



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

“ DISTRIBUCIÓN DE TRES ESPECIES DE MANGLAR EN
RELACION AL HIDROPERIODO Y SALINIDAD
INTERSTICIAL EN EL ESTERO DE URIAS; MAZATLÁN,
SINALOA “

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE :
B I Ó L O G A
P R E S E N T A :
MARIANA MONROY TORRES



DIRECTOR DE TESIS: DR. FRANCISCO JAVIER FLORES VERDUGO



FACULTAD DE CIENCIAS
SECCION ESCOLAR

m. 345575

FACULTAD DE CIENCIAS
UNAM



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Monroy Torres Mariana

FECHA: 16 - Junio - 2005

FIRMA: [Firma]

ACT. MAURICIO AGUILAR GONZÁLEZ
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo escrito: "Distribución de tres especies de manglar en relación al hidroperiodo y salinidad intersticial en el estero de Urías, Mazatlán, Sinaloa."

realizado por Monroy Torres Mariana

con número de cuenta 09427695-4 , quien cubrió los créditos de la carrera de: Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis Propietario Dr. Francisco Javier Flores Verdugo

Fco. J. Flores V.

Propietario Dr. Francisco Javier Alvarez Sánchez

[Firma]

Propietario Dra. Silvia Castillo Argüero

Silvia Castillo Argüero

Suplente M.en C. María Virginia Cervantes Gutiérrez

María Virginia Cervantes Gutiérrez

Suplente M.en C. María Patricia Guadarrama Chávez

[Firma]

Consejo Departamental de Biología FACULTAD DE CIENCIAS

[Firma]
M. en C. Juan Manuel Rodríguez Chávez



UNIDAD DE ENSEÑANZA

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Francisco J. Flores Verdugo, por acercarme al conocimiento de los manglares, por su apoyo económico para la realización de este trabajo, por sus consejos, paciencia, confianza y su cariño. Gracias Doc.

Al M. en C. Daniel Benítez Pardo, por compartir su conocimiento en el tema y por sus comentarios para la realización de este trabajo.

A mis compañeros de Laboratorio, María Elena, Leonardo, Marina, Cruz y Gina por su valiosa ayuda en las actividades de campo.

A la Sra. Clara Ramírez, por su colaboración para la obtención de material bibliográfico, al Mat. Germán Ramírez, por su ayuda en la realización de los modelos de zonación y a los Señores del Taller del Instituto por ayudarme con los problemitas técnicos.

¡¡¡Muchas gracias a todos!!!

DEDICATORIA

*A mis padres, por ser siempre ejemplo de lucha y fortaleza,
por su apoyo en todo momento,
por su paciencia y tolerancia,
por no eliminar los obstáculos de mi camino,
sino por enseñarme a afrontarlos,
por enseñarme a levantar después de caer,
por hacer suyos mis sueños y metas, sacrificando muchas veces los suyos,
por cada lágrima derramada por causa mía,
por la tristeza ocasionada por mis errores y no poder comprender
por qué sucedió.
Gracias por enseñarme a sonreír,
y a disfrutar de la vida con sus cosas buenas y malas.
Gracias por ser ustedes.*

Los amo. Dios los bendiga.

ÍNDICE

RESUMEN

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 importancia de los humedales	1
1.2 ¿Qué son los manglares?	3
1.3 Distribución geográfica	3
1.4 Características de las especies de manglar	5
1.5 ¿Por qué es necesario preservar las áreas de manglar?	6
2. ANTECEDENTES	8
3. HIPÓTESIS.....	15
4. OBJETIVOS.....	16
5. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	17
6. METODOLOGÍAS.....	20
6.1 Trabajo de campo	20
6.1.1 Periodo de inundación.....	20
6.1.2 Microtopografía.....	21
6.1.3 Estructura de la vegetación.....	24
6.2 Trabajo realizado en el Campo	25
6.2.1 Colecta de semillas	25
6.2.2 Características de los contenedores	25
6.2.3 Diseño experimental	26
6.2.4 Periodo de observación	28
6.2.5 Análisis estadístico	30

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
7.1 Transectos de microtopografía y salinidad intersticial	31
7.2 Distribución topográfica de los manglares y niveles de inundación	44
7.3 Observaciones de la Marea	51
7.4 Estructura de la vegetación	56
7.5 Modelos de zonación	61
7.6 Crecimiento de tres especies de manglar en diferentes concentraciones de salinidad	64
8. CONCLUSIONES	76
9. LITERATURA CITADA	78

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del Estero de Urías, Mazatlán Sinaloa y Sitios de Estudio	19
Figura 2. Transectos de microtopografía realizados en los diferentes sitios de estudio	23
Figura 3. Diseño experimental, tratamientos y especies	27
Figura 4. Mediciones de las plántulas antes de sembrar y durante el experimento	29
Figura 5. Sitio 1a. Transecto de microtopografía y distribución	37
Figura 6. Sitio 1b. Transecto de microtopografía y distribución	38
Figura 7. Sitio 1c. Transecto de microtopografía y distribución	39
Figura 8. Sitio 2. Transecto de microtopografía y distribución	40
Figura 9. Sitio 3a. Transecto de microtopografía y distribución	41
Figura 10. Sitio 3b. Transecto de microtopografía y distribución	42
Figura 11. Sitio 4. Transecto de microtopografía y distribución	43
Figura 12. Zonación y distribución vertical que puede encontrarse en los manglares del Estero de Urías	50
Figura 13. Marea Sitio 1	53
Figura 14. Marea Sitio 2	53
Figura 15. Marea Sitio 3	54
Figura 16. Marea Sitio 4	54
Figura 17. Modelos de zonación que pueden presentar las especies de manglar en el Estero de Urías	63
Figura 18. Altura de las plántulas en base a los valores de F para los cuatro tratamientos	67
Figura 19. Altura de <i>R. mangle</i> en diferentes concentraciones de salinidad	71
Figura 20. Altura de <i>L. racemosa</i> en salinidad de 0 y 15 ‰	72
Figura 20'. Altura de <i>L. racemosa</i> en salinidad de 30 y 45 ‰	73
Figura 21. Altura de <i>A. germinans</i> en diferentes concentraciones de salinidad	74
Figura 21'. Crecimiento de <i>A. germinans</i> en 45 ‰	75

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Valores mínimos y máximos de salinidad intersticial determinados en el presente estudio	31
Tabla 2. Intervalos de distribución topográfica y distribución vertical de las especies en el Estero de Uriás	45
Tabla 3. Tiempos de inundación aproximados para cada especie	55
Tabla 4. Estructura de la vegetación en los diferentes sitios de estudio	57
Tabla 5. Comparación de estructura de la vegetación en diferentes zonas del Pacífico Mexicano y los sitios de estudio de este trabajo	60
Tabla 6. Incremento en altura de las plántulas y tasa de crecimiento	65
Tabla 7. Resultados de la prueba de efecto de los factores por separado y de la interacción de los mismos	67
Tabla 8. Resultados del ANOVA (especie-tratamiento)	67
Tabla 9. Pruebas de significancia entre tratamientos	68
Tabla 10. Comparación de tasas de crecimiento en diferentes regiones geográficas	69

RESUMEN

En el presente estudio se evaluó el papel que juega la frecuencia de inundación y la salinidad en la zonación de las diferentes especies de mangle principalmente en *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans* presentes en el "Estero de Urías"; Mazatlán, Sinaloa en condiciones naturales y controladas entre los meses de septiembre de 2003 a junio de 2004.

Se ha podido apreciar en este sistema lagunar costero como en otras zonas del Noroeste de México, que en algunos sitios una especie es más frecuente en relación a otra. Sobre la franja de manglar cada especie puede ocupar un determinado nivel o distribución con respecto al Nivel Medio de las Mareas Bajas (NMMB); esta zonación está influenciada por factores tales como el régimen de mareas, la disponibilidad de nutrientes, la salinidad intersticial, la temperatura, el oleaje y el relieve, entre otros.

Para evaluar el efecto del periodo de inundación en la zonación de las tres especies, se midió la amplitud de la marea principalmente en mareas vivas, con el fin de determinar durante cuanto tiempo y con qué frecuencia cada especie se mantenía inundada. Para conocer la distribución con respecto a un nivel de referencia (NMMB), se realizaron transectos de microtopografía tomando en cuenta todos los tipos de vegetación y procurando abarcar la franja completa de manglar. Se encontró que *R. mangle* tiene una amplitud de distribución topográfica de 82.0 cm, *L. racemosa* de 31.0 cm y *A. germinans* de 9.5 cm.

Se evaluó también el crecimiento a través de la altura de las plántulas en las tres especies, en condiciones controladas con salinidades de 0, 15, 30 y 45 partes por mil (‰). Los resultados indicaron que *L. racemosa* no mostró diferencias significativas en 0 y 15 ‰, esto representa una disminución de costos en el mantenimiento de especies de mangle en condiciones de vivero, por representar un ahorro de casi 50 % de agua dulce. *R. mangle*, al contrario

de *L. racemosa* si presentó diferencias en las cuatro concentraciones, siendo muy evidente entre 0 y 45 ‰. *A. germinans* se mantuvo casi sin cambio en las cuatro salinidades. La ausencia de diferencias significativas indicó que, para ésta especie, la interacción de otros factores diferentes a la salinidad e hidroperiodo influyeron en el crecimiento de esta especie.

1- INTRODUCCIÓN

1.1 Importancia de los humedales

Los humedales comprenden diversos ecosistemas en donde el agua es el principal factor que controla el medio y la vida vegetal y animal relacionada con él. Pueden formarse en lugares donde la capa freática se halla en o cerca de la superficie del suelo y donde el sustrato está cubierto de agua poco profunda. De esta manera, tenemos que los elementos más importantes de un humedal son agua, sustrato y comunidades biológicas establecidas (Mitsch y Gosselink, 2000).

Los humedales son ecosistemas tanto naturales como artificiales que se caracterizan por estar permanente o temporalmente inundados, ya sea por aguas dulces, estuarinas (salobres), o salinas, las cuales pueden estar estancadas o corrientes e incluyen las regiones ribereñas, costeras y marinas que no excedan los seis metros de profundidad con respecto al nivel medio de las mareas bajas (Convención de Ramsar, 1971).

Dada la definición anterior se pueden considerar como humedales a ecosistemas naturales como bahías, lagunas costeras, estuarios, esteros, bajos lodosos, barras y bajos de arena, manglares, praderas de pastos marinos, arrecifes de coral, pantanos estuarinos y dulceacuícolas de pastizales emergentes o de macrófitas flotantes, libres o enraizadas al fondo, ríos, marismas, bosques pantanosos, selvas bajas inundables, lagos y lagunas de agua dulce, oasis, cenotes, ciénagas, lagunas hipersalinas, así como algunos otros artificiales creados por el hombre como presas, lagos artificiales, chinampas, arrozales, algunos sistemas agrícolas con sus canales, entre otros (Flores-Verdugo, 1995).

Los humedales se caracterizan por presentar una alta productividad primaria debido principalmente a la disponibilidad de nutrientes provenientes de los ríos y escurrimientos terrestres y al efectivo reciclamiento de éstos durante los procesos de mineralización microbiana. La elevada fertilidad de las lagunas costeras y estuarios mantiene una rica y compleja trama trófica, caracterizada por una elevada producción pesquera (Day *et al.*, 1973; Nixon, 1981 en Flores-Verdugo, 2002).

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

1.2 ¿Qué son los manglares?

Los manglares son el tipo de vegetación que se encuentra en el límite entre los ambientes terrestre y marino, por lo que tienen influencia de factores de ambos ambientes. Se ubican en la zona intermareal de climas tropicales y subtropicales, (Lugo y Snedaker, 1974; Flores-Verdugo, 1989; Blasco, 1991). Están formados por unidades taxonómicas muy diversas, con aproximadamente 50 especies agrupadas en 12 géneros y ocho familias. Spalding, 1997 en Alongi (2002), considera 70 especies, 27 géneros y 20 familias. Biogeográficamente se consideran dos centros de dispersión y diversidad: la región del Indo-Pacífico y la del Nuevo Mundo-Oeste de África. La segunda región incluye la costa Atlántica de África y América tropical, la costa Pacífica de América tropical y las Islas Galápagos. El grupo oriental, con una riqueza de cuarenta especies aproximadamente y el grupo occidental, con aproximadamente ocho especies (Chapman, 1977; Tomlinson, 1986).

1.3 Distribución geográfica de los manglares

Distribución mundial

Los manglares son característicos de regiones tropicales, aunque algunos pueden localizarse en zonas templadas dada su mayor tolerancia a temperaturas menores a 19 °C por un periodo corto de tiempo (MacNae, 1968).

La distribución geográfica mundial para el grupo oriental queda comprendida como latitud máxima en las costas de Japón y Corea del Sur, hasta la Isla norte de Nueva Zelanda a 31° 10' N, mientras en el sur alcanzan los 38° 45' S; en las costas de África del Este se ubican a 28° 07' S, en Sudáfrica y 29° 09' S en el Mar Rojo. Para el grupo occidental la distribución se extiende desde los 30° 15' N en Florida, hasta los 29° 00' S en el sur de Brasil, mientras que en el litoral del Pacífico a 30° 15' N en el estado de Sonora y el Coyote al norte de Baja California Sur en México, hasta los 3° 48' S en Perú (Tomlinson, 1986).

Distribución en México

Las diferencias fisiográficas y climáticas en las costas de México son factores que determinan el desarrollo y abundancia de este ecosistema en los litorales mexicanos. La costa del Pacífico es clasificada como costa de colisión, con plataforma continental muy estrecha, predominando playas cortas con relieves muy accidentados (montañas y acantilados). En contraste, la costa del Golfo de México presenta una plataforma continental muy extensa, por lo que la zona costera es muy amplia; la costa está clasificada como de arrastre y los ríos más importantes del país desembocan en esta zona (Lankford, 1977; Tovilla-Hernández, 1994).

Dada la ubicación latitudinal de México y la extensa zona de litoral que posee tanto del lado del Golfo de México y Mar Caribe, como en la región del Pacífico, podemos encontrar amplias zonas de humedales costeros con extensas zonas de manglar. En la región del Golfo de México, la mayor altura y riqueza específica se encuentra en las extensas lagunas costeras del sur de Veracruz, Tabasco y Campeche (Lot *et al.*, 1975 en López-Portillo y Ecurra, 2002). En la costa del Pacífico se pueden observar bosques extensos de manglar en la región comprendida por el Sur de Sinaloa y el Estado de Nayarit (Teacapán-Agua Brava, San Blas y Marismas Nacionales); en el Estado de Chiapas en la región Chántuto-Teculapa-Panzacola (Flores-Verdugo, 1992).

Los ecosistemas de manglar abarcaban aproximadamente 660, 000 ha, distribuidos en ambos litorales (Blasco, 1988), la FAO (2003), considera para México 488 000 ha. Pennington y Sarukan (1969) registran en México cuatro especies de mangle: el mangle rojo *Rhizophora mangle*, el mangle blanco *Laguncularia racemosa*, el mangle negro *Avicennia germinans*, el botoncillo *Conocarpus erectus* y otra especie de mangle rojo, localizado únicamente en Chiapas *Rhizophora harrissoni* (Rico-Gray, 1981 en López-Portillo y Ecurra, 2002). En la costa de Chiapas se han encontrado dos especies de mangle negro *Avicennia germinans* y *Avicennia bicolor* (Jiménez, 1994; en López-Portillo y Ecurra, 2002)

Dependiendo de factores geológicos, topográficos, hidrológicos y químicos, los manglares se pueden clasificar en cinco tipos fisonómicos, estos son los siguientes: Tipo borde, se encuentra protegiendo líneas de costa de la velocidad de la corriente y marea, forma sistemas de raíces bien desarrollados. Tipo ribereño, se ubica a lo largo de los ríos y canales de drenaje, está dominado por *Rhizophora mangle* al frente y posteriormente mezclas de *Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans*. Tipo sobrelavado, su posición y arreglo obstruye el flujo mareal, dando como resultado bosques sobrelavados con las mareas altas, está caracterizado por *R. mangle*. Tipo marginal, se encuentra tierra adentro en

depresiones de los canales, desplazándose hacia la costa. Finalmente el tipo matorral es un bosque constituido por individuos que miden menos de 1.5 m de altura, se presentan en sitios carentes de fuentes que aporten nutrientes, principalmente en zonas áridas o semiáridas (Lugo y Snedaker, 1974).

1.4 Características de las especies de manglar

Las especies de mangle son halófitas facultativas, que poseen adaptaciones funcionales y estructurales especiales para sobrevivir en ambientes que no siempre son los óptimos. Así, están sujetos a periodos de inundación frecuentes, los suelos en los que se desarrollan tienen características anóxicas, las variaciones en la salinidad pueden ser muy drásticas, se encuentran en zonas con influencia ocasional de olas y vientos fuertes, los cuales pueden considerarse destructivos en periodo de huracanes.

La mayor parte de los manglares son vivíparos, es decir, la semilla germina cuando aun se encuentra unida a la planta madre. Presentan tejidos de flotación que les permiten dispersarse a mayor distancia. Pueden formar complejos sistemas de raíces como en *Rhizophora mangle*, que aumentan la superficie de absorción y a la vez les da mayor estabilidad para hacer frente a corrientes y vientos. *Avicennia germinans* forma estructuras llamadas neumatóforos, los cuales le dan también mayor superficie de absorción e intercambio de gases; además algunas especies pueden presentar glándulas especializadas para excretar sal (Carlton, 1974; Blasco, 1991; Tomlinson, 1986).

El formar parte de la vegetación halófitas les permite sobrevivir en suelos con salinidades que van desde agua dulce (0 ‰), agua de mar (35 ‰), hasta algunos hipersalinos (70 ‰); sin embargo su óptimo desarrollo es en condiciones estuarinas (15 ‰) (Cintron *et al.*, 1978; Flores-Verdugo, 1989; Ajmal e Irfan, 2001).

1.5 ¿Por qué es necesario preservar las áreas de manglar?

Debido a la gran cantidad de bienes y servicios que se obtienen a partir de los ecosistemas de manglar, el mantenimiento y conservación de estos ecosistemas a nivel mundial, debe ser considerado como prioridad. Esto debido a que actúan como estabilizadores del sedimento, proveen de condiciones adecuadas para el establecimiento de poblaciones de peces, aves, crustáceos (muchos de importancia económica), mamíferos, entre otros, además de que protegen de la erosión causada por las corrientes y oleaje, principalmente en época de huracanes. Asimismo, son contenedores tanto de nutrientes como de contaminantes actuando como filtros biológicos lo que mejora la calidad del agua y contribuyen al atractivo del paisaje, lo cual puede ser explotado por el sector turístico (Flores-Verdugo, 1989, 2001 a).

Dada la elevada productividad primaria (biomasa) producida por este ecosistema con respecto a otros ecosistemas, como los arrecifes de coral, el bosque mesófilo, algunas zonas de surgencias, o como el más productivo de los cultivos hechos por el hombre (caña de azúcar) es superada únicamente por éste. Por este motivo es considerado uno de los ecosistemas más importantes (Whittaker y Likens, 1975; Odum y Helad, 1975 en Flores-Verdugo, 1987; Yañez-Arancibia, 1978; Flores-Verdugo, 1989).

Así, la elevada productividad de los manglares mantiene una compleja red trófica con sitios de anidamiento de aves, zonas de alimentación y crecimiento para reptiles, peces, crustáceos, moluscos, etc. Adicionalmente, contribuyen al sostenimiento de la mayoría de las poblaciones humanas circundantes que obtienen bienes de consumo a partir de productos marinos y de otro tipo como son: taninos, madera, leña, extracción de sal (MacNae, 1968; Norudin, 1987; Flores-Verdugo, 2001 b).

El deterioro de las áreas de manglar ha propiciado cambios en las condiciones ambientales, modificando los ciclos de vida de numerosas especies presentes en éste hábitat e induciendo su desplazamiento a otras áreas en busca de alimento y refugio, el resultado a futuro será una disminución de fuentes de alimento, empleo y entrada de divisas (Tovilla, 1998). Por ejemplo, Lindall (1973) estimó una pérdida económica anual de \$575 millones de dólares y \$10 millones de dólares, correspondientes a pesca comercial y deportiva respectivamente, posterior a la destrucción del 40% de los manglares (en el sur de Florida a partir de 1960 fueron sustituidos por rellenos para desarrollos comerciales y residenciales), asimismo, Turner (1991) estimó una pérdida anual de 767 kg de camarón y peces de importancia comercial por hectárea de manglar destruido.

Además de los impactos económicos, la transformación de estos ecosistemas agudiza el impacto de las catástrofes naturales. En 1971 en Bangladesh perdieron la vida más de 70 mil personas por el impacto de un tifón, en una zona que sufrió una conversión paulatina de zonas de manglar por arrozales (Fosberg, 1977).

Por lo anteriormente expuesto, el presente trabajo considera de gran importancia en lo concerniente a la zonación de los manglares de la zona de estudio, factores como la salinidad y el hidroperiodo, por lo que se pretendió obtener valores numéricos de su distribución referidos al Nivel Medio de las Mareas Bajas.

Disponer de este tipo de información para estos ecosistemas, sería de gran utilidad para el desarrollo de estrategias de restauración (forestación y reforestación), pues la reintroducción de especies podría ser específicamente dirigida a los sitios con las condiciones de salinidad e hidroperiodo más favorables para su establecimiento y desarrollo. Esto a su vez redundaría en el uso eficiente de los recursos económicos, técnicos y humanos disponibles para el desarrollo de las estrategias de restauración.

2. ANTECEDENTES

El desarrollo y distribución de los manglares está relacionado con diversos factores, entre ellos destacan la temperatura, intervalo mareal, frecuencia de mareas, sustrato, cantidad de nutrientes, aportes fluviales, pluviales, periodos de inundación, salinidad, microtopografía, frecuencia de huracanes, entre otros. La modificación de cualquiera de estas variables, ya sea de manera natural o por intervención humana (construcción de carreteras, formación de presas, desviación del cauce de los ríos, efluentes principalmente de granjas camaronícolas, entre otros), pueden alterar considerablemente la estructura y pueden llegar a eliminar cientos de hectáreas de manglar (Lugo y Snedaker, 1974; Chapman, 1977; Cintron *et al.*, 1978; Hutchings y Saenger, 1987; Odum *et al.* 1982; Blasco, 1991; Flores-Verdugo, 1992, 2001 a, 2002; Saintilan, 1998)

Los efectos de la salinidad y el hidroperiodo en el crecimiento y distribución de las plantas han llevado a la realización de estudios con la finalidad de determinar las características fisiológicas y la influencia que tienen éstos factores en el desarrollo de las especies vegetales. Si bien el hidroperiodo (principalmente el que se debe a la intrusión de agua marina proveniente de las mareas) y la salinidad no son los únicos factores fundamentales o críticos para el desarrollo de este tipo de vegetación, en algunos casos pueden ser condicionantes e imponer un alto costo de energía, así como pueden excluir a las especies que carecen de las adaptaciones necesarias para mantenerse en estos ambientes (Cintron *et al.*, 1978; Youssef y Saenger, 1999; López-Portillo y Escurra, 1989; Harrison *et al.*, 1994; Chen y Twilley, 1998; Ball, 1998)

El suelo de los manglares sufre fuertes variaciones en la concentración de sales, las cuales están reguladas por la evapotranspiración, el suministro de agua de mar y de agua dulce; esta última proveniente de las lluvias, descargas fluviales,

escorrentías terrestres y manto freático. Otros factores que se consideran importantes para la concentración de sales en el suelo de manglar son: el tiempo de residencia del agua en las llanuras de inundación, su profundidad, la cercanía a la superficie del manto freático, la forma del relieve (microtopografía) y la acción de organismos que construyen galerías como los crustáceos (Ridd, 1996).

La salinidad puede intervenir también limitando la disponibilidad de nitrógeno (N), presente en los ecosistemas de manglar como nitratos, nitritos y amonio (Naidoo, 1990; Chen y Twilley, 1998). El decremento de la vegetación tanto en altura como en densidad refleja una anaerobiosis y/o salinidad severas, combinado con un estrés de nutrientes; las plantas que prevalecen en éstas condiciones, rara vez alcanzan alturas superiores a 1 m (Harrison *et al.*, 1994).

Bennecke y Arnold (1931) y Davis (1940) citados por Pannier (1959) realizaron cultivos de mangle en suelos salinos, sus resultados mostraron, que el manglar crece en mayor abundancia en concentraciones salinas menores que la concentración correspondiente al mar, como ocurre en aguas estuarinas donde la concentración de sales fluctúa entre 20 - 25 ‰.

Pannier (1959), encontró que la salinidad elevada no suprime totalmente el desarrollo de la planta, pero, lo inhibe fuertemente. El mayor desarrollo de la planta, expresado por: número de hojas formadas, longitud de las raíces y del hipocótilo, superficie foliar desarrollada y aumento de peso seco, se observó en soluciones diluidas de agua marina correspondientes a 9 ‰, es decir 25% de la solución de agua marina normal (35 ‰). Los máximos de crecimiento y caída de las hojas fueron observados durante los meses de verano cuando la temperatura del aire y la incidencia de la luz estaban en sus máximos anuales.

Saintilan (1998), analizó la altura y el DAP (diámetro a la altura del pecho) de especies de manglar con respecto a gradientes de salinidad y salinidad intersticial, encontraron que en suelos con salinidades entre 10 – 20 ‰ se

encuentran los árboles con mayor altura y que el crecimiento se redujo considerablemente cuando se encontraron en condiciones hipersalinas entre 40-60 ‰.

Ball (1998), tomó muestras de suelo a varias profundidades para calcular la salinidad intersticial, encontró que la salinidad por arriba de los 30 cm de profundidad iba desde 7-219 ‰, con las salinidades más altas en el suelo más seco, es decir, el que en época de sequía solo es alcanzado por el agua en las mareas más altas. Concluyó que la presencia de determinadas especies aun en salinidades moderadas está dada por diferencias en la tolerancia a la sal, lo que podría limitar a las especies potencialmente capaces de colonizar sitios con gradientes de salinidad.

Agráz-Hernández (1999), observó en una marisma en el Estado de Nayarit, que ciertos manglares se localizan sobre una plataforma natural de 2 a 5 cm por arriba del nivel superior de la marisma (10 cm) es decir, (12 a 15 cm). A su vez la diferencia entre el manglar tipo "borde" y el tipo "matorral" se da cuando la salinidad intersticial cambia de 60 a 80 ‰. La misma autora encontró que la distribución de plántulas y árboles de diferentes especies de manglar varía con respecto a la microtopografía. *Rhizophora mangle* se distribuye en una franja de 71 cm, mientras que *Avicennia germinans* lo hace en aproximadamente 7.5 cm.

Matthijs *et al.*, (1999), realizaron estudios en bosques de manglar en Kenia, trabajaron con *Rhizophora mucronata*, *Bruguiera gymnorhiza* y *Heritiera littoralis* en suelos reductores, salinos y de concentración elevada de sulfatos. Encontraron que *R. mucronata* estaba ausente en zonas con suelos menos reductores con salinidad elevada; *B. gymnorhiza* y *H. littoralis* se encuentran en poblaciones menores, restringidas a sustratos salinos, pobres en sulfatos y menos reductores. Concluyeron que la salinidad más otros factores, como el potencial redox y la concentración de sulfatos influyen en la estructura de los manglares a través de la distribución de especies dominantes.

Flores-Verdugo *et al.*, (1993) mencionan que *Laguncularia racemosa* predomina en ecosistemas con influencia de mareas restringida, como son las lagunas costeras de boca efímera (El Verde, Sinaloa) o con comunicación al mar restringida (Agua-Brava, Nayarit). El manglar tipo matorral de *A. germinans* se encuentra dentro de los niveles de distribución de los árboles adultos tipo borde. En este caso el factor limitante no es la topografía, sino probablemente la salinidad intersticial (Warner *et al.*, 2001)

En México, la extracción de agua dulce ha disminuido la ocurrencia de condiciones salobres en las lagunas costeras incrementando la salinidad intersticial en el suelo de los manglares. Como consecuencia, ecosistemas altamente productivos se han transformando paulatinamente en sistemas hipersalinos con presencia de manchones blancos por concentración de sales (p.e. laguna Huizache-Caimanero). Adicionalmente los manglares son sensibles a cambios en los periodos de inundación. La apertura de un canal artificial en el complejo Teacapán-Agua Brava alteró el sistema predominantemente agua dulce-salobre a hipersalina, causando la muerte del 24 % (80 km²) de bosques de mangle blanco y negro, *L. racemosa* y *A. germinans* respectivamente (Flores-Verdugo *et al.*, 1997).

La influencia de las mareas, la microtopografía, así como las inundaciones provocadas por los ríos y escurrimientos terrestres van a influir en el hidropериodo al que están sometidos los manglares (Flores-Verdugo *et al.*, 1995; Agráz-Hernández, 1999)

Las comunidades de manglar generalmente muestran una zonación bien definida, con especies particulares sustituyendo una a la otra a lo largo de los

gradientes de salinidad y duración de la inundación mareal. Esta zonación resulta de la exclusión competitiva de las especies difiriendo en su tolerancia a la salinidad e/o hidroperiodo. Por lo tanto la zonación es altamente dependiente de las condiciones climáticas generales donde se encuentran los bosques de manglar (Medina, 1999)

Davis (1940) en Warner *et al.*, (2001), observó que *L. racemosa* se encuentra en una zona de transición entre *R. mangle* y *A. germinans*. Este autor menciona que *L. racemosa* aparentemente tolera casi todos los niveles de inundación.

Mostafa (2001), reforestó un área con *A. marina*, evaluó las mareas de la zona estableciendo cinco niveles diferentes paralelos a la línea intermareal. La hilera media fue plantada sobre el contorno de la línea de marea de 3 m, según el rango promedio de mareas en Kuwait. El establecimiento satisfactorio fue sobre la línea de 3 m y un poco menos; las plantas sembradas por arriba de esta línea no sobrevivieron por falta de agua.

Hay trabajos que reportan una zonación definida de los manglares encontrándose *R. mangle* en la orilla, seguido por *L. racemosa*, *A. germinans* en sitios de menor inundación y tolerando salinidades más altas, en algunos sitios puede encontrarse *C. erectus* y finalmente la vegetación terrestre. Hay también quien reporta que la zonación puede no ser sucesional, sino que depende de factores externos que actúan localmente (Lugo y Snedaker, 1974; López-Portillo y Escurra, 1989; Mckee, 1995; Flores-Verdugo *et al.*, 1990, 2001c)

Rabinowits (1975), en Flores-Verdugo, (1989) quien realizó experimentos sobre el nivel topográfico en cuatro especies de manglar (*L. racemosa*,

Rhizophora sp., *A. germinans* y *Pelliciera rizophorae*). Concluyó que la elevación con respecto al nivel de la marea es un factor significativo en la supervivencia y el crecimiento más adecuado de las plántulas de manglar, así, *L. racemosa* no se encuentra en lugares en los que vive *Rhizophora sp.* y *Pelliciera rizophorae*. En cambio *A. germinans* aparece en todas las zonas.

Teas (1976), menciona que la elevación topográfica con respecto al nivel de la marea es un factor significativo en el establecimiento del manglar, el intervalo de elevación se define como la diferencia de la media de las mareas más altas y la media de las mareas más bajas.

Day *et al.*, (1987), encontraron en Boca Chica en la Laguna de Términos que la composición predominante es de *R. mangle*. *L. racemosa* se encuentra desde la orilla hacia tierra adentro, mientras que *A. germinans* se encontró principalmente en depresiones someras a través del bosque indicando que la zonación de las especies está muy relacionada con el hidropериодо.

Youssef y Saenger (1999), consideran que los manglares tienen rangos de tolerancia amplios a muchos factores, su zonación no puede ser fácilmente explicable en base a un solo parámetro. Sin embargo coinciden en que la distribución está ampliamente relacionada con la elevación.

Chen y Twilley (1998), desarrollaron un modelo en el que se evaluaba una combinación de hipersalinidad contra fertilidad del suelo, encontrando que *A. germinans* dominaba en áreas de salinidad mayor a 60 ‰, *L. racemosa* tuvo un área basal máxima en salinidades menores a 50 ‰, pero, estas especies forman un área basal pobre en respuesta a una región con baja fertilidad del suelo, así mismo la cantidad de luz puede limitar el crecimiento. En presencia de mucha luz *L. racemosa* tiene un crecimiento considerable, una vez que la cobertura del dosel se cierra la regeneración de *L. racemosa* se limita considerablemente. Por ello la salinidad es considerada el factor que influye en el crecimiento de los manglares

mientras que el tiempo de inundación, es un tamiz que influye en el reclutamiento de los árboles jóvenes.

Ellison *et al.*, (2000), determinaron la distribución de diferentes especies de manglar con respecto a la elevación, salinidad, topografía y características fisicoquímicas del suelo. Los mismos autores encontraron que a gran escala la variación regional en la salinidad afecta la ocurrencia de las especies que se encuentran bien delimitadas. La salinidad varía claramente con la topografía. Con respecto a las especies que se encuentran sobrelapadas manifiestan que puede ser resultado de una colonización aleatoria de las especies a través del rango intermareal.

Colloty *et al.*, (2002) realizaron un ordenamiento de 54 especies de plantas, divididas en especies de marisma, bosque de manglar, macro algas y pastos. Concluyeron que la salinidad y la profundidad son importantes en la distribución de las especies. La salinidad separó las marismas de los carrizos y la vegetación tipo pastos; y la profundidad separó los manglares y especies asociadas (Ej. *Zostera capensis*, *Halophila ovalis* y *Acrostichum aureum*)

Allen *et al.*, (2003) encontraron diferencias significativas en el establecimiento de plántulas de *Xilocarpus granatum* en la región intermareal superior. Colocando semillas de la misma especie en condiciones de invernadero, éstas mostraron mayor crecimiento en 0 ‰ que en 23 ‰, siendo 23 ‰ el nivel de salinidad encontrado en la zona intermareal. El crecimiento de ésta especie declinó dramáticamente cuando se redujo la luz en 80 %.

3. HIPÓTESIS

Las características del hidroperiodo debido principalmente al efecto de la marea (frecuencia de inundación y tiempo de inundación) tendrán un efecto importante sobre la concentración salina de las zonas de estudio, esta relación es una condición clave en la distribución de las especies de manglar (*Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans*).

4. OBJETIVOS

Objetivos Generales

- Determinar el efecto de la inundación originada por la intrusión de agua de mar y la topografía en la distribución de las especies de manglar (*Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans*) en el Estero de Urías.
- Determinar el efecto de la salinidad y el nivel de inundación en el crecimiento de plántulas de las diferentes especies (*R. mangle*, *L. racemosa* y *A. germinans*) y en dos niveles de inundación (*L. racemosa* y *A. germinans*) bajo condiciones controladas.

Objetivos Particulares

- Determinar la relación entre las características topográficas de la zona de estudio y la zonación de las especies de manglar.
- Determinar si la zonación de las áreas de manglar es del tipo "zonación definida" (*R. mangle* - *L. racemosa* - *A. germinans* - *C. erectus* - Vegetación terrestre).
- Determinar la estructura de la comunidad en cada sitio de estudio.
- Evaluar la amplitud de la marea con la finalidad de obtener datos numéricos de la distribución de las tres especies de mangle, tomando como referencia el nivel medio de las mareas bajas (NMMB).

5. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Estero de Urías

Ubicación geográfica

El estero de Urías, localizado al sureste de la ciudad y puerto de Mazatlán, Sinaloa, se encuentra entre las coordenadas geográficas 23°10' 36" y 23°13'00" de latitud Norte y los 106°26'00" de longitud Oeste, y tiene una extensión de 18km (Fig.1).

Clima

El clima del estero de Urías es del tipo Awo(w)(e) cálido sub-húmedo con lluvias en verano, con una temperatura media anual de 24.1°C y una precipitación media anual de 800 mm (García, 1973)

Geología

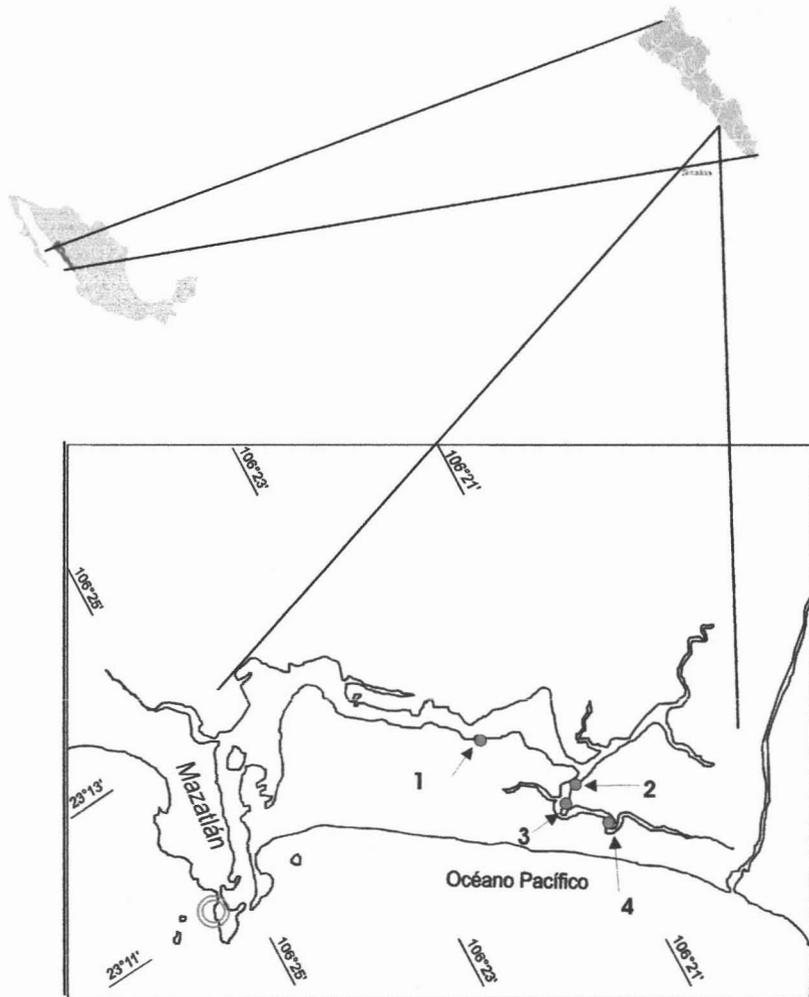
Con base en su origen y patrón de desarrollo geológico el estero de Urías es una laguna costera de boca permanente con orientación semi paralela a la costa, de plataforma interna con barrera (Tipo III). De costas primarias generadas por depositación subaérea, forma parte de la provincia fisiográfica de la llanura costera de Sinaloa. El estero de Urías es un estuario de barrera por ser una cuenca somera, semi aislada de las aguas oceánicas por una playa arenosa de barrera, que se encuentra a lo largo de una planicie de pendiente suave, tectónicamente estable que presenta un aporte abundante de arena y un transporte litoral fuerte (Lankford, 1977).

Vegetación y fauna

El estero de Urías presenta bosques de manglar en los márgenes del cuerpo de agua, compuesto principalmente de mangle negro (*Avicennia germinans*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y mangle rojo (*Rhizophora mangle*). El área se caracteriza por tener una gran biodiversidad, destacándose la presencia de aves acuáticas ya sean migratorias o residentes; reptiles como cocodrilos, boas, tortugas, iguanas y cascabel del pacífico; anfibios como la rana; peces como lisas, mojarras y pargos.

Situación ambiental

El estero de Urías ha sufrido modificaciones drásticas y cambios en su morfología, circulación y recambio de agua debido a las operaciones de dragado del canal de navegación y construcción de muelles, provocando la acumulación de materiales de desecho y contaminantes vertidos al estero. Adicionalmente la presencia de embarcaciones pequeñas y de gran calado que incluyen la flota camaronera, atunera, petrolera, mercante y turística, constituyen otra fuente de contaminantes, así como las descargas de las granjas camaronícolas aledañas, descargas urbanas, industriales y las aguas de enfriamiento de la termoeléctrica (Páez-Osuna *et al.*, 1990).



○ Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM.

● Sitios de estudio

Donde:

- 1) Marisma rodeada por manglar, principalmente *R. mangle*
- 2) Matorral de *A. germinans*
- 3) Bosque predominantemente de *A. germinans*
- 4) Bosque predominantemente de *L. racemosa*

Figura 1. Ubicación del Estero de Urías, Mazatlán, Sinaloa y zonas de estudio

6. METODLOGÍAS

El desarrollo de este proyecto se realizó en dos etapas, una que involucró las actividades de campo realizadas en el Estero de Urías y en la otra las actividades experimentales desarrolladas en las instalaciones del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. Unidad Académica Mazatlán.

6.1 Trabajo de campo

Para realizar las actividades de campo, fue necesario contar con la tabla de predicción de mareas proporcionada por la Secretaría de Marina para el municipio de Mazatlán del día en que se realizaron las diferentes actividades.

6.1.1 Período de inundación

El periodo de observación de la marea comprendió al menos una marea baja y una marea alta.

La amplitud de la marea se midió con estadales de madera de 1.8 m de longitud a los cuales se les fijaron cintas métricas de plástico de 1.5 m de largo. Al llegar a la zona se procedió a enterrar un estadal dentro del agua y tomar la lectura que indicaba el nivel del agua y la hora.

En cada sitio de estudio se colocaron marcas en los diferentes tipos de vegetación o característica representativa de la zona y se procedió a esperar que la marca fuese alcanzada por la marea para tomar la lectura del estadal y obtener los periodos de inundación de cada especie.

6.1.2 Microtopografía

Para evaluar el relieve en las diferentes zonas (microtopografía), se realizaron siete transectos distribuidos en los diferentes sitios de estudio (Fig. 2). La longitud de los transectos fue variable; en los sitios donde el acceso lo permitía se abarcó la franja completa de manglar, mientras que en los que no fue posible se evaluó hasta donde se pudo entrar. Los transectos fueron referenciados con el nivel medio de las mareas bajas (NMMB), esto con base en las tablas de predicción de mareas (Tablas de Predicción de Mareas 2003,2004).

Para detectar la marea baja se colocó un estadal dentro del agua y se registraron los cambios en el nivel del agua y la hora. Cada valor obtenido del estadal tiene un valor correspondiente con la tabla de predicción de mareas de ese día. Los valores de la marea baja fueron los que se tomaron como base para obtener dicha correspondencia.

Para evaluar la microtopografía se utilizó el procedimiento mencionado por García-Márquez, (1984). Para ello, se utilizó una manguera transparente de 12 m de longitud y 0.5 cm de diámetro la cual se llenó con agua. El menisco de agua en un extremo de la manguera se mantuvo en el "0.0" del estadal que se encontraba dentro del agua. El primer punto de cada transecto fue señalado por el inicio de la franja de vegetación; en el caso de *R. mangle* donde se encontraban las primeras raíces adheridas al fondo o los primeros árboles de *L. racemosa* o *A. germinans*. En este primer punto se colocó un estadal de PVC de 1.80 m de longitud al cual se llevó el menisco de agua del otro extremo de la manguera; sobre este estadal se puso una marca manteniendo el "0" del estadal del agua. Posteriormente se midió la distancia del punto señalado en el estadal hasta el suelo. El siguiente punto tenía como referencia el anterior y así sucesivamente hasta abarcar la franja de manglar. Los diferentes puntos del transecto fueron determinados por un cambio en la vegetación o en el relieve.

En cada punto evaluado se determinó la salinidad intersticial con un refractómetro (modelo manual portátil "CHASEbrand" Modelo # 80-124 el cual determina concentraciones máximas de 100 ‰), cavando un pozo de aproximadamente 30 cm de profundidad y tomándose una muestra del agua que había permeado. En los sitios donde la salinidad sobrepasaba el límite de lectura del aparato, la muestra se diluyó hasta que pudiera ser cuantificable.

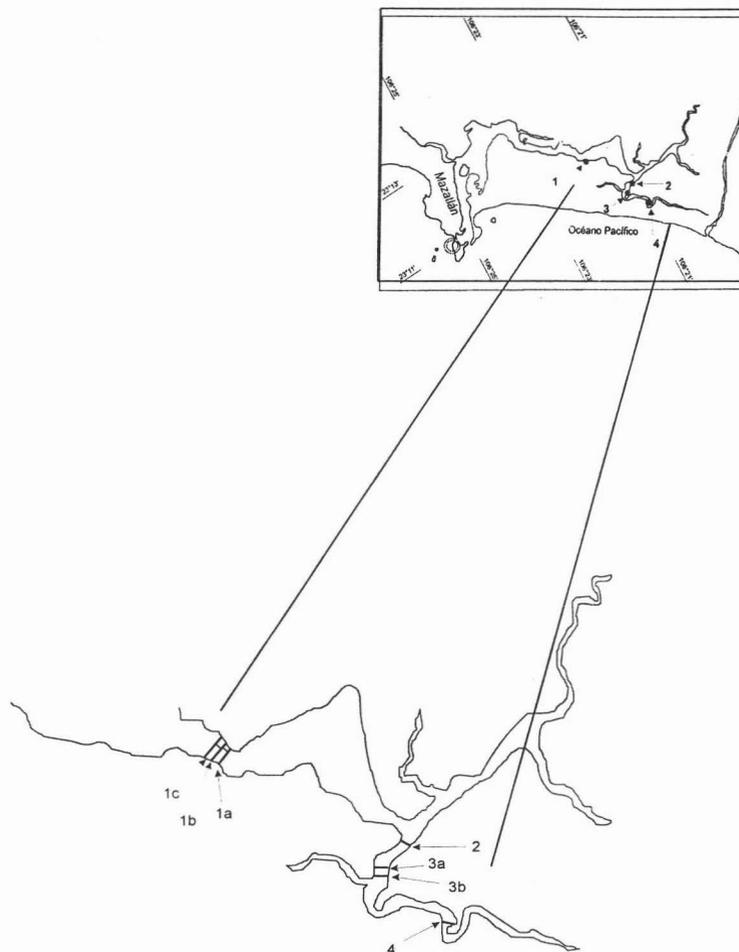


Figura. 2. Transectos de microtopografía realizados en las diferentes zonas de estudio en el Estero de Urías.

6.1.3 Estructura de la vegetación

En las zonas donde se realizaron los transectos de microtopografía se determinó la estructura de la vegetación. El método empleado fue el de los cuadrantes centrados en un punto de Cottam y Curtis (1956), modificado para manglares por Cintron-Molero y Schaeffer (1984). Este método evalúa la densidad de árboles, área basal y abundancia de las especies de manglar.

En cada sitio se evaluaron mínimo 10 puntos a lo largo de un transecto "lineal" dependiendo de la accesibilidad; la longitud del transecto fue variable y estuvo en función de la extensión de la franja de manglar. La distancia entre los puntos estuvo en función de los cambios en el tipo de vegetación o relieve, pero, en general había 10 m entre punto y punto. Cada punto fue establecido perpendicular a la dirección del transecto.

Se determinó la distancia del árbol más cercano al punto (d). Para obtener el diámetro a la altura del pecho (dap), se midió la circunferencia del árbol a 1.3 m del suelo en el caso de árboles erectos (*A. germinans* y *L. racemosa*) y sobre el zanco más alto para *R. mangle*. Para convertir circunferencia en (dap), se utilizó la fórmula $c = \pi d$ (donde c es la circunferencia y d el diámetro). En cada punto se registró la especie evaluada.

6.2 Trabajo realizado en el Instituto

6.2.1 Colecta de semillas

El 25 de agosto de 2003 se colectaron hipocótilos maduros de *Rhizophora mangle* en el estero de Urías poco antes del desprendimiento de la planta madre, al día siguiente de la colecta se les añadió agua a 0‰. Se colocaron en recipientes de plástico con capacidad de 600 ml y una altura de aproximadamente 21 cm (-un hipocótilo por envase-). Se mantuvieron en estas condiciones hasta que se sembraron en los contenedores.

Se colectaron semillas maduras de *Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa* el 4 de septiembre de 2003; se colocaron el mismo día en cubetas con agua a 0‰ para ser sembradas al día siguiente en charolas de unicel (67 x 34 x 7.5 cm) con capacidad para 128 semillas. El sustrato utilizado es un producto de marca comercial "Sunshine" que contiene como ingredientes principales 70 - 80% de turba Canadiense Esfagnacea, vermiculita, piedra caliza (para ajustar pH), yeso agrícola y agente humectante.

Las plántulas de las tres especies se sembraron el 21 de octubre de 2003 en los contenedores de PVC.

6.2.2 Características de los contenedores

Los contenedores de PVC medían 50 cm de longitud y 12 cm de diámetro. Estos contenedores se colocaron dentro de otro más grande con capacidad para 70 litros, 57 cm de altura y 45 cm de diámetro. Este contenedor albergó siete contenedores individuales.

Los contenedores individuales se llenaron con una capa de 10 cm de grava de tamaño pequeño en la base, sobre ésta se colocó una mezcla de arena con el sustrato comercial en proporciones 3:1 respectivamente, dejándose 10 cm libres desde el suelo hacia la parte superior del contenedor.

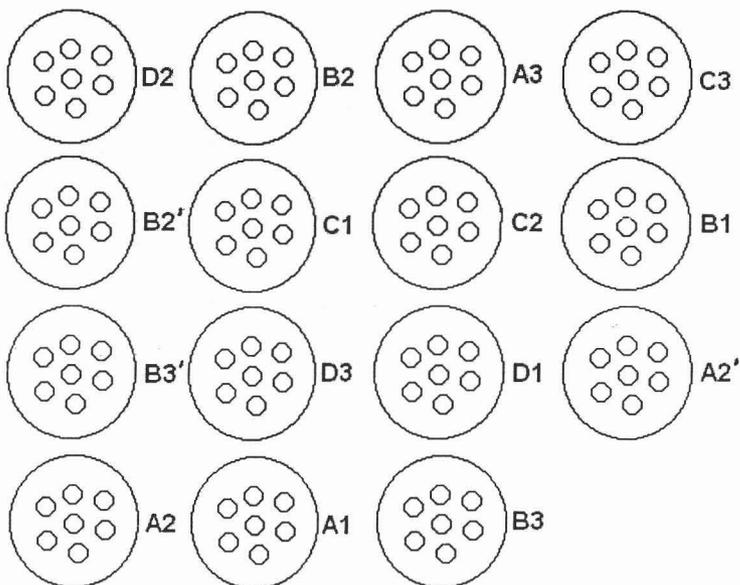
6.2.3. Diseño experimental

La posición de cada contenedor se determinó al azar, al igual que las plántulas de cada contenedor individual.

Para el ensayo se dispuso de cuatro tratamientos, cada uno con una concentración salina distinta: 0‰, 15‰, 30‰ y 45‰. Las concentraciones 15 y 30‰ se prepararon mezclando agua marina con agua dulce, para la de 45‰ se agregó sal marina de marca comercial "Instan Ocean" al agua marina. La salinidad de cada solución se determinó mediante el empleo del refractómetro de características antes descritas.

A cada tratamiento se les asignó una letra: 0‰ (A), 15‰ (B), 30‰ (C) y 45‰ (D). A las especies se les asignó un número: *Rhizophora mangle* (1), *Laguncularia racemosa* (2) y para *Avicennia germinans* (3). Algunos de los tratamientos se mantuvieron en un nivel de agua más bajo, están identificados con una coma (‘).

En total se instalaron 105 plántulas: 28 de *Rhizophora mangle*, 42 de *Laguncularia racemosa* y 35 de *Avicennia germinans*. Se distribuyeron en 15 tratamientos (cuatro en 0‰, cinco en 15‰, tres en 30‰ y tres en 45‰). Cada tratamiento estuvo conformado por siete plántulas de la misma especie, consideradas como réplicas (Fig. 3).



- (D2) - 45 ‰, *Laguncularia racemosa*
 (B2) - 15 ‰, *Laguncularia racemosa*
 (A3) - 0 ‰, *Avicennia germinans*
 (C3) - 30 ‰, *Avicennia germinans*
 (B2') - 15 ‰ Nivel Bajo, *Laguncularia racemosa*
 (C1) - 30 ‰, *Rhizophora mangle*
 (C2) - 30 ‰, *Laguncularia racemosa*
 (B1) - 15 ‰, *Rhizophora mangle*
 (B3') - 15 ‰ Nivel Bajo, *Avicennia germinans*
 (D3) - 45 ‰, *Avicennia germinans*
 (D1) - 45 ‰, *Rhizophora mangle*
 (A2') - 0 ‰ Nivel Bajo, *Laguncularia racemosa*
 (A2) - 0 ‰, *Laguncularia racemosa*
 (A1) - 0 ‰, *Rhizophora mangle*
 (B3) - 15 ‰, *Avicennia germinans*

Figura 3. Diseño experimental, tratamientos y especies

6.2.4 Periodo de observación

El periodo de observación abarcó siete meses (octubre-2003 – junio-2004), tiempo durante el cual se realizó únicamente un cambio de agua en todos los contenedores el 4 de marzo de 2004. En esta ocasión la concentración de 45 ‰ se preparó evaporando agua. Se determinó el crecimiento de la plántula evaluando su altura, durante el primer mes se midió cada semana, luego, con mediciones mensuales. Antes de sembrarse en los contenedores individuales se tomaron dos medidas por cada plántula, la primera desde la raíz hasta la zona de inserción de las hojas más recientes (L1) y la segunda desde el suelo hasta la zona de inserción del último brote (L2). En *Rhizophora mangle* se tomó una tercer medición a partir del meristemo de crecimiento a la zona de inserción del último brote (L3). Esta primer medición se tomó como tiempo inicial ó T_0 y el día 235 de observación fue el tiempo final o T_f (Fig. 4).

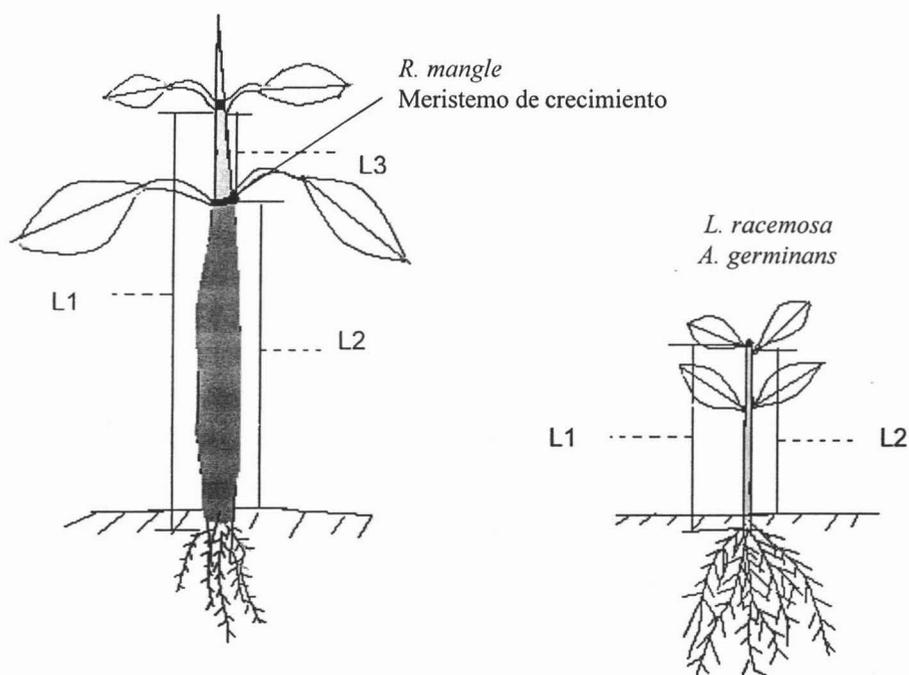
Las tres especies se mantuvieron inundadas permanentemente 2 cm sobre el nivel del suelo durante el primer mes, el mes siguiente se bajó el nivel 2 cm por debajo del suelo a *L. racemosa* y a *A. germinans* ya que presentaron amarillamiento progresivo en las hojas. En el mes de abril se disminuyeron nuevamente 8 cm en el nivel de agua de *A. germinans*, (10 cm en total) debido a que la apariencia de las hojas no mejoraba.

Las plántulas desde que se sembraron se mantuvieron bajo una malla-sombra para atenuar la luz un 60%; (Agráz-Hernández, 1999) disminuyendo así la evaporación excesiva, ésta se retiró la segunda semana de enero (78 días después).

En temporada de lluvias, principalmente en la noche los contenedores se cubrieron con plástico para evitar un descenso en la concentración salina, al igual que en los meses de enero y febrero de 2004 en los que la fuerza del viento y la

disminución de la temperatura quemaron algunos meristemos apicales y los bordes de las hojas.

La valoración de la salinidad se realizó diariamente durante el primer mes, detectándose variación en la salinidad de 1‰ al tercer día. En los meses siguientes las valoraciones fueron cada tercer día. Para regresar a las condiciones preestablecidas se añadió agua dulce y se agitó para favorecer la mezcla de agua; posteriormente se verificaba que la salinidad fuera la deseada.



- L1 - Altura desde la raíz hasta la inserción de hojas del último brote.
- L2 - Altura desde el suelo, después de la siembra hasta la inserción de hojas del último brote.
- L3 - Altura desde el meristemo de crecimiento hasta el último brote solo, en *R. mangle*.

Figura 4. Mediciones de las plántulas antes de sembrarse y durante el experimento.

6.2.5 Análisis Estadístico

Se aplicaron los estadísticos de media y desviación estándar para determinar la distribución topográfica de los manglares en relación a la amplitud de la marea, así como para determinar la distancia promedio entre los árboles. Estos estadísticos se usaron también para la determinación de la altura y las tasas de crecimiento de las plántulas en el diseño experimental realizado en el Instituto.

Por medio del programa JMP se realizó un Análisis de Varianza (ANOVA), con dos factores: Factor 1. Concentración de salinidad; Factor 2. Especie, considerando como variable de respuesta los cambios en la tasa de crecimiento absoluto ($T_f - T_o$). Con las diferencias que se obtuvieron del Análisis de Varianza, se procedió a realizar un análisis de contrastes para determinar entre que especies y tratamientos se presentaron las diferencias. Para determinar el efecto de los tratamientos, sobre *L. racemosa* en 0 y 15‰, que se mantuvo con nivel de agua bajo, se realizó un ANOVA de una vía con el mismo programa.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 Transectos de microtopografía y salinidad intersticial

Se sabe que los procesos geomorfológicos de una zona pueden regular la extensión y estructura de un bosque de manglar, estos procesos más factores como la tasa de evaporación y precipitación, las cuales son muy importantes en regiones como el noroeste de México, donde la evaporación excede la precipitación, pueden enmascarar la importancia local de la variación espacial o temporal de la salinidad, limitando la distribución y abundancia de las especies (Ball, 1988; en Ball, 1998).

En la Tabla 1 se muestran datos de salinidad intersticial determinados en los sitios de estudio, posterior a la época de lluvias (julio-octubre) y en época de sequía. El efecto de la salinidad sobre la vegetación de manglar de la zona de estudio, se detallará a continuación.

Tabla 1. Valores mínimos y máximos de salinidad intersticial determinados en el presente estudio.

Sitio	Salinidad (‰)	Fecha
Marisma	47-142	Nov-03
Marisma	47-134	May-04
Marisma	50-234	May-04
<i>A. germinans</i>	40-60	Jun-04
<i>A. germinans</i>	40-56	Jun-04
<i>L. racemosa</i>	42-46	Jun-04
<i>A. germinans</i> (matorral)	40-60	Jun-04

Sitio 1

En el presente estudio, se observó que en el Sitio 1, la marisma se encuentra entre una franja de manglar tipo borde junto al canal de marea principal y por una pequeña franja de *Avicennia germinans* mezclada con *Conocarpus erectus* y el límite con la vegetación terrestre. Esta disposición a simple vista podría indicar que la marisma debería estar colonizada por *A. germinans*; sin embargo, esto no ocurrió así. La marisma no ha sido colonizada por ninguna especie. Esta condición indica que además de las características topográficas existe otro factor o factores que limitan la colonización de las especies (Fig. 5a, 6a y 7a).

La presencia de un bordo natural en la zona modifica el patrón de inundación en la marisma, limitando el ascenso y descenso uniforme de la marea, inclusive, el flujo mareal se realiza principalmente por un canal artificial, construido hace algunos años con la finalidad de favorecer el flujo de agua. Este canal crea un efecto de embudo tanto en pleamar como en bajamar (en bajamar el agua es retenida por más tiempo en la marisma). Estas condiciones aunado a la presencia de un sustrato muy duro a pocos centímetros por debajo de la superficie, son factores que pueden favorecer el calentamiento del sustrato, provocando una evaporación elevada y por tanto intensificar las condiciones de hipersalinidad, lo que hace imposible la colonización de la marisma por cualquier tipo de vegetación; esto a pesar de que se ha observado que el sitio es inundado casi en su totalidad generalmente una vez al día, durante la mayor parte del año.

Se detectaron concentraciones salinas muy cambiantes, después de la temporada de lluvias (julio – octubre) en 2003, cerca del canal artificial la salinidad fue de 47 ‰, mientras que hacia la mitad de la marisma fue de 142 ‰; en mayo de 2004 (temporada de sequía), la salinidad mínima registrada cerca del canal artificial fue de 50 ‰ y la máxima a media marisma fue de 234 ‰, con formación de parches blanquecinos por concentración de cristales de sal en algunos espacios cercanos a la vegetación terrestre (Tabla 1).

El sitio 1, está caracterizado también por presentar en la orilla una pendiente muy pronunciada, lo cual permite una distribución de las especies muy definida, llamada también "zonación clásica": *Rhizophora*, *Laguncularia*, *Avicennia*, *Conocarpus* y Vegetación terrestre.

Sitio 2

El Sitio 2 (Fig. 8a) se encuentra en una zona donde el canal principal forma una curva muy cerrada, por lo que al hacer el transecto encontramos dos veces el canal de marea; así que el transecto podía iniciar en cualquiera de los dos lados, sin embargo, el acceso era más fácil por un lado.

En la entrada la presencia de *R. mangle* fue mínima, casi todos los árboles eran de *L. racemosa* en una franja de aproximadamente 10 m, le siguió una pequeña franja de 3 m donde compartían espacio *L. racemosa* y árboles de *A. germinans* con altura mayor a 3.0 m, después de esta franja, comenzaba el matorral de *A. germinans* con altura no mayor a 1.0 m, el cual se extendía casi hasta el otro extremo, abarcando aproximadamente 70 m del transecto; en este punto, el límite entre el matorral y los árboles altos es inconfundible, inmediatamente se pueden observar los árboles de mayor altura de *A. germinans*, como en la parte de enfrente, pero en una franja de casi 15 m. Terminando esta franja se encontraron distribuidas en 3 m, las tres especies. Después de esto se encontró una franja de mezcla entre *L. racemosa* y *R. mangle*, luego únicamente *R. mangle* hasta llegar por segunda vez al canal de marea.

Analizando más detenidamente el transecto del Sitio 2, se observó que hay dos puntos más altos, en los extremos del transecto, los cuales coincidieron con los árboles de mayor altura de *A. germinans*. Estos dos puntos crean un efecto de

micro cuenca, ya que es casi imperceptible, sin embargo en ésta es donde se encontró el matorral de *A. germinans*.

En cuanto a salinidad intersticial, la vegetación tipo matorral presentó salinidad de 60 ‰. La vegetación tipo borde en los dos extremos fue de 40 – 43 ‰. Se pudo apreciar claramente que esta zona se inunda solo durante las mareas más altas, en bajamar el agua permanece estancada en la micro cuenca y por tanto sujeta a mayor evaporación creando condiciones de salinidad elevada, aunque no tan severas como en el Sitio 1. El estrés salino limita el crecimiento de *A. germinans*, a ello se debe la modificación en la fisonomía creciendo solo como matorral. Los valores de salinidad posiblemente disminuyan un poco en época de lluvias, sin embargo no parece ser suficiente como para disminuir las concentraciones de salinidad y permitir que *A. germinans* crezca más.

Sitio 3

Los transectos del Sitio 3, presentan una “zonación inversa”, esto es, la parte de enfrente en lugar de ser colonizada por *R. mangle* o *L. racemosa*, presentó *A. germinans* (Fig. 9a y 10a), con salinidad intersticial de 40 – 52 ‰, pocos días después la salinidad aumentó a 60 ‰. A esta especie, le seguía una zona de alternancia con *R. mangle* con salinidad de 46 – 56 ‰ y en la parte posterior solo se encontró a *R. mangle* con salinidad de 56 ‰, descendiendo a 51 ‰ en un pequeño canal secundario (Fig. 10a). La presencia de este canal secundario puede favorecer el flujo de agua y por tanto ayudar a disminuir las condiciones de hipersalinidad. Los valores de salinidad intersticial antes mencionados se obtuvieron en el mes de junio, cuando era época de sequía (Tabla 1), así que podemos suponer que en época de lluvias la salinidad de este sitio disminuye y en la zona adyacente al canal secundario bajaría aun más, disminuyendo las condiciones por estrés salino en *R. mangle* y así explicar por qué se presenta en una franja amplia.

El Sitio 3 con abundancia de *A. germinans*, tiene la característica particular de que en la parte de enfrente junto al canal de marea, se pueden ver los árboles de *A. germinans* inclinados hacia el agua. Esta inclinación no se debe a que su crecimiento se haya dado en esa dirección, aparentemente el sustrato se está perdiendo. La velocidad de la corriente en esta área del estero parece ser muy alta, inclusive, en marea baja se puede apreciar una pared casi vertical con huecos sin sustrato debajo de los árboles de la orilla.

Lo descrito en el párrafo anterior nos permitió proponer una posible causa para la “zonación inversa”. Posiblemente antes sí había niveles más bajos colonizados tal vez por *L. racemosa* o *R. mangle*, sin embargo, pudieron perderse por erosión del sustrato.

Sitio 4

En el Sitio 4 con abundancia de *L. racemosa*, se encontraron características micro topográficas muy particulares (Fig. 11a). Al frente junto al canal de marea se detectaron dos escalones o desniveles en una distancia de aproximadamente 15 m, el primero entre 31.5 – 54.5 cm sobre el Nivel Medio de las Mareas Bajas (NMMB), abarcó 10 m, este espacio es mono específico para *L. racemosa*. El siguiente escalón tiene una pendiente pronunciada en solo 5 m (54.5 – 91.5 cm sobre el NMMB). En el límite del metro 15 se hace presente *R. mangle* y comienza la alternancia entre estas dos especies. La salinidad intersticial en este sitio se mantuvo más uniforme de 44- 46 ‰, disminuyendo hasta 42 en la parte posterior, mono específica para *R. mangle*.

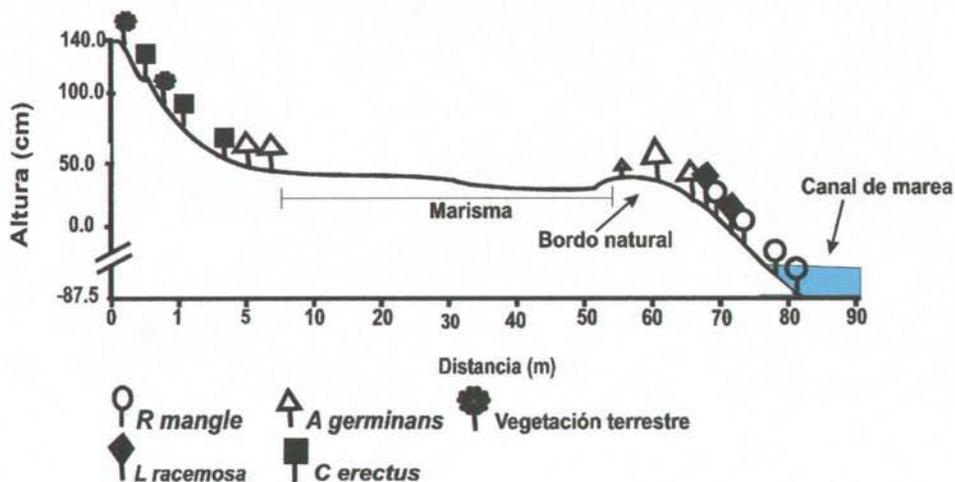
La microtopografía revela en esta zona una serie de pequeñas micro cuencas oscilando entre los 10 y 15cm por lo que a simple vista no se perciben, sin embargo, estas pequeñas variaciones son determinantes para encontrar en

este sitio las dos especies, cada una colonizando el área donde encuentra las condiciones más adecuadas para desarrollarse y en un intervalo tan estrecho que como se mencionó anteriormente, puede modificarse originando el desplazamiento de cualquiera de las dos especies.

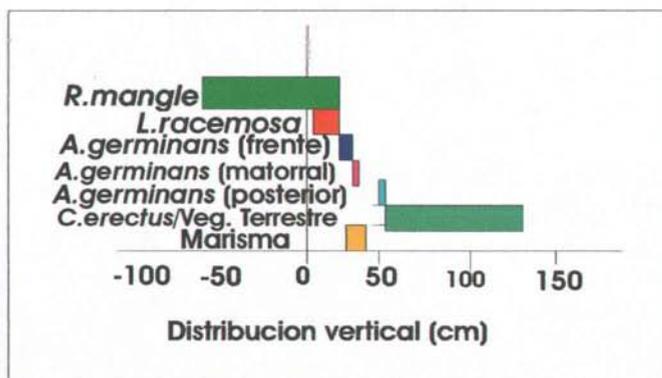
Ellison (2000), menciona que si a lo largo de un transecto las especies exhiben una zonación habría menos solapamientos o pocas co-ocurrencias en una elevación mareal dada.

Esta idea puede tener algo de cierto, sin embargo, es muy difícil de ocurrir en la naturaleza, puesto que las especies que habitan este tipo de ecosistemas comparten varias características fisiológicas que les permiten adaptarse al sitio. En una elevación dada por pequeña que sea, pueden coexistir las especies que tengan los medios suficientes para hacerlo. Esta co-ocurrencia puede ser tan frágil que, una alteración mínima en el ambiente puede desplazar a una o varias especies o reducir su intervalo de colonización.

En los diferentes sitios muestreados en el Estero de Urias solo se encontró un sitio en el que la zonación está definida (Sitio 1), los demás presentan "alternancia" de especies, por lo que podemos suponer que en este caso la microtopografía es un factor muy importante en la distribución de las diferentes especies. Estos resultados se contraponen a los registrados por Rabinowits (1975), en los cuales se concluye que *L. racemosa* no se encuentra en sitios donde se presenta *R. mangle*. En el presente estudio se encontraron estas dos especies compartiendo parte de la amplitud topográfica. Con respecto a *A. germinans* este autor reporta que la encontró en todas las zonas, sin embargo nosotros la encontramos en sitios con frecuencia y periodo de inundación menor y con amplitudes topográficas estrechas, compartiendo espacio con *L. racemosa* y *R. mangle*.

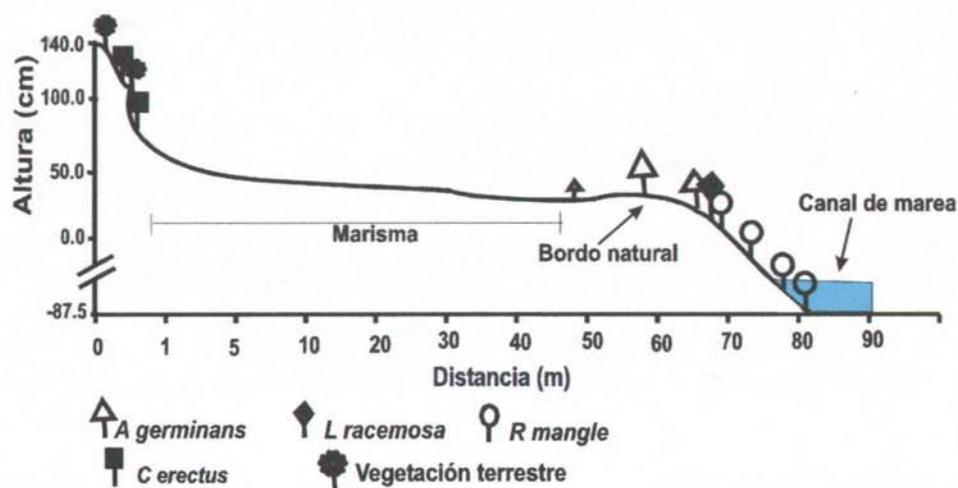


a)

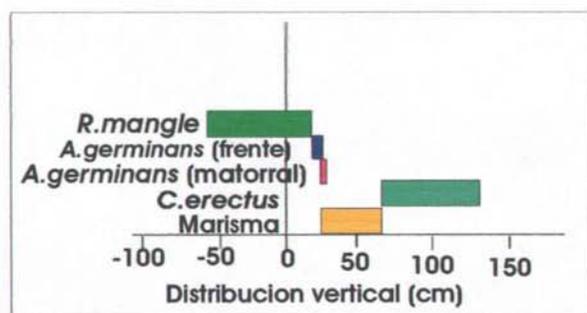


b)

Figura 5. Sitio 1a. a) Transecto de microtopografía. b) Distribución vertical (diferencia entre los límites de distribución, superior e inferior) de cada especie.



a)



b)

Figura 6. Sitio 1b. a) Transecto de microtopografía. b) Distribución vertical (diferencia entre los límites de distribución, superior e inferior) de cada especie.

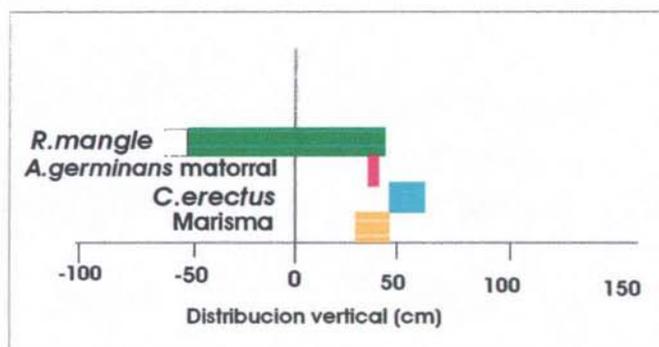
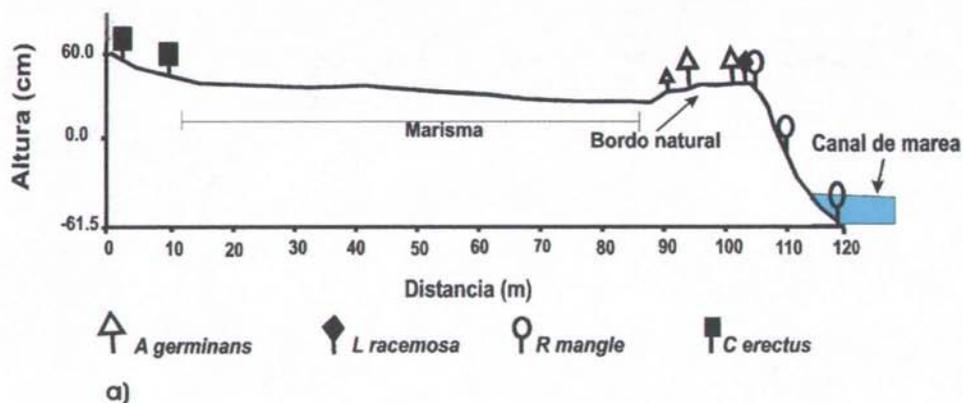
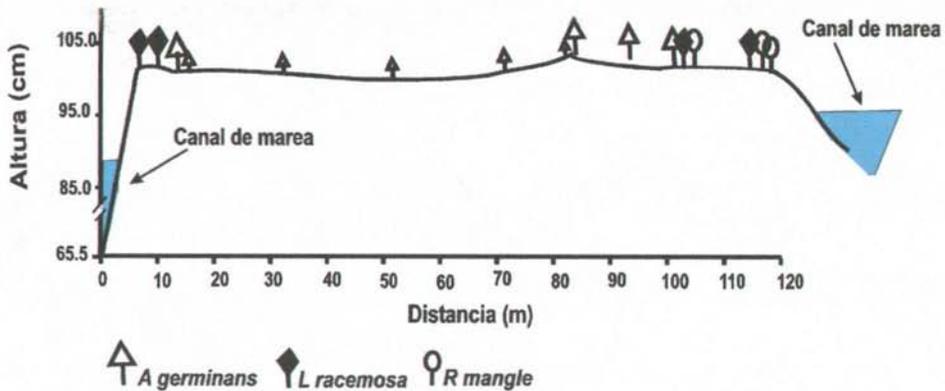
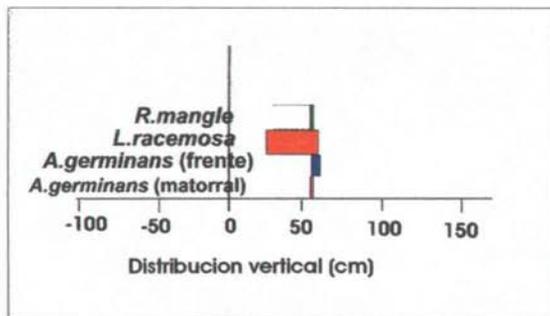


Figura 7. Sitio 1c. a) Transecto de microtopografía. b) Distribución vertical (diferencia entre los límites de distribución, superior e inferior) de cada especie.

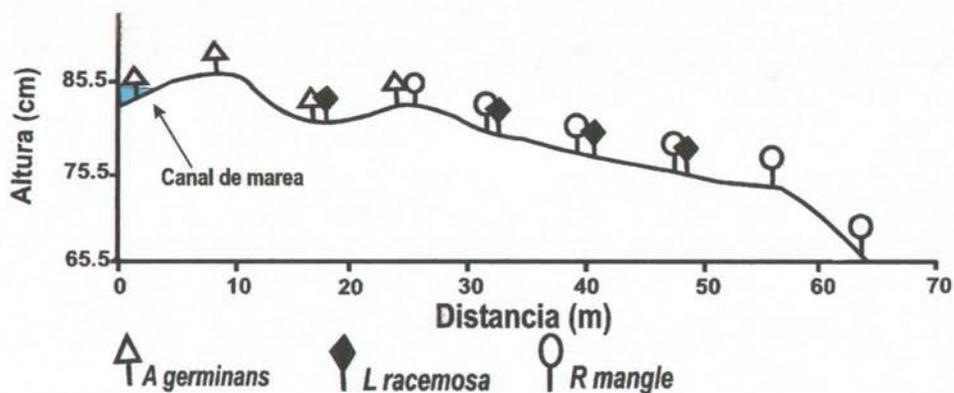


a)

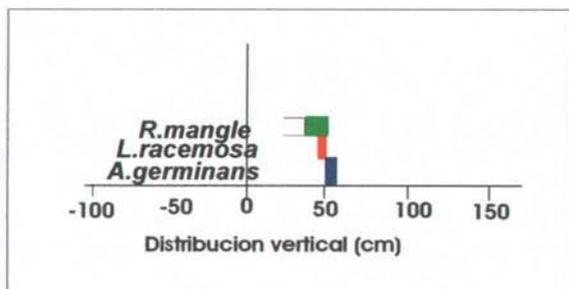


b)

Figura 8. Sitio 2. a) Transecto de microtopografía. b) Distribución vertical (diferencia entre los límites de distribución, superior e inferior) de cada especie.

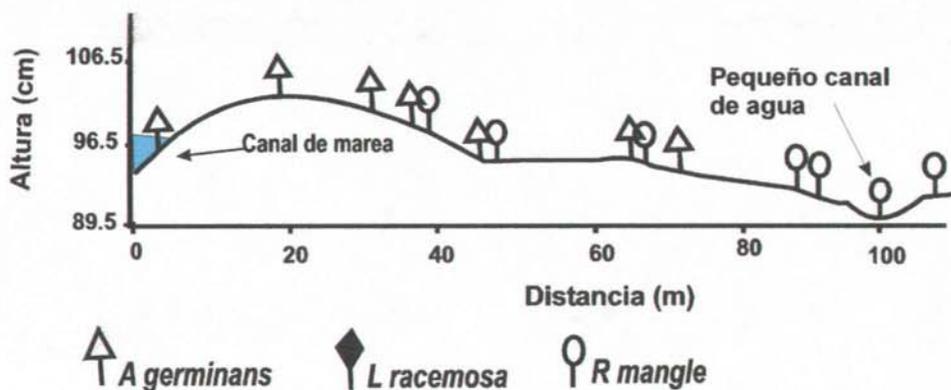


a)

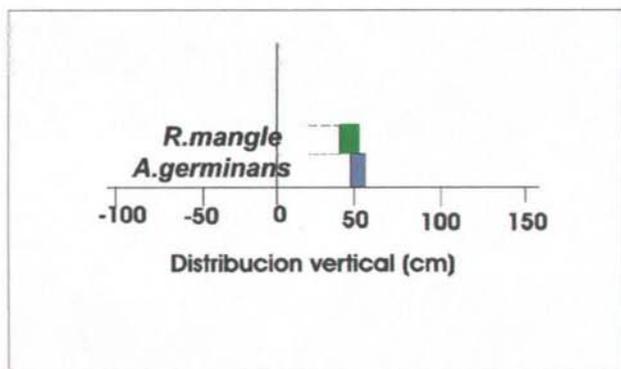


b)

Figura 9. Sitio 3a. a) Transecto de microtopografía. b) Distribución vertical (diferencia entre los límites de distribución, superior e inferior) de cada especie.

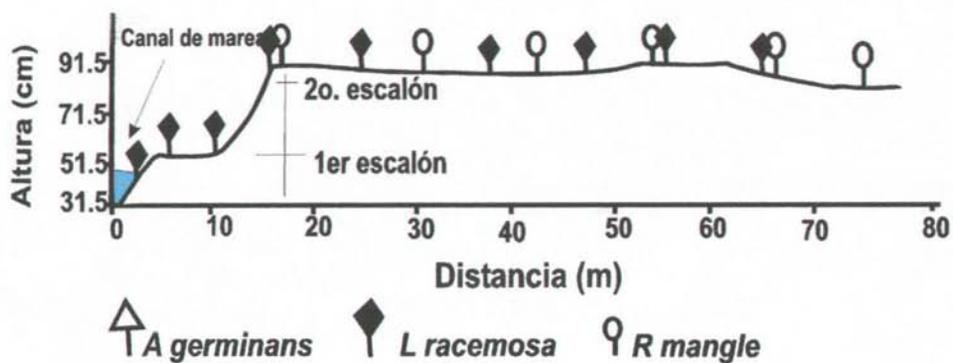


a)

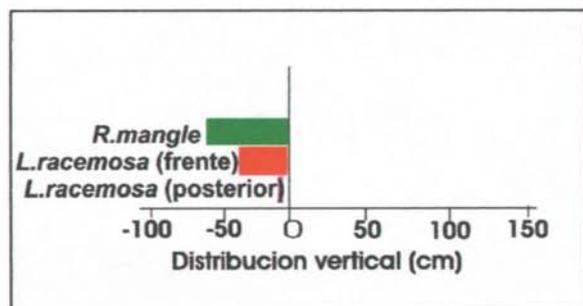


b)

Figura 10. Sitio 3b. a) Transecto de microtopografía. b) Distribución vertical (diferencia entre los límites de distribución, superior e inferior) de cada especie.



a)



b)

Figura 11. Sitio 4. a) Transecto de microtopografía. b) Distribución vertical (diferencia entre los límites de distribución, superior e inferior) de cada especie.

7.2 Distribución topográfica de los manglares y niveles de inundación.

Los intervalos de distribución de las especies están dados en función del Nivel Medio de las Mareas Bajas (NMMB). Este nivel es el plano de referencia que se toma en cuenta en las Tablas Predicción de Mareas. Para el puerto de Mazatlán, dicho plano se localiza 0.61 m por debajo del Nivel Medio del Mar (NMM), por lo que si se desea conocer el valor con respecto al NMM, será necesario sumar 61 cm a cada valor reportado (Tablas de Predicción de Mareas, 1993).

En la Tabla 2 se presentan los intervalos de distribución topográfica con respecto al (NMMB). El intervalo está definido por los límites inferior y superior en donde se presentó una especie en particular. La distribución vertical es el resultado de la diferencia entre estos límites y se relaciona también con la amplitud de la marea.

Tabla 2. Intervalos de distribución y distribución vertical de las especies en el Estero de Urías.

Sitio	Especie	Intervalo de distribución (cm)		Distribución vertical (cm)
1a	<i>R. mangle</i>	-66.5	21.0	87.5
	<i>L. racemosa</i>	5.5	21.0	15.5
	<i>A. germinans</i> (frente)	21.0	34.5	13.5
	<i>A. germinans</i> (matorral)	34.5	39.0	4.5
	<i>A. germinans</i> (posterior)	48.5	53.5	5.0
	<i>C. erectus</i> - Veg. Terrestre	53.5	137.5	84.0
	Marisma	30.4	43.0	13.0
1b	<i>R. mangle</i>	-58.5	18.0	76.0
	<i>A. germinans</i> (frente)	18.0	28.0	10.0
	<i>A. germinans</i> (matorral)	24.5	28.0	3.5
	<i>C. erectus</i>	68.5	132.5	64.0
	Marisma	24.5	68.5	44.0
1c	<i>R. mangle</i>	< -61.5	39.0	< 100.5
	<i>A. germinans</i> (matorral)	33.5	35.5	2.0
	<i>C. erectus</i>	48.5	62.5	14.0
	Marisma	28.0	48.5	20.5
2 *	<i>R. mangle</i>	< 58	59.0	> 1
	<i>L. racemosa</i>	25.5	61.5	36.0
	<i>A. germinans</i>	59.0	62.5	1.0
	<i>A. germinans</i> (matorral)	58.5	59.5	3.5
3a *	<i>R. mangle</i>	< 37.5	53.5	16.0
	<i>L. racemosa</i>	45.5	51.5	6.0
	<i>A. germinans</i>	51.0	59.0	8.0
3b *	<i>R. mangle</i>	< 42.5	55.0	> 12.5
	<i>A. germinans</i>	47.0	59.0	12.0
4 *	<i>R. mangle</i>	-60.0	> 0.5	> 59.5
	<i>L. racemosa</i> (frente)	-37.0	-0.5	36.5
	<i>L. racemosa</i> (posterior)	-8.0	-2.0	6.0

* Datos ajustados al Nivel Medio de las Mareas Bajas (NMMB)

Sitio 1

En los transectos del Sitio 1, los intervalos de distribución más amplios los presentó *R. mangle*, la especie que le siguió fue *L. racemosa*, con un intervalo restringido con respecto a *R. mangle*, aunque en los transectos 1a y 1c, ni siquiera fue posible establecer la distribución de esta especie por la ausencia de árboles de esta especie.

A. germinans tiene el intervalo más estrecho de las tres especies (Tabla 2), cabe hacer notar que su intervalo en el transecto 1a se encuentra dentro del intervalo de *R. mangle* (Fig. 5b, 6b, 7b), lo que permite suponer que su permanencia en este sitio es muy frágil. Observando los tres transectos de microtopografía, esta especie se encuentra sobre el bordo natural, por lo que se inunda menos tiempo y con menos frecuencia además de que no hay que olvidar que es la especie que se ubica en zonas de frecuencia de inundación menor y tolera concentraciones salinas más elevadas, aspecto que le confiere ventaja sobre las otras dos especies, las cuales se desarrollan mejor en salinidades menores a la concentración del agua de mar (Cintron *et al.*, 1978).

Esto puede explicar la presencia de *A. germinans* en un intervalo tan restringido. Sin embargo, es de suponer que si llegaran a modificarse las condiciones hídricas por un aumento en la frecuencia y tiempo de inundación, ya sea por medios naturales o artificiales, podría resultar en el desplazamiento o eliminación de esta especie ya sea por *L. racemosa* o *R. mangle*.

Sitio 2

Si observáramos el Sitio 2 solo por encima, lo veríamos plano, por lo que no habría manera de determinar intervalos de distribución bien definidos ni amplios. Sin embargo los transectos de microtopografía permitieron encontrar las pequeñas variaciones y determinar la distribución de las especies (Fig. 8).

Como se mencionó en la sección anterior, en este sitio se detectaron dos puntos altos en los extremos formando una microcuenca hacia el centro. Esta microcuenca tuvo cuatro centímetros de profundidad y en esta altura tan estrecha se encontraron distribuidas las tres especies.

El matorral de *A. germinans* de aproximadamente de 1 m de altura, se encontró en la parte más baja de la microcuenca entre 0.0 – 1.0 cm; en dirección al inicio del transecto se encontró una pequeña franja de árboles de *A. germinans* con altura mayor 3 m. Estos árboles son los que se ubican en los puntos más altos en ambos extremos, de los cuatro centímetros se ubicaron desde 0.5 – 4.0 cm. *L. racemosa* se encontró compartiendo espacio con *A. germinans* de 0.0 – 3.0 cm.

Las especies que registraron la distribución vertical más amplia fueron *L. racemosa*, la cual, fuera de la microcuenca se extendió hasta los 36 cm (Tabla 2) y fue la especie que se encontró al frente y *R. mangle* que fue más abundante en el otro extremo del transecto. No se tiene el intervalo para *R. mangle* debido a que se perdió la lectura del transecto.

Sitio 3

En el Sitio 3, la distribución vertical (diferencia de los límites de distribución) fue de 21.5 cm (Tabla 2), es una zona de baja pendiente, por lo que al igual que en el Sitio 2, los intervalos no estuvieron claramente definidos, ni muy amplios. El intervalo de cada especie está contenido en el de las otras, solo en unos cuantos centímetros en la parte más alta pudo encontrarse individuos únicamente de *A. germinans* (Fig. 9b, 10b).

En el Sitio 4, solo se encontró a *L. racemosa* y *R. mangle*, *A. germinans* estuvo ausente. El intervalo de distribución de *L. racemosa* al frente es amplio, su distribución vertical fue de 36.5 cm (Fig. 11b), aunque menor que el de *R. mangle* con más de 59.5 cm, esta especie fue más abundante en la parte de atrás. La

presencia de los desniveles al frente, puede ser el factor que limita la distribución de las especies. En primer lugar porque representan un obstáculo para el flujo de la marea y luego por el efecto que tienen en la salinidad, la cual es un poco más elevada al frente. Una de las posibles respuestas de la vegetación a futuro, podría ser que el intervalo de distribución de cualquiera de las dos especies se hiciera más amplio o, que en lugar de presentarse dos especies el sitio podría volverse monoespecífico para cualquiera de las dos especies.

Obtenidos los intervalos de distribución topográfica y la diferencia de los mismos (distribución vertical) de cada una de las especies de manglar, así como la distribución de *C. erectus*, vegetación terrestre y la marisma se realizó el esquema de la (Figura 12), como un modo de condensar toda la información obtenida en los transectos y visualizar de alguna manera como se encuentran establecidos los manglares del Estero de Urías. De manera general podemos decir que la distribución vertical de los árboles de manglar (altos y matorrales) es de, 81.0 ± 17.0 cm para *R. mangle*, para *L. racemosa* de 30.0 ± 11.0 cm y para *A. germinans* de 9.0 ± 3.0 cm. Los valores reportados por Agráz-Hernández (1999) para el Estero de Urías son de 71.0 cm y >7.5 cm para *R. mangle* y *A. germinans* respectivamente, no hay dato disponible para *L. racemosa*.

L. racemosa según Davis (1940), se encuentra en una zona de transición entre *R. mangle* y *A. germinans*, además de que tolera casi todos los niveles de inundación. En el presente estudio, esta especie se registró en todas las zonas, excepto en el transecto 3b el cual está colonizado principalmente por *A. germinans* (Fig. 10a); en los sitios donde se presentaron las tres especies *L. racemosa* se encontró entre las otras dos. En las figuras 6a y 7a no aparece *L. racemosa*, porque se encontraron muy pocos árboles y no fue posible establecer un intervalo. La condición opuesta se presentó en el Sitio 4, colonizado principalmente por *L. racemosa*, mientras que la presencia de *A. germinans* fue muy baja (Fig. 11a).

El hecho de que se presente en mayor proporción *L. racemosa* en comparación con *A. germinans* en el Sitio 3 y al contrario en el Sitio 4, nos lleva a pensar que estas especies pueden compartir varias características fisiológicas y por tanto se presenta una mayor competencia entre ellas por el espacio. En este caso las características microtopográficas pueden ser un factor importante determinando el hidroperiodo y consecuentemente la salinidad. En zonas de mayor inundación se favorecerá el establecimiento de *L. racemosa* y en donde la frecuencia y el periodo de inundación son menores, la especie favorecida será *A. germinans*.

Aparentemente la distribución de *L. racemosa* parece ser más inestable o requiere condiciones más particulares, además de lo mencionado en los párrafos anteriores, porque se observó que en sitios donde los intervalos de distribución topográfica de *R. mangle* son amplios (Tabla 2), los de *Laguncularia* fueron más restringidos, lo cual puede indicar que, en efecto tolera frecuencia y periodo de inundación variados, sin embargo son menores que los tolerados por *R. mangle* y mayores a los soportados por *A. germinans*.

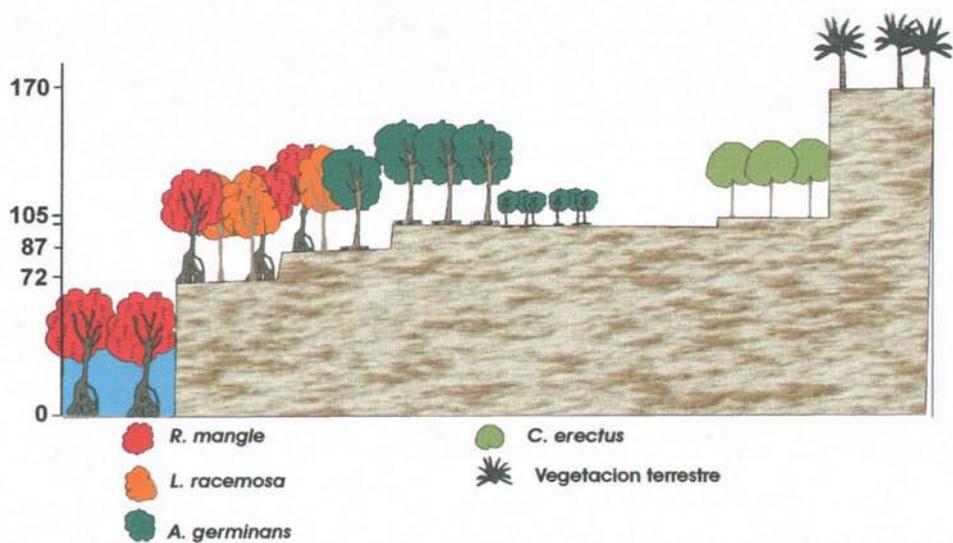


Figura 12. Zonación y distribución vertical (diferencia de los intervalos de distribución) que puede encontrarse en los manglares del Estero de Urías.

7.3 Observaciones de la Marea

Las tablas de predicción de mareas (Secretaría de Marina. Tablas de mareas 2003, 2004) indican las horas en que ocurren las pleamares y las bajamares, así como la altura en relación con el plano de referencia; esta predicción está determinada por las fuerzas gravitatorias que ejercen la luna y el sol sobre las aguas del océano. La marea en la zona de estudio se presenta con dos pleamares y dos bajamares por día, es marea mixta semi-diurna (Tablas de mareas 1992). Las variaciones en las mareas cambian en cada punto de nuestra geografía, sin embargo, las variaciones serán mayores en función de la distancia que exista entre nuestro sitio de estudio y el puerto o zona más cercana para el cual hay tablas de marea.

La observación de la marea en los diferentes sitios de estudio, nos mostró que existe un retraso tanto para marea alta, como para marea baja. En las Figuras 13-16, se indica, la hora de la marea alta (MAT) y marea baja (MBT) registrada en las Tablas de Mareas; se indican también, como (MAO) a la marea alta observada y (MBO) a la marea baja observada para el día señalado.

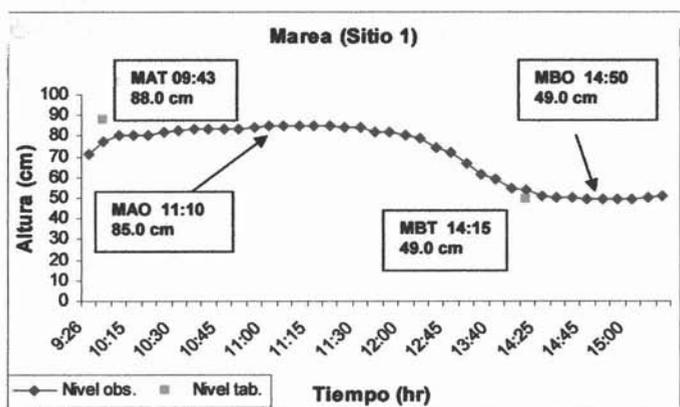
El tiempo de retraso no siempre está en función de la distancia. Relacionando la ubicación de los sitios de estudio con las observaciones de la marea, (aun cuando no son mediciones simultáneas) nos permitieron detectar que en el Sitio 1, que es el más cercano a la barra de comunicación con el mar, se presentó un tiempo de retraso en marea alta mayor que el retraso en la marea alta del Sitio 4, que es el más alejado.

El efecto de los fenómenos locales puede influir en el proceso. El viento pudo ser lo que determinó de manera importante la altura y permanencia del agua en los diferentes sitios, sobre todo cuando el viento soplaba en dirección opuesta al flujo de la marea. No se tienen datos de velocidad del viento, pero se pueden

percibir físicamente observando el arrastre de restos de hojarasca sobre el canal de marea, además de que el nivel del agua en el estadal no se desplazaba según lo esperado.

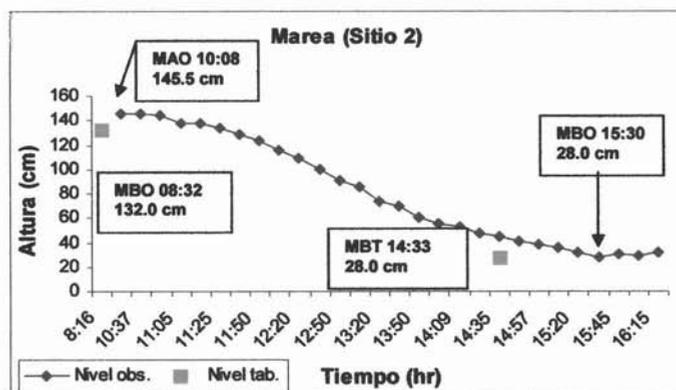
Los tiempos de inundación varían entre sitios y varían también dependiendo la amplitud de la marea y la fase lunar. Sin embargo, si hay relación en el tiempo de inundación para cada especie (Tabla 3). Por ejemplo, *R. mangle* es la especie que permanece por más tiempo inundada en todos los sitios, le sigue *L. racemosa* y por último *A. germinans*.

Aunque en general en los sitios 2, 3 y 4 los intervalos de distribución son estrechos a lo largo de los transectos respectivos, estos intervalos disminuyen todavía más en las especies que se encuentran en la parte de atrás. Esto puede deberse a que las condiciones se vuelven menos favorables conforme aumenta la distancia al canal de marea principal, lo que da como resultado un aumento en la salinidad, además de disminución de frecuencia y tiempos de inundación. Estas condiciones pueden crear un medio de competencia entre las especies, restringiéndose la colonización de una u otra, como ha sido sugerido en varios estudios (Youssef y Saenger, 1999; Bunt, 1999; Colloty *et al.*, 2002).



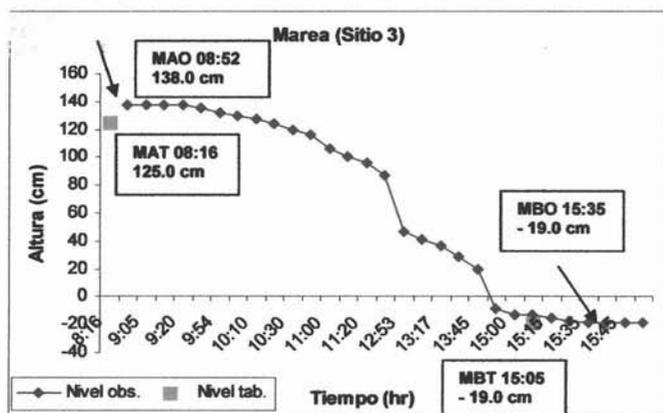
Retraso en Marea Alta Observada (MAO): 1hr 27'
Retraso en Marea Baja Observada (MBO): 0 hr 35'
18-jun-04 en Luna nueva

Figura 13. Marea Sitio 1.



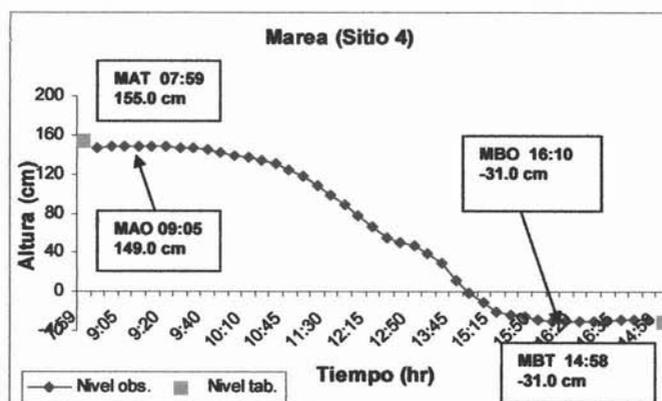
Retraso en Marea Alta: 1hr 20'
Retraso en Marea Baja: 0hr 57'
10-sep-03 en Luna llena

Figura 14. Marea Sitio 2.



Retraso en Marea Alta: 0hr 36'
 Retraso en Marea Baja: 0hr 26'
 10-nov-03 en Luna llena

Figura 15. Marea Sitio 3.



Retraso en Marea Alta: 1hr 06'
 Retraso en Marea Baja: 1hr 12'
 21-ene-04 en Luna nueva

Figura 16. Marea Sitio 4.

Tabla 3. Tiempos de inundación aproximados para cada especie.

Especie o característica	Sitio	Tpo. de inundación por especie	Extensión	Tiempo total de inundación
<i>R. mangle</i>	1	2hr 30' 5hr 24'	Franja completa Parcialmente	7hr 54'
<i>L. racemosa</i>	1	2hr 30'	Completa	2hr 30'
<i>A. germinans</i>	1	1hr 42'	Completa	1hr 42'
Marisma	1	1hr 48'	Parcialmente *	1hr 48'
<i>R. mangle</i>	3	2hr 46'	Parcialmente	2hr 46'
<i>A. germinans</i>	3	1hr 18'	Completa	1hr 18'
<i>L. racemosa</i>	3	1hr 28'	Completa	1hr 28'
<i>R. mangle</i>	4	2hr 41' 3hr	Franja completa Parcialmente	5hr 41'

*No se observó la marisma completamente inundada

El sitio 2 no está registrado debido a que en el muestreo esta zona no se inundó.

7.4 Estructura de la vegetación

Los bosques de manglar exhiben una gran variabilidad en su estructura, en base a sus parámetros medio ambientales, físicos y químicos del agua y del suelo. Dichos factores incluyen concentraciones de nutrientes aportados por los ríos o escurrimientos terrigénicos, precipitación e intensidad de evaporación, nivel topográfico, frecuencia y periodo de inundación debidos a la marea, composición del sedimento, así como tensores naturales: huracanes, sequías prolongadas, hipersalinidad, plagas y herbivoría. Esta variabilidad en la comunidad, origina distintos tipos fisonómicos de bosques, por lo cual presentan una estructura distinta, algunas veces se presentan como bosques monoespecíficos y en otras como asociación de varias especies (Flores-Verdugo, 1986); ambos tipos fisonómicos se observaron en el presente estudio (Tabla 4).

Como se muestra en la Tabla 4, la especie más abundante es el mangle negro (*A. germinans*) seguido por el mangle rojo (*R. mangle*). En tercer lugar se encuentran algunos individuos dispersos de *L. racemosa*, la cual solo dominó en el Sitio 4. El manglar tipo matorral se encontró en los límites con la marisma en el Sitio 1. El Sitio 2, fue monoespecífico para *A. germinans*, abarcando prácticamente toda el área.

A. germinans tipo matorral (Fig. 8), presenta densidades elevadas, pero áreas basales menores. Esto se debe a las condiciones de hipersalinidad del suelo. En el Sitio 1, se encuentra después de un bordo natural, el cual es probablemente el que dio origen a la marisma y en el Sitio 2, las características de la microtopografía formaron una cuenca en la cual el agua se concentra. Ambas características crean condiciones de hipersalinidad.

Tabla 4. Estructura de la vegetación en los diferentes sitios de estudio.

Sitio	Especie	Distancia promedio	Densidad (fustes ha ⁻¹)	Area basal promedio (m ² ha ⁻¹)
1	<i>A. germinans</i>	1.82	157.8	0.28
	<i>L. racemosa</i>	1.44	1,262.3	7.57
	<i>R. mangle</i>	1.57	2,787.6	6.97
		1.61	4,207.7	14.82
1	<i>A. germinans</i> (matorral)		54,000.0	24.88
2	<i>A. germinans</i> (matorral)		100,000.0	18.15
3	<i>A. germinans</i>	1.53	2,931.2	14.78
	<i>R. mangle</i>	1.53	1,332.3	2.18
		1.53	4,263.5	16.96
3*	<i>A. germinans</i>		2,586.3	12.90
	<i>L. racemosa</i>		193.0	1.90
	<i>R. mangle</i>		308.8	0.80
			3,088.1	15.60
4	<i>A. germinans</i>	4.13	33.7	0.13
	<i>L. racemosa</i>	1.76	1,753.0	7.69
	<i>R. mangle</i>	2.15	910.2	3.29
		2.68	2,696.8	11.11

* Datos para el mismo sitio obtenidos en colaboración con el CIAD, Mazatlán.

La Tablas 4 y 5, nos permiten hacer una pequeña comparación de los datos de la estructura de la vegetación de la zona de estudio del presente trabajo, con otras zonas del Pacífico Mexicano. Estas zonas están consideradas como mejor conservadas, con bosques exuberantes y con menos presión por factores antropogénicos, tal es el caso de la región Teacapán-Agua Brava, San Blas y Marismas Nacionales localizadas también en el noroeste de México y la zona conocida como Chantuto-Teculapa-Panzacola en Chiapas (Flores-Verdugo *et al.*, 1992).

El Estero de Urías es una zona que ha sido perturbada drásticamente por los factores mencionados en la descripción del área de estudio, tales como: operaciones de dragado del canal de navegación y construcción de muelles, provocando la acumulación de materiales de desecho y contaminantes vertidos al estero. Adicionalmente la presencia de embarcaciones pequeñas y de gran calado que incluyen la flota camaronera, atunera, petrolera, mercante y turística, constituyen otra fuente de contaminantes, así como las descargas de las granjas camaronícolas aledañas, descargas urbanas, industriales y las aguas de enfriamiento de la termoeléctrica (Páez-Osuna *et al.*, 1990).

Estas perturbaciones influyen directamente en la capacidad de respuesta de los organismos, tanto flora como fauna. En la vegetación de manglar, esta respuesta puede evaluarse a largo plazo, haciendo estudios para conocer la densidad y área basal.

La estructura de zonas menos perturbadas en Urías, corresponde por sus valores de densidad y área basal a manglares tipo borde. Seguramente la dificultad para atravesar las zonas de manglar, de alguna manera les confiere protección contra la intervención humana.

La baja densidad que puede presentarse en los matorrales tanto de Urías, como los de Boca Cegada, Nayarit (Tabla 5; Agráz-Hernández, 1999), es una consecuencia de las elevadas concentraciones de salinidad.

Las áreas basales determinadas en el presente estudio son similares a las observadas en otras regiones semiáridas del Pacífico Mexicano como La Lechuguilla, Boca la Tigra en Agua Brava (Flores-Verdugo *et al.*, 1992), por lo que pueden considerarse característicos de clima cálido sub-húmedo con lluvias en verano Awo(w)(e), (García, 1973).

Otro factor de tipo natural que determina también el desarrollo y estructura de los manglares, es la presencia de tormentas severas y huracanes. En particular los manglares del noroeste de México, se localizan en una zona de impacto frecuente por dichos fenómenos (Flores-Verdugo, 1990).

Tabla 5. Comparación de estructura de la vegetación en diferentes zonas del Pacífico Mexicano y los sitios de estudio de este trabajo.

Región	Densidad fustes ha ⁻¹	Área basal m ² ha ⁻¹	Tipo
Chantuto-Teculapa- Panzacola*	1,722.0	41.7	r
Chalatilla, Agua Brava*	1,316.0	28.8	r
La Lechuguilla*	4,341.0	11.4	b
El Verde*	1,430.0	11.9	b
Punta Raquel*	2,022.0	12.5	b
Boca la Tigra, Agua Brava*	3,203.0	14.0	b
Marismas Nacionales*	1,461.0	16.9	b
Barra de Navidad*	2,029.0	14.0	b
Isla la Palma	2,360.0	29.6	c
Boca Cegada, Nayarit			
Estero Los Olotes (Embarcadero) ^a	1,063.0	11.7	b
Estero Los Olotes ^a	2,050.0	22.3	b
Z. Mangle nuevo ^a	3,394.0	11.8	c
Manglar matorral ^a	40,000.0	6.1	m
Estero de Urías			
Vena El Caimán ^a	3,270.0	10.9	b
Vena El Zacate ^a	3,622.0	13.7	b
Estero Confites ^a	1,541.0	8.9	b
Marisma La Sirena ^a	36,000.0	7.2	m
Estero de Urías			
<i>R. mangle</i> Marisma ^b	4,207.6	14.8	b
Matorral <i>A. germinans</i> ^b	100,000.0	18.1	m
<i>A. geminans</i> ^b	4,263.5	16.96	b
<i>A. geminans</i> ^b	3,088.1	15.6	b
<i>L. racemosa</i> ^b	2,696.9	11.1	b

Tipo b: borde m: matorral r: ribereño c: cuenca

* Flores-Verdugo *et al.*, 1992

a Agráz-Hernández, 1999

b Presente estudio

7.5 Modelos de zonación en la vegetación de manglar

La información obtenida por los transectos de microtopografía nos permiten establecer modelos de distribución de los manglares, los cuales pueden estar en función de factores como: hidroperiodo, topografía y salinidad como se mencionó en las secciones anteriores.

En base a lo anterior podemos encontrar sitios con zonación perfectamente definida (Fig. 17a) lo cual corresponde a la "zonación clásica" antes descrita (*R. mangle*, *L. racemosa*, *A. germinans*; *C. erectus* y vegetación terrestre). Este tipo de distribución se puede encontrar en sitios con pendiente pronunciada y con extensión suficiente para permitir el establecimiento de las diferentes especies.

El modelo de la Figura 17b representa una "zonación inversa", con *A. germinans* al frente seguida de *R. mangle* o *L. racemosa*. Este tipo de zonación se observa en zonas donde por algún motivo ya sea de tipo natural o artificial los niveles inferiores no se encuentran.

En la Figura 17c tenemos formación de micro cuencas de longitud variable, que permiten la colonización de las diferentes especies en espacios muy reducidos. Aparentemente las especies están mezcladas y no hay zonación, sin embargo, esta distribución se explica porque los sitios generalmente presentan poca o nula pendiente; condiciones que favorecen el establecimiento de diferentes especies. Estas pequeñas microcuencas, que pueden tener unos pocos centímetros de profundidad pueden ser topográficamente significativas y hacer la diferencia entre la colonización de una especie u otra.

El efecto de bordo y la salinidad están muy relacionados para explicar los modelos que se presentan en las zonas áridas. En la Figura 17d, la marisma se encuentra

por debajo de los intervalos de colonización de los manglares por lo que generalmente las condiciones serán de hipersalinidad muy severas por la dificultad para el flujo de la marea. La salinidad no permitiría la presencia de una franja de manglar muy extensa. Si se deseara intentar la colonización de la marisma y se contaran con recursos suficientes ésta podría rellenarse para nivelar el suelo y favorecer el lavado progresivo de sales.

La Figura 17e, es de un sitio con marisma que se encuentra dentro del intervalo de colonización de los manglares, sin embargo no hay vegetación. La microtopografía juega un papel importante en este modelo. La presencia de elevaciones cerca del canal de marea, impiden el flujo de marea y lavado de sales eficiente. En sitios como este, la apertura de canales artificiales puede favorecer el flujo del agua, sin embargo hay que tener muy presente que la modificación del hidropериодо, puede favorecer a una especie, pero, también puede desplazar a otra.

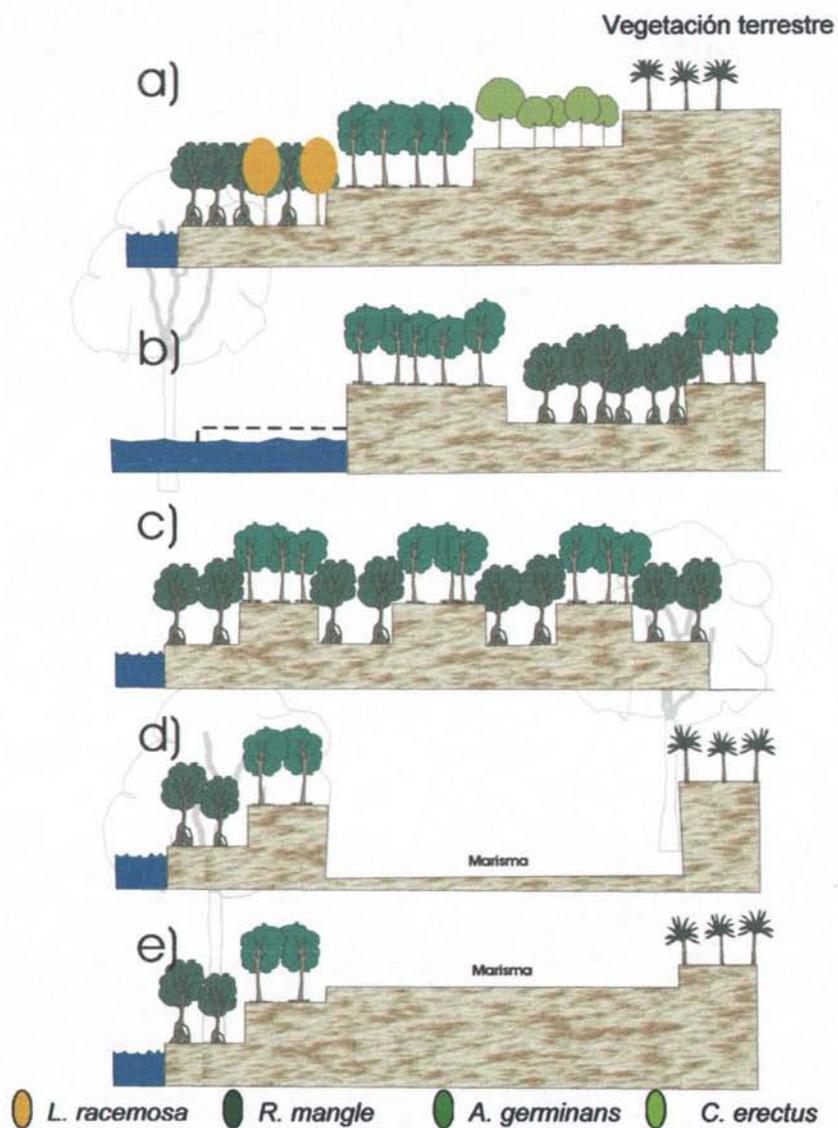


Figura 17. Modelos de zonación que pueden presentar las especies de manglar en el Estero de Urías. A) Zonación clásica; b) Zonación inversa; c) Formación de microcuencas; d) Marisma ubicada por debajo de la distribución de los manglares; e) Marisma por arriba de la distribución de las especies.

7.6 Crecimiento de tres especies de manglar en diferentes concentraciones de salinidad

En la literatura se reporta tanto para las especies estudiadas en este trabajo, como para otras especies pertenecientes al mismo género, un mejor crecimiento en aguas estuarinas con salinidades aproximadas a 15‰ (Cintron *et al.*, 1978; Flores-Verdugo, 1989; Ajmal e Irfan, 2001).

Pannier 1959, evaluó el crecimiento de hipocótilos de *R. mangle* con agua de sitios diferentes y también con salinidades diferentes. Él encontró que la elevada salinidad aunque no suprime totalmente el desarrollo de la planta, lo inhibe fuertemente y que el mayor desarrollo de la planta expresado en el número de hojas formadas, longitud de las raíces y del epicótilo, superficie foliar desarrollada y aumento de peso seco, se observa en soluciones diluidas de agua marina correspondientes a $\frac{1}{4}$ parte, o sea el 25% de la solución de agua marina normal aproximadamente 8 - 9‰.

En el presente estudio, la evaluación de la altura mostró que las tasas de crecimiento para *R. mangle* y *L. racemosa* fueron superiores en los tratamientos con agua dulce. La relación de las tasas de crecimiento en *R. mangle* fue 1.35 veces mayor en 0‰ que en 15 ‰, con respecto al tratamiento en 45 ‰ la relación fue 6.61 veces mayor. Para *L. racemosa*, el comportamiento fue similar al de *R. mangle*, sin embargo la relación entre los tratamientos "0 vs 15" y "0 vs 45", fueron de 1.21 y 3.49 respectivamente. *A. germinans* mostró una variación casi nula en los cuatro tratamientos (Tabla 6). Estos resultados indicaron que, en efecto, conforme aumenta la salinidad se presenta una disminución en la altura de las plantas.

Tabla 6. Incremento en altura de las plántulas y tasa de crecimiento.

Especie / Tratamiento	To promedio	Tf promedio	Incremento altura (cm)	Tasa de crecimiento (cm día ⁻¹)
R1	9.53	15.48	15.21	0.065
R2	4.43	15.66	11.23	0.048
R3	3.51	10.39	6.87	0.029
R4	5.21	7.51	2.30	0.010
L1	9.91	15.02	10.14	0.043
L2	10.29	18.61	8.33	0.035
L3	10.51	15.70	5.19	0.022
L4	12.24	14.16	2.90	0.012
A1	13.54	14.50	2.49	0.011
A2	13.47	16.07	2.60	0.011
A3	13.56	15.61	2.06	0.009
A4	13.21	15.26	2.04	0.009

Tiempo inicial (To).- Altura de las plántulas el día de la siembra.

Tiempo final (Tf).- Altura de las plántulas al día 235 de observación.

En la Tabla 7 se muestran el análisis previo, comparando la respuesta de los factores por separado y la respuesta al combinar los dos factores. Los resultados del Análisis de Varianza y el Análisis de Contrastes se muestran en la Tabla 8 y Figura 18. Se encontró que hay una diferencia significativa en la altura de las plántulas de *R. mangle* en los tratamientos de 0 y 15‰ ($F = 11.68$; $P \leq 0.001$); para *L. racemosa* no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos 0 y 15 ‰, pero si la hubo entre 0 y 30 ‰ ($F = 18.08$; $P \leq 0.00006$). *A. germinans* no mostró diferencia significativa para ningún tratamiento ($F = 0.144$; $P = 0.705$) en "0 vs 45 ‰" (Tabla 9).

Los datos antes mencionados demuestran que la salinidad por arriba de 30‰, tiene un efecto mucho mayor en las plántulas disminuyendo el crecimiento de *R. mangle* y *L. racemosa*, para *A. germinans* la salinidad no pareció influir en el crecimiento, posiblemente el hidroperiodo tiene más peso y mantener el nivel del agua 10 cm por debajo de la superficie no es suficiente para las necesidades de esta especie.

La ausencia de diferencia significativa en el crecimiento de *L. racemosa* en 0‰ y 15‰, representa una ventaja para mantener plántulas en condiciones de vivero, sobre todo si se pretende hacer un cultivo monoespecífico, pues representa un ahorro aproximadamente del 50% de agua dulce. Esto resulta ventajoso también en sitios donde el agua dulce es escasa y el costo para llevarla hasta el vivero es elevado.

En cuanto a los tratamientos que se mantuvieron en nivel bajo, se realizó una prueba de "t" ($t = -0.634 < P = 0.53$) y un ANOVA de una vía ($F = 0.402 < P = 0.538$). Los resultados indicaron que no hubo diferencia significativa, en la altura de las plántulas.

Tabla 7. Resultados de la prueba de efecto de los factores por separado y la interacción de los mismos

Factor	Suma de cuadrados	F	Prob > F
Especie	631.323	66.366	< 0.001
Tratamiento	571.375	40.042	< 0.001
Esp.*Trat.	299.71	10.502	< 0.001

Tabla 8. Resultados del ANOVA (Especie - Tratamiento)

Especie / Tratamiento	Cuadrados medios del error	Error Std
A1	2.485	0.82
A2	2.600	0.82
A3	2.057	0.82
A4	2.042	0.82
L1	10.142	0.82
L2	8.328	0.82
L3	5.185	0.82
L4	2.900	0.82
R1	15.214	0.82
R2	11.228	0.82
R3	6.871	0.82
R4	2.300	0.82

F = 10.502 P < 0.001

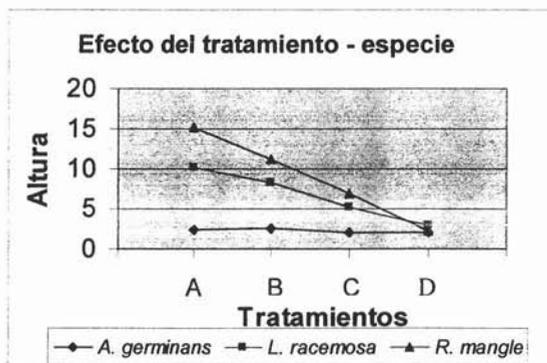


Figura 18. Altura de las plántulas en base a los valores de F para los cuatro tratamientos.

Tabla 8. Pruebas de significancia entre tratamientos.

Contraste	F	P	Significancia
R1 vs R2	11.690	0.001	s
L1 vs L2	2.422	0.124	ns
L1 vs L3	18.082	0.00006	s
A1 vs A4	0.144	0.705	ns

Las tasas de crecimiento por día que se obtuvieron en el presente estudio, son inferiores a los reportados por otros autores (Tabla 9). La diferencia en los datos obtenidos puede deberse también a que en este estudio todas las plántulas se mantuvieron en agua estancada; solo se realizó un recambio de agua, lo que puede indicar que otros factores pudieron influir en los resultados. Puede ser la falta de nutrientes, principalmente nitritos y nitratos ya que durante el estudio no se adicionaron fertilizantes. Sin embargo puede considerarse un buen método de mantenimiento de plántulas; al final del estudio se tuvo una sobrevivencia de 98%.

Tabla 9. Comparación de tasas de crecimiento en diferentes regiones geográficas.

Autor	Tasa de crecimiento (cm día ⁻¹)	Periodo (meses)	Especie	Condición / sitio
Lewis, 1980 *	0.088	20	<i>R. mangle</i>	Florida
	0.18	8	<i>R. mangle</i>	Florida
Riley, 1997 *	0.167	75 días	<i>R. mangle</i>	PVC/Florida
	0.13	75 días	<i>R. mangle</i>	Florida
Bohorquez y Prada, 1988 *	0.12	1	<i>R. mangle</i>	Colombia
Jiménez, 1994 *	0.06	1	<i>R. racemosa</i>	Costa Rica
Pulver, 1976 *	0.06	11	<i>R. mangle</i>	Florida
	0.04	11	<i>R. mangle</i>	Replantado y podado/Florida
	0.09	11	<i>L. racemosa</i>	Florida
Agraz-Hernandez, 1999	0.1	12	<i>R. mangle</i>	Plat. Artificial/E. de Uriás
	0.118	9	<i>Hipocótilos</i>	Plataforma artificial
	0.09	12	<i>A. germinans</i>	Plataforma artificial
	0.24	8	<i>R. mangle</i>	En el bosque
	0.14	3	<i>Hipocótilos</i>	En el bosque
	0.02	12	<i>A. germinans</i>	En el bosque
	0.09	6	<i>R. mangle</i>	Vivero experimental
	0.06	6	<i>A. germinans</i>	Vivero experimental
	0.11	6	<i>R. mangle</i>	Vivero experimental c/ atenuación de luz al 65%)
	0.1	6	<i>A. germinans</i>	Vivero experimental c/ atenuación de luz al 65%)
Este estudio	0.06	7.5	<i>R. mangle</i>	Vivero experimental 0 %/oo
Este estudio	0.05	7.5	<i>R. mangle</i>	Vivero experimental 15%/oo
Este estudio	0.03	7.5	<i>R. mangle</i>	Vivero experimental 30%/oo
Este estudio	0.01	7.5	<i>R. mangle</i>	Vivero experimental 45%/oo
Este estudio	0.04	7.5	<i>L. racemosa</i>	Vivero experimental 0 %/oo
Este estudio	0.03	7.5	<i>L. racemosa</i>	Vivero experimental 15%/oo
Este estudio	0.02	7.5	<i>L. racemosa</i>	Vivero experimental 30%/oo
Este estudio	0.01	7.5	<i>L. racemosa</i>	Vivero experimental 45%/oo
Este estudio	0.04	7.5	<i>L. racemosa</i>	Vivero experimental 0 %/oo N. Bajo
Este estudio	0.04	7.5	<i>L. racemosa</i>	Vivero experimental 15 %/oo N. Bajo
Este estudio	0.007	7.5	<i>A. germinans</i>	Vivero experimental 0 %/oo
Este estudio	0.01	7.5	<i>A. germinans</i>	Vivero experimental 15%/oo
Este estudio	0.008	7.5	<i>A. germinans</i>	Vivero experimental 30%/oo
Este estudio	0.008	7.5	<i>A. germinans</i>	Vivero experimental 45%/oo
Este estudio	0.008	7.5	<i>A. germinans</i>	Vivero experimental 15 %/oo N. Bajo

* Datos obtenidos de Aráz-Hernández. 1999

En las Figuras 19 – 21, se muestra el seguimiento del periodo de observación de las plántulas por especie en cada uno de los tratamientos de salinidad. En cada una de ellas se puede observar la respuesta de las plántulas a las condiciones de salinidad. Cada punto representa el valor promedio de las plántulas de determinado tratamiento, el tiempo inicial ó "To" en cada gráfico es a partir del día de siembra; el último punto "Tf", corresponde al día 235 de observación.

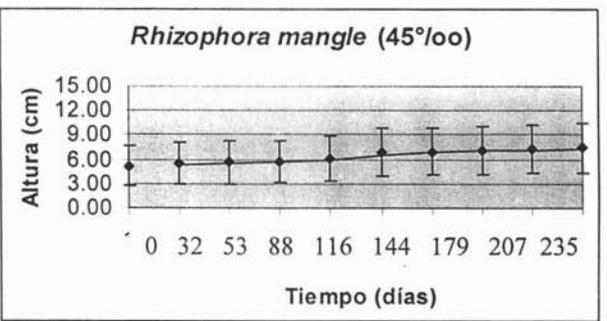
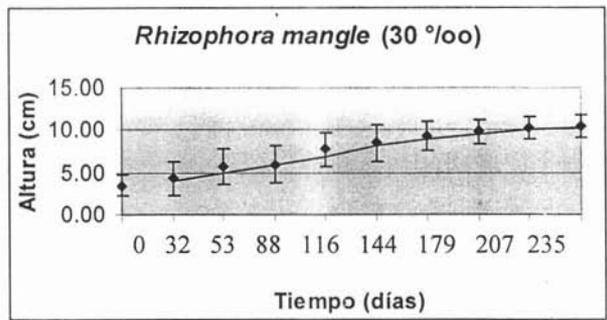
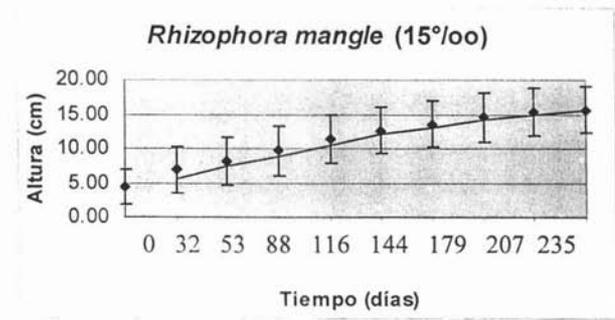
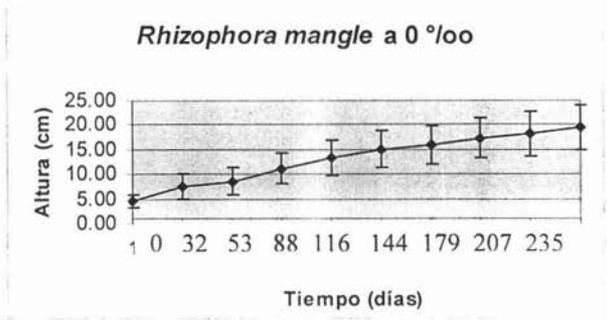


Figura 19. Altura de *Rhizophora mangle* en diferentes concentraciones de salinidad.

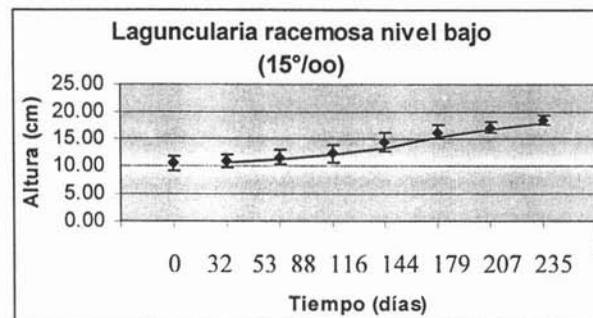
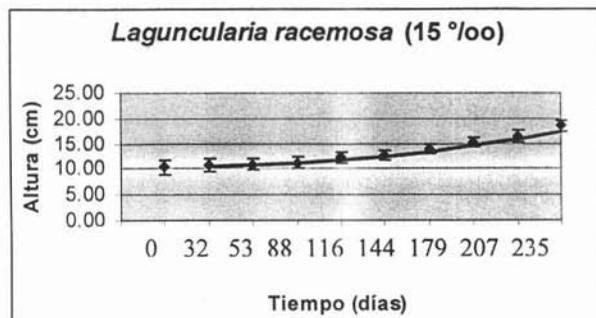
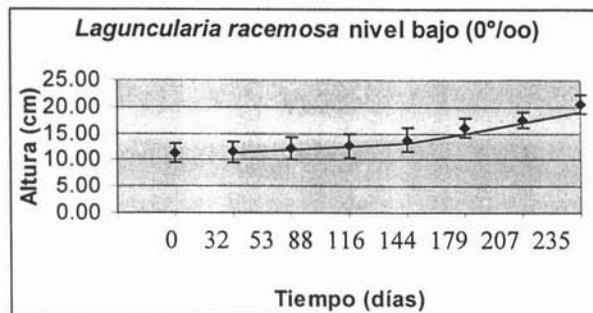
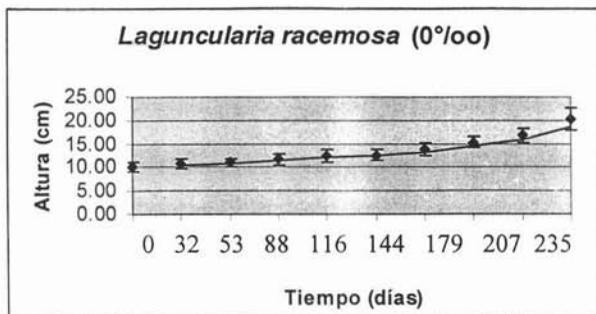


Figura 20. Altura de *L. racemosa* en 0 y 15 ‰

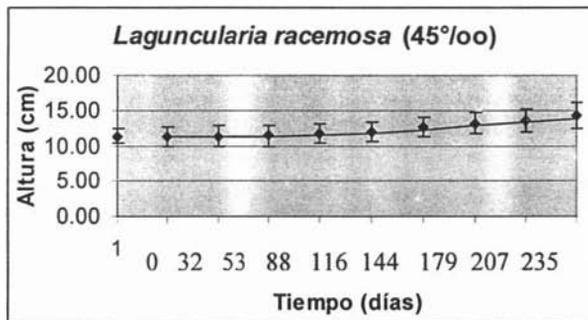
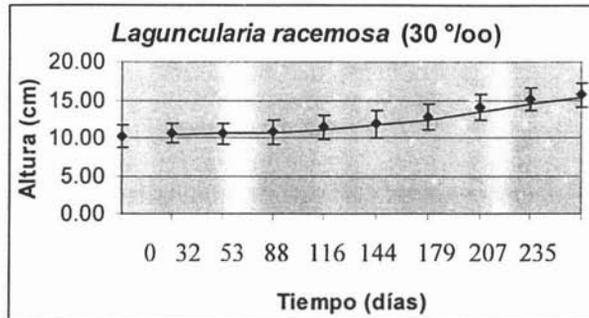


Figura 20'. Altura de *Laguncularia racemosa* en diferentes concentraciones salinas.

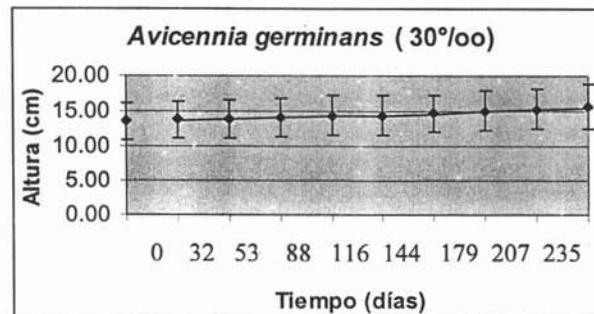
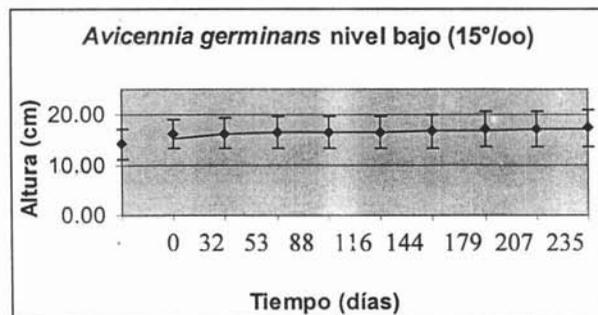
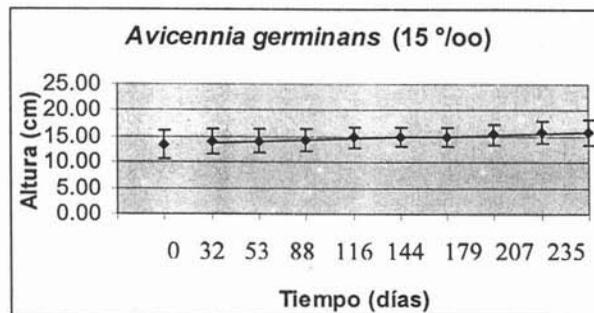
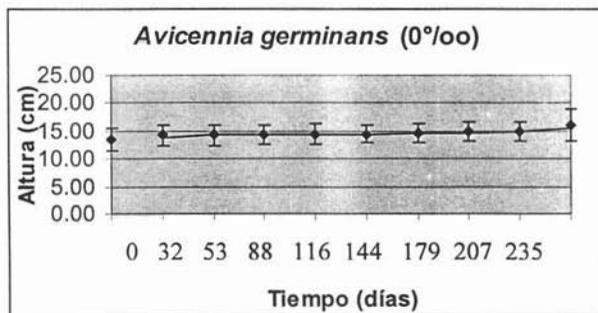


Figura 21. Altura de *Avicennia germinans* en diferentes concentraciones de salinidad

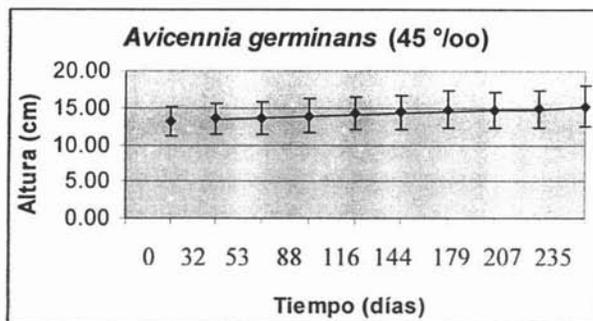


Figura 21'. Crecimiento de *Avicennia germinans* en 45 ‰

8. CONCLUSIONES

1. El suelo de los manglares sufre fuertes variaciones en la concentración de sales, las cuales están en función de la evapotranspiración, el suministro de agua marina y agua dulce, esta última proveniente de las lluvias, descargas fluviales, escorrentías terrestres y manto freático.
2. Los datos obtenidos de las observaciones de la marea, sirven como antecedente para posteriores análisis, sin embargo, no puede hablarse aun de los intervalos de distribución de las diferentes especies tomando como referencia el Nivel Medio de las Mareas Bajas (NMMB). Es necesario realizar más estudios y de manera simultánea en los diferentes sitios, para poder compararlos.
3. Podemos encontrar una zonación -*R. mangle* en la orilla, seguido por *L. racemosa*, *A. germinans*, *C. erectus* y finalmente la vegetación terrestre-, solo en zonas con características topográficas particulares, como son: 1) pendiente pronunciada suficiente para permitir el establecimiento vertical de las especies, 2) que la extensión de esta pendiente sea suficientemente amplia para que pueda desarrollarse una extensa franja de manglar.
4. *R. mangle* es la especie que presenta los intervalos de distribución más amplios, tolera hidroperiodos con mayor variación en comparación a los determinados para las otras especies. *Laguncularia racemosa* puede ser considerada una especie que crece en zonas intermedias entre *R. mangle* y *A. germinans*, sin embargo sus intervalos de distribución están en función de éstas especies. Cuando domina *R. mangle*, la distribución de *L. racemosa* se restringe más.

5. La prueba de F, para determinar el efecto de los tratamientos sobre las especies, mostró que hay diferencia significativa en la altura de las plántulas de *R. mangle* en los tratamientos con salinidad 0 y 15 ‰; estos mismos tratamientos no tuvieron efecto sobre *L. racemosa*. En estas dos especies se observó un efecto mayor de la salinidad cuando ésta aumento a 30 ‰. Para *A. germinans* no hubo diferencia significativa en ningún tratamiento. No hubo diferencia tampoco para *Laguncularia* en 0 y 15 ‰ en nivel de agua bajo.

6. La ausencia de diferencia significativa en el crecimiento de *L. racemosa* en 0‰ y 15‰, representa una ventaja para mantener plántulas en condiciones de vivero, sobre todo si se pretende hacer un cultivo monoespecífico, pues representa un ahorro aproximadamente del 50% de agua dulce (35 ‰ / 2). Esto resulta ventajoso también en sitios donde el agua dulce es escasa y el costo para llevarla hasta el vivero es elevado. El método usado en este trabajo para el mantenimiento de las plántulas puede resultar en un bajo costo ya que no se necesitan recambios de agua ni adición de fertilizantes.

9. LITERATURA CITADA

- Agráz-Hernández, C. 1999. Reforestación experimental de manglares en ecosistemas lagunares estuarinos de la costa Noroccidental de México. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Nuevo León. 136p
- Ajmal, M. e Irfan, A. 2001. Salinity tolerance in some mangrove species from Pakistan. *Wetlands Ecology and Management* 9: 219-223.
- Alongi, D. 2002. Present state and future of the world's mangrove forest. *Environmental Conservation* 29 (3): 331-349
- Allen, J., K.W. Krauss y R.D. Hauff. 2003. Factors limiting the intertidal distribution of the mangrove species *Xilocarpus granatum*. *Oecologia* 135: 110-121
- Ball, M. 1998. Mangrove species richness in relation to salinity and waterlogging: A case study along the river Floodplain, Northern Australia. *Global Ecology and Biogeography Letters*, 7(1): 73-82
- Blasco, F. 1988. Estudio sobre los manglares y de la vegetación tropical utilizando datos proporcionados por satélites. Institute de la Carte Internationale de la vegetation. Inst. Interna. Map. Vegetation. Univ. Paul Sabatier.
- Blasco, F. 1991. Los manglares. *Mundo Científico* 11(114): 616-626.
- Bunt, J. y T. Stieglitz. 1999. Indicators of mangrove zonality: the Normanby river, N.E. Australia. *Mangroves and Salt Marshes*. 3: 177 -184
- Carlton, J. 1974. Land building and stabilization by mangroves. *Environmental Conservation*, 1(4): 285-294
- Cintron-Molero, G., A. E. Lugo; D.J. Pool y G. Morris, 1978. Mangroves of arid environments in Puerto Rico and adjacent islands. *Biotropica* 10(2): 110-121
- Cintron-Molero, G. y Schaeffer, N. 1984. "Methods for studying mangrove structure". En: S. Snedaker y J. Snedaker (Eds) *The mangrove ecosystem: research methods*. UNESCO. Bungay, United Kingdom p.91-113
- Colloty, B.M.; J. B. Adams y G.C. Bate. 2002. Classification of estuaries in the Ciskei and Transkei regions based on physical and botanical characteristics. *South African Journal of Botany* 68: 312-321.
- Chapman, V.J. 1977. "Introduction" en Chapman, V. *Wet coastal ecosystems*. Elsevier. Netherlands, Amsterdam. 428p.

- Chen, R. y Twilley, R. 1998. A gap dynamic model of mangrove forest development along gradients of soil salinity and nutrient resources. *Journal of Ecology* 86: 37-51.
- Day, J.W.; W.G. Smith; P.R. Wagner y W.C. Stone, 1973. Community structure and carbon budget of a salt marsh shallow bay estuarine system in Louisiana. Technical report. Center for Wetland resources. Louisiana State University, Baton Rouge, No. LSU-SG-72-04.
- Day Jr. J.; W.H. Conner, F. Ley-Lou; R.H. Day y A. Machado-Navarro. 1987. The productivity and composition of mangrove forest, Laguna de Términos, México. *Aquatic Botany* 27: 267-284
- De la Lanza, G. y Flores F. 2003. "Manglares y Marismas" en Cifuentes, J.L y Gaxiola, J. (Eds) *Atlas de los Ecosistemas de Sinaloa*. El Colegio de Sinaloa. Culiacán, Sinaloa. México.
- Ellison, A.M.; B.B. Mukherjee y A. Karim. 2000. Testing patterns of zonation in mangroves: scale dependence and environmental correlates in the Sundarbans of Bangladesh. *Journal of Ecology* 88: 813-824.
- Food and Agricultural Organization (FAO), 2003. New global mangrove estimate. www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/DOCREP/007/J1533E/J1533E00.htm
- Flores-Verdugo, F. 1986. Ecología de los manglares y perfil de comunidades en los sistemas lagunares de Agua Brava y Marismas Nacionales, Nayarit. Reporte Técnico, Consejo Nac. de Ciencia y Tecnología. Clave PCECBNA-022068. D.F. México.
- Flores-Verdugo, F.J.; J.W. Day, Jr. y R. Briseño-Dueñas, 1987. Structure, litter fall, decomposition, and detritus dynamics of mangroves in a Mexican coastal lagoon with an ephemeral inlet. *Marine Ecology* 35: 83-90.
- Flores-Verdugo, F. 1989. "Algunos aspectos sobre la ecología, uso e importancia de los ecosistemas de manglar". En: González Farías, F y J. de la Rosa Velez (Eds.) *Temas de Oceanografía Biológica en México*. Vol. II Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada. B.C., México.
- Flores-Verdugo, F.J.; F. González-Farías; O. Ramírez-Flores; F. Amescua-Linares; A. Yañez-Arancibia; M. Alvarez-Rubio y J.W. Day. Jr. 1990. Mangrove ecology, aquatic primary productivity, and fish community dynamics in the Teacapán-Agua Brava Lagoon-Estuarine System (Mexican Pacific). *Estuaries* .13(2): 219-230

- Flores-Verdugo, F. 1992. "Manejo y distribución de los manglares y ecosistemas lagunares-estuarinos. La interacción de las actividades acuícolas con los ecosistemas costeros". En: Bojorquez-Tapia, L. (Ed.), *Programa de ordenamiento ecológico para el desarrollo acuícola de la región costera de Sinaloa y Nayarit. Proyecto de ordenamiento ecológico de regiones geográficas con actividades productivas prioritarias*. OEA. Depto. De Desarrollo Regional y Medio Ambiente, SEDESOL e INE. 93p.
- Flores-Verdugo, F.; R. Briseño-Dueñas; F. González-Farías y O. Calvario-Martínez. 1995. "Balance de carbono en un ecosistema lagunar estuarino de boca efímera de la costa Noroccidental de México (Estero EL Verde, Sinaloa) en González Farías, F y J. de la Rosa Velez (Eds.) *Temas de Oceanografía Biológica en México*. Vol.II Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada. B.C., México
- Flores-Verdugo, F. 1997. The Teacapán-Agua Brava-Marismas Nacionales mangrove ecosystem (Pacific coast of Mexico): an ecological and anthropogenic activities profile. En: L.C. Lacerda, E.S. Diop y B. Kjerfve (Eds.), *Conservation and sustainable utilization of Mangrove forest in Latin América and Africa regions: case studies*. UNESCO e ISME (International Society of Mangrove ecosystems) p35-46.
- Flores-Verdugo, F. y Agráz-Hernández, C. 2001(a). "Los Ecosistemas de manglar de Quintana Roo. Servicios y Funciones". En: *A la Salvaguarda de los Ecosistemas Frágiles en Solidaridad*. Honorable Ayuntamiento de Solidaridad, Dirección General de Administración Urbana y Dirección de Medio Ambiente.
- Flores-Verdugo, F., 2001(b). "Procesos ecológicos en humedales", En: F.J. Abarca y M. Herzig (Eds.), *Manual para el Manejo y Conservación de los Humedales en México*, 2da. Edición, NAWCC, RAMSAR, Pronatura, US Fish and Wildlife Service, SEMARNAT, SWS, Arizona Game and Fish Department, Wildlife Habitat Conservation-Canadian Wildlife Service, Environmental Canada y DUMAC-México.
- Flores-Verdugo, F.J.; C.M. Agráz-Hernández; E. Carrera-González y G. de la Fuente de León. 2001(c). "Los manglares de Sinaloa". En: J.L. Cifuentes-Lemus y J. Gaxiola (Eds.), *Atlas de los ecosistemas de Sinaloa*, El Colegio de Sinaloa. Culiacán, Sinaloa, Méx. 481p.
- Flores-Verdugo, F. y Agráz-Hernández, C., 2002. "Los ecosistemas de manglar. Su importancia económica, ecológica y social", En: A.J. Laborda-Navia (Ed.), *El mar como fuente de moléculas bioactivas*. Secretariado de Publicaciones y Medios Audiovisuales. Universidad de León, España. 51-65
- Fosberg F.R. 1971. Mangroves versus tidal waves. *Biology Conservation* 4: 38-39.

- García, E. 1973. **Modificaciones al Sistema de Clasificación climático de Köpen.** Instituto de Geografía, UNAM, México. 246p.
- García-Márquez, F. 1984. **Topografía aplicada.** Concepto. México, D.F. 200p.
- Harrison, P.J.; S.C. Snedaker; S.I. Ahmed y F. Azam. 1994. Primary producers of the arid climate mangrove ecosystem of the Indus River Delta, Pakistan: An Overview. *Tropical Ecology*. 35(2): 155-184
- Hutchings, P. y Saenger, P. 1987. **Ecology of mangroves.** University of Queensland Press, St. Lucía 388pp.
- Instituto de Geofísica. 1992. **Tablas de Predicción de Mareas.** Puertos del Océano Pacífico. Universidad Nacional Autónoma de México, D.F. México.
- Lankford, R.R. 1977. "Coastal lagoons of Mexico: Their origin and classification in M. Wiley (Ed.), *Estuarine Processes*. Academic, New York.
- Lindall, W.N. 1973. Alteration of estuaries of south Florida: A threat to the fish resources. *Mar. Fish Rev.* 35(10): 26
- López-Portillo, J. y Ezcurra, E. 1989. Response of three mangroves to salinity in two geoforms. *Functional Ecology* 3: 355-361.
- López-Portillo, J.; E. Ezcurra. 2002. Los manglares de México: una revisión. *Madera y Bosques*. Número especial, 27-51
- Lugo, A.E. y S. Snedaker. 1974. The ecology of mangroves. *Annual Review of Ecology and Systematics* 5: 39-64
- Matthijs, S., J.T Tack, D. Van Speybroeck y N. Koedam. 1999. Mangrove species zonation and soil redox state, sulphide concentration and salinity in Gazi Bay (Kenia), a preliminary study. *Mangroves and Salt Marshes* 3: 243-249.
- McHugh, J. L. 1976. Estuarine fisheries: Are they doomed? En: M. Wiley (Ed.). *Estuarine Processes*. Academic Press, New York 1: 15-27.
- McKee, K.L. 1995. Mangrove species distribution and propagule predation in Belize: An exception to the dominance-predation hypothesis. *Biotropica* 27(3): 334-345.
- McNae. 1968. **Mangrove forest and fisheries.** FAO/UNDP. Indian Ocean Fishery Programme, IOFO/Dev/7434. FAO, Rome.
- Medina, E. 1999. **Mangrove physiology: the challenge of salt, heat and light stress under recurrent flooding.** En: Yañez-Arancibia, A y Lara-Domínguez, A. (Eds.)

Ecosistemas de manglar en América tropical. Instituto de Ecología. Xalapa, Ver. México. 380p

- Mitsch, W y Gosselink, J. 2000. Wetlands. John Wiley & Sons, Inc. NY, United States of America. 920p
- Mostafa, M. 2001. Growth and establishment of mangrove (*Avicennia marina*) on the coastlines of Kuwait. *Wetlands Ecology and Management* 9: 421-428
- Naidoo, G., 1990. Effects of nitrate, ammonium and salinity on growth of the mangrove *Bruguiera gymnorrhiza* (L.) Lam. *Aquatic Botany* 38: 209-219
- Norudin, M. 1987. Effects of shrimp farming and other impacts on mangroves of Bangladesh. En: *Papers contributed to the workshop on strategies for the management for fisheries and aquaculture in mangrove ecosystems*. FAO Fisheries Report No. 370 Supplement. Bangkok, Thailand 23-25 de junio de 1986: 46-66
- Odum, W.E. y C.C. McIvor y T. J. Smith, III. 1982. The ecology of the mangroves of south Florida: A community Profile. FWS/OBS-81/24, U.S. Fish and Wildlife Service, Washington, DC
- Odum, W.E. y E.J. Heald, 1975. Mangrove forest and aquatic productivity. En: *An introduction to land-water interaction*. Springer-Verlag Ecological Study Series. N.Y. USA 5: 135p
- Paez-Osuna, F.; Y. Montalvo-Ley y H. Bojorquez-Leyva, 1990. Intercambio de agua, fósforo y material suspendido entre el sistema lagunar del Puerto de Mazatlán y las aguas costeras adyacentes. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 6: 19-32
- Pannier, F. 1959. El efecto de distintas concentraciones salinas sobre el desarrollo de *Rhizophora mangle* L. *Acta Científica Venezolana* 10(3): 68-78
- Pennington, T.D. y J. Sarukan, 1968. Manual para la identificación de campo de los principales árboles tropicales de México. Naciones Unidas, FAO. Librería del Congreso. D.F. México. 413p
- RAMSAR. 1971. Convención relativa a los humedales de importancia internacional especialmente como hábitat de aves acuáticas. Ramsar, Irán.
- Ridd, P.V. 1996. Flow through animal burrows in mangrove creeks. *Estuarine, coastal and Shelf Science* 43: 617-625

- Saintilan N. 1998, Relationships between height and girth of mangroves and soil-water conditions in the Mary and Hawkesbury River estuaries, eastern Australia. *Australian Journal of Ecology* 23: 322-328.
- Satyanarayana, B.; A.V.Raman; F. Deharis; C. Kalavati y P. Chandramohan. 2002. Mangrove floristic and zonation patterns of Coringa, Kakinada Bay, East COSAT of India. *Wetlands Ecology and Management*. 10: 25-39
- Secretaría de Marina. 2003, 2004. Tablas numéricas de predicción de mareas. Dirección General de Señalamiento Marítimo
- Tomlinson, P. 1986. The botany of mangroves. Cambridge University Press. London 413p.
- Tovilla-Hernández, C. 1994. "Manglares". En: De la Lanza-Espino, G. y Cáceres-Martínez. (Eds) *Lagunas Costeras y el Litoral Mexicano*. 371-423
- Tovilla, H. C. 1998. Ecología de los bosques de manglar y algunos aspectos socioeconómicos de la zona costera de Barra de Tecoaapa, Guerrero; México. Tesis Doctoral, UNAM. México. 365p
- Turner 1991. Factors affecting the relative abundance of shrimp in Ecuador. En: S. Olsen y L. Arriaga (Eds.), *A sustainable shrimp mariculture industry for Ecuador. Technical report series*. Tr-E-6-internat. Coas. Resour. Manag. Proj. Univ. Rhode Island, N.Y., Gobierno de Ecuador y USAID p. 121-139.
- Warner, B.; C.M. Agráz-Hernández y F.J. Flores-Verdugo. 2001. "Creación y restauración de humedales", en F.J. Abarca y M. Herzig (Eds.), *Manual para el Manejo y Conservación de los Humedales en México*, 2da. Edición, NAWCC, RAMSAR, Pronatura, US Fish and Wildlife Service, SEMARNAT, SWS, Arizona Game and Fish Department, Wildlife Habitat Conservation-Canadian Wildlife Service, Environmental Canada y DUMAC-México.
- Whittaker, R.H. y Likens, G.E. 1975. The biosphere and man. En: H. Lieth y G. Likens (Eds.), *Primary productivity of the biosphere*. Springer-Verlag, N.Y United States of America p1-21
- Yañez-Arancibia, 1978. Patrones ecológicos y variación cíclica de la estructura trófica de las comunidades neotónicas en lagunas costeras del Pacífico de México. *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología*. Universidad Nacional Autónoma de México. 5: 287-306
- Youssef, T y P. Saenger. 1999. Mangrove zonation in Mobbs bay – Australia. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 49: 43-50.