.S. Fish and wildlife service. Office of biological services. Washington D.C.
- Pennington T.D. y Sarukhán J. 1998. *Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies*. Ediciones Científicas Universitarias. Universidad Nacional Autónoma de México. Fondo de Cultura Económica. México. D.F. 521 p.
- Pizarro F., Piedra L., Bravo J., Asch J., Asch C. 2004. *Manual de procedimientos para el manejo de los manglares Costa Rica*. Edit. UNA. Costa Rica. 132p.
- Portillo L. J. y Ezcurra E. 2002. *Los manglares de México: una revisión*. *Maderas y bosques*. 27(51).
- Portillo- Ochoa. 2003. *Ficha Informativa de Humedales Ramsar*. Instituto de Investigaciones Biológicas. Universidad Veracruzana. Mexico.14 P
- Rabinowitz D. 1978a. *Dispersal properties of mangrove propagules*. *Biotropica*.10: 47-57.
- Rabinowitz D. 1978b. *Mortality and initial propagule size in mangrove seedlings in Panama*. *Journal of Ecology*. 66: 45-51.
- Ramírez – Ahumada C. 1995. *Estructura y Demografía del Manglar del Estero "La Angostura" Laguna Oriental Oax. y su Relación con Algunos Parámetros Ambientales*. México. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México. Tesis de Licenciatura 73p.
- Ramírez – Ochoa L.F. 2005. *Factores que afectan la propagación y establecimiento de *Avicennia germinans* L. en ambientes degradados de regiones semiáridas subtropicales*. Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayaguez. Tesis de maestría. 108 p.

- Reyes – Chargoy M.A. y Tovilla H.C. 2002. Restauración de áreas alteradas de mangle con *Rhizophora mangle* en la costa de Chiapas. Madera y Bosques 103-104.
- Reyes – De la Cruz A., López - Ocaña G. y Hernández – Trejo H. 2002. Evaluación preliminar de los efectos de la inundación y la herbivoría sobre plántulas de mangle preliminar. Universidad y Ciencia. 18:135 - 139
- Rodríguez-Zúñiga M. T. 2000. Manglares de Celestum y Ría Lagartos Estructura Fisonomía y Evaluación de la Deforestación Mediante Percepción Remota Yucatán México. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Campus Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México. Tesis de Licenciatura. 93p.
- Rodríguez-Zúñiga M. T. 2002. Manglares del Sistema Lagunar de Alvarado Ver. México: Influencia de Algunos procesos Físicos, Biológicos y Antropogénicos en su Distribución y Estructura. México. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. Tesis de Maestría. 104p.
- Segura – Zamorano D.T. 1997. Análisis de la Estructura del Manglar y su Relación con Algunos Parámetros Ambientales en la Laguna de Panzacola Mpio. Acapetahua, Chiapas. México. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México. Tesis de Licenciatura. 102 p.
- Sousa W.P., Kennedy P.G., Mitchell B.J. y Ordoñez L.M.B. 2007. Supply- side ecology in mangroves: Do propagule dispersal and seedling establishment explain forest structure?. The Ecological Society of America. 77:53-76.
- Short F. T. y Duarte M.C. 2001. Methods for the measurement of seagrass growth and production. Cap 8 en: Short F.T. Coles R.G. y Short C.A. 2001. Global Seagrass Research Methods. Elsevier Science. Amsterdam. 473p.
- Smith T.J. 1987. Effects of light and intertidal position on seedling survival and growth in tropical tidal forest. Marine Biology Ecology 110: 133-146.
- Snedaker S. y Snedaker J.G. 1984. The mangrove ecosystem: research methods. UNESCO. Bungalay. Reino unido.251p.
- Thi Ha H., Duarte C.M., Hoang T. N., Terrados J., Borum J. 2003. Growth and population dynamics during early stages of the mangrove *Kandelia candel* in. Halong Bay. North Viet Nam. Estuarine. Coastal and Shelf Science. 58 :435–444.

- Tomlinson P.B. 1986. The Botany of Mangroves. Cambridge University. E. U. 413 p.
- Tovilla H.C. 1998. Ecología de los bosques de manglar y algunos aspectos socioeconómicos de la zona costera de Barra de Tecoaapa Guerrero. México. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. Tesis de Doctorado 365p.
- Tovilla H. C. y Orihuela B. D. E. 2002. Floración establecimiento de propágulos y supervivencia de *Rhizophora mangle l* en el manglar de Barra de Tecoaapa, Guerrero. México. Maderas y Bosques. 29:89-102.
- Tovilla H.C. y Orihuela B.D.E. 2004. Impacto del huracán Rosa sobre los bosques de manglar en la costa norte de Nayarit, México. Maderas y Bosques 2:63-75.
- Thom B.G. 1967. Mangrove Ecology and Deltaic Geomorphology: Tabasco, Mexico. The journal of Ecology. 55:301-343.
- Twilley R.R. y Day J.W. 1999. The Productivity and Nutrient Cicyng of Mangroves Ecosystem En Yáñez-Arancibia A. y Lara-Dominguez A.L. 1999. Ecosistemas de manglar en América tropical. Instituto de Ecología A.C. Xalapa, México. UICN/ORMA. Costa Rica. NOAA/NMFS Silver. Spring MD USA. 380p.
- Valdez. H.J. I. 2002, Aprovechamiento forestal de manglares en el estado de Nayarit, costa Pacífica de México. Maderas y Bosques. 129:129-145.
- Valdez. H.J I. 2004. Manejo forestal de un manglar al sur de Marismas Nacionales Nayarit. Maderas y bosques 2:93-104.
- Vázquez-Yanes C. 1971. La vegetación de la laguna de Mandinga Veracruz. Anales del Instituto de Biología. UNAM. serie Botánica. 1: 48-94.
- Vázquez-Torres M. 1998. Biodiversidad y Problemática en el humedal de Alvarado Veracruz México. Edit. Universidad Veracruzana. México. 454p.
- Vázquez – Lule A. D. 2008. Estructura Vegetal e Impacto Antrópico en los Manglares del Sistema Lagunar de Alvarado Veracruz. México Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México. Tesis de Licenciatura 100p.
- Yáñez-Arancibia A. y Lara-Domínguez. 1999. Los manglares de América Latina en la Encrucijada. En Yáñez-Arancibia A. y Lara-Domínguez A.L. 1999. Ecosistemas de manglar en América tropical. Instituto de Ecología A.C. Xalapa,

México. UICN/ORMA. Costa Rica. NOAA/NMFS Silver. Spring MD USA. 380p.

- Ye Y, Tam N. F.Y., Wang Y.S. y Lu C.Y. 2004. Does sea level rise influence propagule establishment, early growth and physiology of *Kandelia candel* and *Brugueria gymnorrhiza*. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 306:197-215.
- Ye Y, Fung-Yee Tam N, Chang-Yi. L .y Wong Y.S. 2005. Effects of salinity on germination, seedling growth and physiology of three salt-secreting mangrove species. Aquatic Botany. 83:193–205.

Paginas consultadas.

- <http://maps.google.com.mx/>
- <http://iris.inegi.gob.mx/mapoteca>
- <http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/manglares/doctos/manglares.html>
- <http://www1.inecol.edu.mx/myb/MB2.htm>